



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Simelius

YLEISOHJE MUUNTAJAN KIINNITYSOSILLE

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty vuonna 2012 Vaasan ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liikenteen yksikössä kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyönä ABB Oy:n Vaasan muuntajatehtaalle.

Vaasan ammattikorkeakoulun puolelta työn ohjaajana toimi lehtori Timo Gröndahl. ABB:n puolelta työtä ohjasi mekaniikkasuunnittelija Toni Perälä.

Kiitokset haluan esittää erityisesti mekaniikkasuunnittelija Toni Perälälle, jolta sain hyvää ja asiantuntevaa ohjausta koko työn ajan. Kiitoksen ansaitsee myös lehtori Timo Gröndahl työn ohjaamisesta.

Vaasassa 30.4.2012

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Markus Simelius
Opinnäytetyön nimi	Yleisohje muuntajan kiinnitysosille
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	49 + 3 liitettä
Ohjaaja	Timo Gröndahl

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä yleisohje muuntajan rakenteissa käytettävistä kiinnityselimistä ja niiden oikeasta käytöstä. Työ tehtiin ABB Oy:n Vaasan muuntajatehtaalle. Ohjeen avulla suunnitteluaikoja saadaan lyhennettyä ja työstä tulee tehokkaampaa ja mielekkäämpää.

Työ alkoi määrittelemällä työhön sisällytettävät komponentit ja niiden liitokset. Määrittelyn pohjalta luotiin muuntajan 3D-malli, johon sisällytettiin kaikki työhön tulevat komponentit. Työssä käytettiin Pro ENGINEER Wildfire 4.0 – ohjelmistoa.

Ohje toteutettiin tekemällä kuvaintoja muuntajan 3D-mallista simplified rep – toiminnolla ProE:n piirustusohjalle. Ohjeen alkuosa koostuu yleisestä ohjeesta materiaalien oikeaoppista käyttöä varten. Tämän jälkeen on osuus itse liitoksista ja niissä käytettävistä kiinnityselimistä.

Työn tuloksena syntyi yleisohje kiinnityselimien käytöstä. Ohjeen avulla suunnittelusta tulee tehokkaampaa ja virheitä saadaan karsittua. Työ toteutettiin sekä suomenkielisenä että englanninkielisenä, jotta sitä voidaan hyödyntää myös muilla ABB:n muuntajatehtailla.

ABSTRACT

Author	Markus Simelius
Title	Manual for the Transformer Attachment Parts
Year	2012
Language	Finnish
Pages	49 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Timo Gröndahl

The subject of this thesis was to create a manual for the transformer attachment parts used in transformer structures. The thesis was made for ABB Vaasa Transformers unit. The purpose of the manual was to decrease designing times of the transformers, make working more effective and more meaningful.

The thesis was started by defining all the components and their connections which will be included into the thesis. After that a 3D-model of the transformer was made which included all those components. This was done with the Pro ENGINEER Wildfire 4.0 designing program.

The manual was done by making simplified representations of the 3D-model to the ProE drawing table. The beginning of the manual includes a general part for choosing the correct material for the attachment parts. After the general part comes part where all the connections and the attachment parts used in these connections can be found.

The result of the thesis is a manual for the correct use of the attachment parts. By the help of this manual, transformers designing will be more effective and mistakes can be decreased. The manual is written in Finnish and English so it can be also used in other ABB's transformers units.

Keywords Attachment part, transformer, manual, Pro ENGINEER

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	10
	1.1 Työn tavoitteet	10
	1.2 Työn eteneminen.....	11
2	ABB.....	12
	2.1 ABB:n historia	12
	2.2 ABB Suomessa	13
	2.3 ABB ja muuntajat	13
3	MUUNTAJA	14
	3.1 Aktiiviosa.....	14
	3.2 Säiliö	15
	3.3 Paisuntasäiliö	16
	3.4 Kansi	17
	3.5 Läpiviennit	18
4	TOIMINTATAPOJEN YHDENMUKAISTAMINEN.....	19
	4.1 Standardien hyödyt	19
	4.2 Standardien haitat.....	20
	4.3 Yhdenmukaistaminen ABB:lla	20
5	METALLIT	21
	5.1 Seostamattomat rakenneteräkset.....	21
	5.2 Lujat hitsattavat teräkset	22
	5.3 Nuorrutusteräkset.....	22
	5.4 Hiiletysteräkset	23
	5.5 Ruostumattomat teräkset.....	23
6	KORROOSIO.....	25
	6.1 Korroosion päätyypit	25
	6.1.1 Kemiallinen korroosio.....	25
	6.1.2 Sähkökemiallinen korroosio	25
	6.1.3 Korkean lämpötilan korroosio	27

6.2	Sähkökemiallisen korroosion esto	28
6.3	Suojapinnoitteet ja suojaustekniikat	29
6.4	Rakenneaineen saatavuus ja hinta.....	29
7	METALLIEN YHTEENSOPIVUUS.....	31
7.1	Metallien keskinäiset liitokset.....	31
7.2	Soveltaminen muuntajiin	31
7.2.1	Tavallista terästä olevat maalatut osat.....	32
7.2.2	Tavallista terästä olevat kuumasinkityt osat	32
7.2.3	Ruostumaton teräs.....	32
7.2.4	Alumiini ja sinkki.....	32
7.2.5	Kupari ja suojamaadoitukset	33
8	OHJEEN KIRJOITTAMINEN	34
8.1	Käyttöohjeen ongelmia	34
8.2	Käyttöohjeen rakenne	34
9	OHJEEN LAATIMINEN	36
9.1	Lähtötilanne	36
9.2	Työn eteneminen.....	36
9.3	Ohjeen rakenne	40
10	TULOKSET	44
10.1	Työn päätavoitteet.....	44
10.2	Työn tuomat säästöt	44
11	YHTEENVETO	47
	LÄHTEET.....	48
	LIITTEET	

LYHENTEET JA KÄSITTEET

Pro ENGINEERING Wildfire 4.0

3D-suunnitteluohjelma

Simplified rep

Työkalu kuvantojen
tekemiseen

3D

3 - ulotteinen

Template

Muuntajan 3D-mallin pohja

KT-muuntaja

Alipaineen kestävä
radiaattorimuuntaja

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Aktiiviosa	s.15
Kuva 2.	Säiliö	s.16
Kuva 3.	Paisuntasäiliö	s.17
Kuva 4.	Kansi	s.17
Kuva 5.	Läpiviennit kannella	s.18
Kuva 6.	Galvaanista korroosiota kotelon kiinnitysosissa	s.27
Kuva 7.	Muuntajakokoonpanon 3D-malli	s.37
Kuva 8.	Korroosion syövyttämä kiinnitysosa	s.38
Kuva 9.	Ruuvien merkitseminen	s.41
Taulukko 1.	Materiaalit jaloimmasta epäjaloimpaan	s.26

LIITELUETTELO

LIITE 1. Ohjeen sisällysluettelo

LIITE 2. Ohjeen yleinen osuus

LIITE 3. Joustavat laippaliitokset

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin ABB:n Vaasan muuntajatehtaalle rakennesuunnitteluun. Työn tarkoituksena oli laatia yleisohje muuntajan rakenteissa käytettävistä kiinnityselimistä, sekä paneutua korroosion välttämiseen oikeiden materiaalien valinnan kautta. Työllä tavoiteltiin suunnitteluaikeiden lyhenemistä, työn mielekkyyden paranemista sekä toimintatapojen yhteneväistymistä. Työ laadittiin sekä suomenkielisenä, että englanninkielisenä, jotta sitä voitaisiin hyödyntää myös muissa ABB:n muuntajatehtaissa.

1.1 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli luoda yleisohje muuntajan rakenteissa käytettävistä liitostyypeistä ja niissä käytettävistä kiinnityselimistä. Tavoitteena oli myös luopua kiinnityselinten mallintamisesta ja osaluetteloinnista. Työssä paneuduttiin korroosion estämiseen ja eri materiaalien yhteensopivuuteen liitoksissa. Työ laadittiin suomenkielisenä sekä englanninkielisenä, jotta sitä voitaisiin hyödyntää myös muissa ABB:n muuntajatehtaissa.

Nykytilanteessa muuntajan rakennesuunnittelussa kiinnitetään kaikki muuntajaan tulevat kiinnityselimet kokoonpanomalliin ja osaluetteloihin. Tämä sitoo tarpeettomasti suunnitteluresursseja ja tekee 3D - mallin käsittelystä hankalaa. Lisäksi kiinnityselimien lisäämisestä kokoonpanomalliin ja osaluetteloihin saatava hyöty on katsottu kyseenalaiseksi.

Yleisohjeen tekemisestä saatava hyöty on suunnitteluresurssien vapautuminen suuremman jalostusasteen tehtäviin ja samalla työn mielekkyyden parantuminen, kun ei tarvitse enää paikoittaa lukuisia pieniä kiinnitysosia malliin. Samalla käytännöt erilaisten liitosten toteuttamisesta yhdenmukaistuvat ja tuotteen sekä toiminnan laatu paranee, kun on yhdenmukainen ohje käytössä jonka mukaisesti toimitaan. Myös muuntajan 3D-mallista saadaan kevyempi, kun mallissa ei enää ole kaikkia kiinnitysosia mallinnettuna.

1.2 Työn eteneminen

Työ alkoi työn toteutuksen miettimisellä, sekä kartoitettiin kaikki komponentit ja niiden liitokset, jotka työhön sisällytettäisiin. Samalla työstä rajattiin pois kaikki harvinaiset ja erikoisemmat liitokset. Tämän jälkeen muokattiin Pro ENGINEER Wildfire 4.0-ohjelmistolla muuntajan 3D-mallia liittämällä siihen kaikki työhön tulevat komponentit muuntajan templatesta.

Malliin jouduttiin tekemään joitakin muutoksia, koska aikaisemmat käytännöt eivät vastanneet täysin ohjeen mukaisia käytäntöjä materiaalien liittamisestä toiseen materiaaliin korroosion estämisen näkökulmasta. Itse työohjeen laatiminen alkoi tämän jälkeen.

Jokaisesta työhön sisällytetystä liitoksesta tehtiin oma kuvanto ProE:n simplified rep - toiminnolla, johon kuului itse komponentti ja kaikki sen kiinnittämiseen tarvittavat kiinnitysosat. Työohje laadittiin ProE:n piirustusohjalle. Koko työ laadittiin saman piirustusohjan alle ja jokaisesta kuvannosta tehtiin oma piirustuksensa omalle alisivulle.

2 ABB

Vaasassa on eräs Pohjoismaiden suurimmista energia-alan yritysten keskittymistä ja täällä toimivia suuria kansainvälisiä yrityksiä ovat mm. ABB Oy, Wärtsilä Oy, Vacon Oyj sekä KWH-Pipe konserni. Kaikenkaikkiaan Vaasan alueella toimii lähes 7000 yritystä joista useat toimivat energian ja metallin ympärillä. /4/ /5/

ABB on vuonna 1988 perustettu ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni joka toimii automaatio- ja sähkötekniikan alalla. ABB työllistää yli 130 000 henkilöä yli 100 maassa. ABB:n ydinliiketoimintaa ovat sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatiot, pienjännitustuotteet, prosessiautomaatio, sähkövoimajärjestelmät sekä sähkövoimatuotteet. /1/

2.1 ABB:n historia

Ruotsalainen Asea Ab ja sveitsiläinen Brown, Boveri & Cie yhdistyivät vuonna 1988 ja sen seurauksena syntyi ABB. ABB:n yhteys Suomeen sai alkunsa vuonna 1986, kun Asea Ab osti Kymi-Strömberg Oy:n sähköteknisen osan.

Vuonna 1889 Axel Gottfrid Strömberg perusti Helsinkiin sähköalan yrityksen nimeltään Oy Strömberg Ab. Yrityksen ensimmäinen tehdas perustettiin vuonna 1898 Sörnäisiin. Tehtaassa valmistetut moottorit ja generaattorit olivat käyttö- ja huoltokustannuksiltaan erittäin edullisia kilpailijoihin nähden. Kun tilat alkoivat käydä ahtaaksi Sörnäisten tehtaassa, perustettiin Pitäjänmäelle uusi tehdas. Tehdasalue valmistui kokonaisuudessaan vuonna 1919. Vuonna 1933 kaikki toiminta keskitettiin Pitäjänmäelle, koska tehdas Sörnäisissä paloi.

Sodan jälkeen tuotanto kasvoi mm. alihankintana laivoihin ja tehtaisiin toimitettujen moottoreiden ja generaattoreiden ansiosta. Toimintaa kasvatettiin perustamalla moottoritehdas Vaasaan. Vuonna 1955 Vaasaan perustettiin myös liesitehdas. 1950-luku oli myös vahvaa vesivoiman kasvun aikaa ja seuraavan parinkymmenen vuoden aikana Strömberg valmisti 50 suurta vesivoimageneraattoria. 1970-luvulla mm. VR:n tilaamat sähköjunat työllistivät Strömbergin tehtaita.

Vuonna 1975 Strömbergin osakekannassa tapahtui muutoksia kun Oy Tampella Ab ei pystynyt talousvaikeuksista johtuen merkitsemään tarjottuja osakkeita vaan ne merkitsi Kymi Oy. Vuonna 1982 Asea Ab myi osuutensa Kymi Oy:lle jolloin fuusion tuloksena syntyi Kymi-Strömberg Oy. /20/

2.2 ABB Suomessa

ABB:lla on Suomessa henkilöstöä lähes 7000 ja toimintaa 40 paikkakunnalla. ABB:n tehdaskeskittymät ovat Vaasassa ja Helsingissä, joissa valmistetaan mm. sähkömoottoreita, erikoismuuntajia, pienjännitekojeita sekä sähkön siirto- ja jakelujärjestelmiä. Myös Porvoossa on tehdastoimintaa jossa tehdään asennustuotteita. Suomen ABB:n liikevaihto vuonna 2010 oli 2174 miljoonaa euroa ja tuotekehitykseen panostettiin 139 miljoonaa euroa. /2/

2.3 ABB ja muuntajat

ABB on maailman johtava muuntajien valmistaja. Suomen muuntajatehdas sijaitsee Vaasassa. Vaasassa ei ole liukuhihnatuotantoa, vaan jokainen muuntaja on yksilöllinen asiakkaan tarpeiden mukaan valmistettu. Kaiken kaikkiaan ABB:lla on useita kymmeniä muuntajatehtaita eri puolilla maailmaa, joista 7 on samankaltaisia kuin Vaasassa. Tyypillisesti erikoismuuntajia käytetään mm. meriliikenteessä. /2/

3 MUUNTAJA

Muuntaja on sähkölaite jota käytetään vaihtosähkön jännitteen tai virran muuttamiseen toiseksi samantaajaiseksi jännitteeksi tai virraksi. Kun sähköä siirretään voimalaitoksesta loppukäyttäjälle, pidetään sähkön jännite korkeana siirtoverkossa, jotta häviöt matkan varrella saataisiin mahdollisimman pieniksi. Muuntajan avulla sähkön jännite saadaan laskettua pienemmäksi.

Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Muuntajan perusosat ovat rautasydän sekä ensiö- ja toisiokäämit. Ensiö on se käämitys, johon teho syötetään ja samalla rautasydämeen muodostuu muuttuva magneettivuo. Kun magneettivuo lävistää samalla sydämellä olevan toisiokäämin, indusoituu siihen jännite. Muuntajan teho otetaan ulos toisiokäämistä.

Erikoismuuntajat ovat tiettyyn tarpeeseen räätälöityjä muuntajia. Näitä tarpeita ovat esimerkiksi toimintakyky veden alla. Niiden perusrakenne on hyvin pitkälti sama kuin tavallisessa muuntajassa. Kaikista löytyy aktiiviosa, säiliö, paisuntasäiliö, kansi sekä läpiviennit. /14/ /16/

3.1 Aktiiviosa

Muuntajan aktiiviosa koostuu rautasydäimestä ja käämityksistä, joita muuntajassa on yleensä vähintään 2 kappaletta. Aktiiviosassa tapahtuu sähkön jännitetason muuttaminen. Tavallisissa muuntajissa aktiiviosa on vakioitu, mikä tarkoittaa sitä että muuntajan sähköiset arvot, kuten teho ja muuntosuhde ovat vakioituja.

Erikoismuuntajissa sitä vastoin aktiiviosat voivat poiketa toisistaan paljonkin. Käytännössä aktiiviosien rakenteiden vaihtelu tarkoittaa käämien lukumäärää ja tyyppiä, sydämen valmistustapaa ja materiaalia. Tämä tarkoittaa sitä, että erikoismuuntajien sähköiset arvot voivat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. /14/



Kuva 1. Aktiiviosa

3.2 Säiliö

Muuntajan säiliön tehtävänä on toimia kantavana runkona, öljysäiliönä sekä jäähdyttimenä. Se myös suojaa muuntajan aktiiviosaa. Säiliön on oltava öljytiivis ja kestävä ulkoilman ympäristörasitukset. Säiliössä on oltava tarpeeksi jäähdytyspinta-alaa, jota saadaan kun säiliön seinät valmistetaan 1,25 mm paksuisesta aallotetusta teräslevystä.

Mikäli aallotlevyt eivät tuota tarpeeksi jäähdytystä, käytetään radiaattorisäiliötä lisäämään jäähdytyskykyä. Radiaattorisäiliöiden jäähdyttiminä käytetään radiaattoreita. Niitä tarvitaan muuntajan sisällä häviöistä aiheutuvan lämmön siirtämiseen ympäröivään ilmaan. Muuntajan jäähdytystä voidaan lisätä kiinnittämällä radiaattorin pohjaan tai kylkeen tuulettimet. Jossain tapauksissa

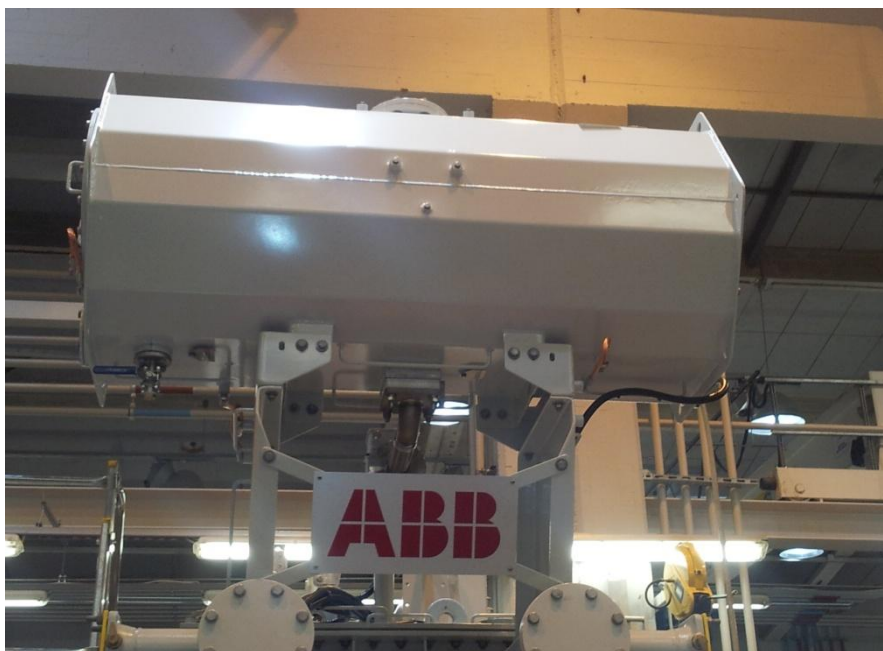
radiaattorisäiliön sijasta voidaan käyttää vesi- tai ilmajäähdyttimiä. Säiliöön kuuluu myös erilaisia laippoja ja muita varusteita. /14/



Kuva 2. Säiliö

3.3 Paisuntasäiliö

Paisuntasäiliön tehtävänä on toimia muuntajan öljyn paisuntatilana. Öljyn lämmitessä sen tilavuus muuttuu, jolloin sille tarvitaan lisää tilaa, jota saadaan paisuntasäiliöstä. Paisuntasäiliön mitoitus tapahtuu siten, että paisuntasäiliö on melkein täynnä öljyä silloin, kun öljyn lämpötila on korkeimmillaan. Öljyn ollessa kylmimmillään paisuntasäiliössä on oltava vielä riittävästi öljyä. Muuntajan aktiiviosan on oltava aina öljyn peitossa. /14/



Kuva 3. Paisuntasäiliö

3.4 Kansi

Kannen tehtävänä on toimia muuntajan rakennetta tukevana osana ja sulkea säiliö. Lisäksi kannella sijaitsee mm. seuraavat varusteet: 2 nostokorvaa muuntajan aktiiviosan tai koko muuntajan nostamista varten, paikka öljynkorkeuden osoittimelle, öljyntäyttötulppa sekä putki paisuntasäiliön liitääntä varten. /17/



Kuva 4. Kansi

3.5 Läpiviennit

Läpivientien tehtävänä on kytkeä muuntaja sähköverkkoon. Tavallisesti läpiviennit sijoitetaan muuntajan kannelle, mutta toisinaan myös muuntajan kylkeen. Yleensä läpiviennit ovat posliiniläpivientejä, mutta yli 52kV:n jännitteillä käytetään kondensaattoriläpivientejä. Joskus käytetään myös pistoke- tai kiskoläpivientejä. Verrattuna posliinirakenteeseen, kondensaattorirakenteen etuna on huomattavasti lyhyemmällä etäisyyksillä saavutettu sama eristystaso. Läpivienti on täytetty öljyllä, mikä lisää rakenteen jännitekestoisuutta.. /14/



Kuva 5. Läpiviennit kannella

4 TOIMINTATAPOJEN YHDENMUKAISTAMINEN

Toimintatapojen yhdenmukaistamisella saadaan aikaan isoja säästöjä ja hyötyjä. Yhdenmukaiset toimintatavat merkitsevät parempaa toiminnan ja tuotteen laatua virheiden vähenemisen myötä. Myös työaikaa säästyy ja työnteosta tulee tehokkaampaa. Standardit ovat isossa osassa toimintatapojen yhdenmukaistamisessa.

Standardilla tarkoitetaan jonkin organisaation esittämää tapaa siitä, miten jokin asia tulisi tehdä. Saman standardin mukaan tehdyt asiat ovat täysin samanlaisia ja yhteensopivia keskenään. Standardien tarkoituksena on hyödyttää koko yhteiskuntaa. Yhteisesti hyväksytyt käsitteet ja määritelmät nopeuttavat työskentelyä, vähentävät virheitä ja väärinkäsityksiä, lisäävät tuotteiden yhteensopivuutta sekä auttavat saamaan parempia tuloksia. Standardit voivat olla kansainvälisiä (esim. ISO), alueellisia (esim. CEN) tai kansallisia (esim. SFS).
/17//18/

4.1 Standardien hyödyt

Standardien hyödyt tulevat hyvin esiin teollisuudessa. Tuotantoprosessien ja osien standardointi on mahdollistanut massatuotannon ja sitä kautta myös halvemmat hinnat. Standardit ovat myös helpottaneet uusien valmistajien markkinoille tuloa, kun tuotteita on helppo yhdistellä.

Käyttäjälle standardien hyödyt tulevat esiin siinä, että tuotteet ja tekniikat ovat yhteensopivia toistensa kanssa. Standardit ovat myös merkki laadusta ja uusien tuotteiden käytön oppiminen helpottuu, kun voidaan hyödyntää aikaisempia kokemuksia ja hyväksikäyttää aikaisemmin opittuja taitoja.

Standardit nopeuttavat ja helpottavat suunnittelutyötä. Jokaisen suunnittelijan ei ole järkevää käyttää aikaa ongelmaan, jonka ratkaisu on jo aikaisemmin keksitty. Standardien avulla työmenetelmät yhdenmukaistuvat ja se säästää aikaa ja parantaa laatua. /15/

4.2 Standardien haitat

Standardeilla on myös haittapuolensa. Standardointiprosessi on usein liian hidas ja luotu standardi voi olla vanha jo uutena varsinkin nopeasti kehittyvillä aloilla. Nykyään alkaa olla paljon standardeja ja myös standardeja kehittäviä organisaatioita tulee koko ajan lisää. Tämä johtaa siihen että on olemassa hyviä standardeja, huonoja standardeja sekä päällekkäisiä standardeja. Päällekkäiset standardit vain rajoittavat ja sekoittavat asioita. Suunnittelijat voivat myös kokea, että standardit rajoittavat luovuuden ja mielikuvituksen käyttöä suunnittelutyössä, kun tuotteen on täytettävä tietyn standardin mukaiset ehdot. /15/

4.3 Yhdenmukaistaminen ABB:lla

Kuten lähestulkoon kaikissa suurissa ja pienemmissäkin yrityksissä, myös ABB:lla on pyritty työmenetelmistä tekemään mahdollisimman yhdenmukaisia. Tästä johtuen on tehty lukuisia eri ohjeita mm. laskenta- ja rakennesuunnitteluun. Ohjeiden avulla saadaan tieto siirrettyä helposti työntekijöille ja niitä voidaan hyödyntää epäselvissä tilanteissa. Ohjeiden avulla saadaan estettyä ns. ”hiljaista tietoa”, eli tietoa joka on työntekijöillä itsellään, mutta se menetetään kun työntekijä lopettaa firmassa.

ABB:lla yhdenmukaistaminen perustuu juurikin itse tehtyihin ohjeisiin eri asioista. Esimerkiksi tämän työn aiheena oleva ohje kiinnitysosien käytöstä tulee yhdenmukaistamaan sekä suunnittelijoiden, että myös asentajien työmenetelmiä. Joitakin yhdenmukaistamisia ohjaavat standardit, kuten IEC-standardi, joka määrittää kaikki kansainväliset sähkötekniikkaan liittyvät standardit.

Ohjeita voidaan käyttää myös auditoinnin perustana. Auditoinnin tekijälle voidaan antaa ohjepaketti, josta selviää kaikki oleellinen auditoinnin kohteena olevasta asiasta. Tällä tavoin auditoinnista saadaan helposti toteutettava ja selkeä.

5 METALLIT

Raudan ja hiilen seokset, eli valurauta, hiiliteräs ja niukkaseosteiset teräkset ovat muodostaneet hallitsevan konstruktiomateriaaliryhmän siitä lähtien, kun esisämme oppivat valmistamaan rautaa yli 2000 vuotta sitten. Terästen suuri suosio perustuu alhaiseen hintaan sekä runsaisiin vaihtoehtoihin materiaaliominaisuuksissa. /19, 443/

Tavallisesti metallit valmistetaan sulattamalla rikastettua malmia, jonka jälkeen ne puhdistetaan erilaisia menetelmiä käyttäen ja valetaan sopivaan muotoon. Tämän jälkeen metalleja voidaan muokata haluttuun suuntaan, jolloin pystytään vaikuttamaan metallin koostumukseen, mikrorakenteeseen sekä ominaisuuksiin. Jotkin metallin ominaisuuksista on helppo määrittellä kun taas jotkin riippuvat monista eri osatekijöistä, kuten korroosionkestävyys. /3, 10/

5.1 Seostamattomat rakenneteräkset

Terästen luokittelustandardin SFS-EN 10020:2000 ”Teräslajien määritelmät ja luokittelu” mukaisesti seostamattomat rakenneteräkset ovat teräksiä, jotka ovat valmistusprosessiensa ja ominaisuuksiensa perusteella seostamattomia laatuteräksiä, joissa minkään seosaineen pitoisuus ei ylitä standardissa SFS-EN 10020 annettuja arvoja. Myötäraja-arvo on 185–360 N/mm² ja murtolujuusalue on 310-690 N/mm². Teräkset voidaan jakaa kolmeen ominaisuuksiltaan ja käyttötarkoituksiltaan erilaiseen luokkaan: hitsattavat seostamattomat rakenneteräkset, koneteräkset sekä painelaiteteräkset.

Hitsattavat seostamattomat rakenneteräkset on tarkoitettu sekä hitsattuihin että myös pultti- ja niittiliitosrakenteisiin ympäristön lämpötilassa. Tärkeimmät ominaisuudet ovat sitkeys, hitsattavuus ja lujuus. Yleisimpiä käyttökohteita ovat esim. koneiden rungot ja niiden osat, sillat, säiliöt sekä rakennusten rungot.

Koneteräkset on tarkoitettu rakenteisiin jotka yleensä valmistetaan lastuavasti työstämällä ja joita ei hitsata. Tärkeimmät ominaisuudet ovat lastuttavuus ja

lujuus. Käyttökohteita ovat erilaiset koneenosat, kuten ruuvit, akselit ja tapit. /12, 10/

Seostamattomat rakenneteräkset soveltuvat vain rajoitetusti painelaitteikäyttöön. Niitä voidaan käyttää pienehköissä painelaitteissa, joita ei tulla käyttämään korkeissa lämpötiloissa. Muita rajoituksia on esimerkiksi se, että rakenneterästä ei saa käyttää höyrykattiloihin ja säiliö suurin sallittu käyttöpaine on 16 Bar. /12, 54/

5.2 Lujat hitsattavat teräkset

Lujille hitsattaville teräksille on ominaista se, että ne ovat lujempia kuin seostamattomat teräkset ja niitä voidaan hitsata kaikilla yleisimmillä hitsausmenetelmillä. Luja ja sitkeä rakenne on saatu aikaan pienillä määrillä seosainetta, jotka synnyttävät teräkseen lujittavia ja rakeenkasvua estäviä erkaumia.

Eräs lujien hitsattavien teräksien eduista on se, että niillä voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä materiaali-, valmistus- ja kuljetuskustannuksissa rakenteiden aineenpaksuuksien pienuuden ja konstruktioiden yksinkertaisuuden ansiosta. Lujien terästen suunnittelulta, valmistukselta ja tarkistukselta vaaditaan kuitenkin huomattavasti suurempaa asiantuntemusta kuin seostamattomilta rakenneteräksiltä, jotta kaikkia ominaisuudet saadaan hyödynnettyä. /12, 68/

5.3 Nuorrutusteräkset

Nuorrutusteräksien käyttökohteita ovat kohteet, joissa tarvitaan hyvää staattista lujuutta, väsymislujuutta sekä sitkeyttä. Normaalisti nuorrutusteräkset ovat 0,25-0,60% hiiltä sisältäviä seostamattomia tai seostettuja laatu- ja erikoisteräksiä. Yleisimmät karkenevuutta ja päästönkestävyyttä lisäävät seosaineet ovat kromi, nikkeli ja molybdeeni.

Nuorrutukseksi kutsutaan lämpökäsittelyä jolla saavutetaan vaaditut ominaisuudet. Nuorrutuksessa kappale austenitoidaan, sammutetaan ja päästetään korkeassa yli 450 °C päästölämpötilassa. Tämän tuloksena saadaan luja ja sitkeä päästömartensiittinen mikrorakenne. /12, 112/

5.4 Hiiletysteräkset

Hiiletysteräkset ovat teräksiä, joiden hiilipitoisuus on suhteellisen alhainen ja jotka on tarkoitettu karkaistaviksi hiiletysten tai typpihiiletysten jälkeen. Yleensä hiiletysteräkset sisältävät noin 0,15–0,20 % hiiltä ja noin 0,5–1,2 % mangaania sekä karkenevuuden lisäämiseksi seosaineita, kuten kromia, nikkeliä ja molybdeeniä.

Hiiletysteräksiä käytetään sellaisissa kohteissa, joissa vaaditaan kovaa ja kulutusta kestävä pinta ja väsymislujuutta yhtyneenä lujaa ja sitkeään sisustaan. Tavallisia hiiletyskarkaistuja kappaleita ovat vierintäväsymiselle alttiit koneenosat, kuten hammaspyörät ja hammasakselit. /12, 186/

5.5 Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomilla teräksillä tarkoitetaan teräksiä, jotka sisältävät vähintään 10,5% kromia. Kromiseoksella saadaan parannettua teräksen korroosionkestävyyttä. Ruostumattoman teräksen teho perustuu passivoitumisen.

Passivoitumisella tarkoitetaan metallin pinnalle hapen läsnä ollessa muodostuvaa suojaavaa reaktiotuotekerrosta. Ruostumattomalla teräksellä reaktiotuotekerros on liukenematon, tiivis ja hyvin kiinnipysyvä. Reaktiotuotekerros pystyy myös korjaamaan itsensä vaurioituttuaan.

Ruostumaton teräs on passiivikalvonsa ansiosta ekologinen valinta, jonka elinkaari- ja huoltokustannukset ovat alhaiset sekä kierrätettävyys erinomainen. Toisinaan ruostumattomia teräksiä kutsutaan myös jaloteräksiksi.

Ruostumattomat teräkset jaetaan yleisesti neljään pääryhmään muodostuvien kiderakenteiden perusteella. Ensimmäisen ryhmän muodostavat austeniittiset ruostumattomat teräkset, joiden kiderakenne on nikkelseostuksella saatu austeniittiseksi. Tunnetuimmat ruostumattomat teräslajit ovat tavanomainen ”ruostumaton teräs” sekä molybdeeniseosteinen ”haponkestävä teräs”.

Toisen ryhmän muodostavat ferriittiset ruostumattomat teräkset. Ne ovat fysikaalisilta ja osin mekaanisiltakin ominaisuuksiltaan verrattavissa tavanomaisimpiin hiiliteräksiin. Kolmanteen ryhmään kuuluvat austeniittisferriittiset eli duplex teräkset. Ne valmistetaan sopivalla kromin ja nikkelin seostuksella, jolloin mikrorakenne koostuu kahdesta eri kiderakenteesta. Neljännen ryhmän muodostavat martensiittiset ruostumattomat teräkset. Ne ovat karkaistavia ja lujia teräksiä, koita käytetään muun muassa turpiinien siipinä. /3, 56/ /12, 226-227/

6 KORROOSIO

Korroosiolla tarkoitetaan ympäristön vaikutuksesta tapahtuvaa metallin muuttumista käyttökelvottomaan muotoon, yleisesti sanottuna ruostumista, hapettumista, tummumista ym. Korroosiota tapahtuu käytännössä sähkökemiallisina liukenemisreaktioissa, joissa on osana vettä. Tällöin korroosioparin epäjalompi osa pyrkii liukenemaan ja jalompi osa pysyy suojattuna. Korroosiosta aiheutuvia haittoja ovat painohäviöt, pinnan laadun heikkeneminen, putkistojen ja säiliöiden puhkeaminen jne. Korroosio aiheuttaa jo pelkästään Suomessa miljardien eurojen tappiot vuosittain. /8/ /10/

6.1 Korroosion päätyypit

Korroosiota on kolmea eri päätyyppiä. Nämä päätyypit ovat: kemiallinen korroosio, sähkökemiallinen korroosio (galvaaninen korroosio) sekä korkean lämpötilan korroosio. Tässä työssä on perehdytty varsinkin galvaaniseen korroosioon ja sen estämiseen. /8/

6.1.1 Kemiallinen korroosio

Kemiallista korroosiota tapahtuu, kun materiaali joutuu suoraan kosketukseen syövyttävän ympäristön kanssa. Esimerkkinä kemiallisesta korroosiosta käy messingissä tapahtuva sinkinkato vedessä, joka on ns. valikoivaa syöpymistä. /8/

6.1.2 Sähkökemiallinen korroosio

Kun materiaali liukenee ympäristöön sähköisten tai kemiallisten ilmiöiden yhteisvaikutuksesta, on kyseessä sähkökemiallinen korroosio. Sähkökemiallinen korroosio edellyttää eri jalostusasteisia metalleja. Epäjalompi metalli toimii anodina ja syöpyy, kun taas jalompi metalli toimii katodina ja säilyy syöpymättä. Metallit voidaan asettaa järjestykseen jaloutensa mukaan (Taulukko 1.).

TAULUKKO 1. Materiaalit jaloimmasta epäjaloimpaan

Platina
Kulta
Grafiitti
Titaani
Hopea
Haponkestävä teräs (passiivinen)
Ruostumaton teräs (passiivinen)
Monelmetalli
Nikkeli (passiivinen)
Punametalli
Kupari
Alumiinipronssi
Nikkeli (aktiivinen)
Messingit
Lyijy
Haponkestävä teräs (aktiivinen)
Ruostumaton teräs (aktiivinen)
Valurauta
Niukkahiilinen teräs
Alumiini ja sen seokset
Galvanoitu teräs
Sinkki
Magnesium ja sen seokset

Taulukon sisällä materiaalit voidaan luokitella neljään ryhmään sillä perusteella, että metallien korroosipotentiaalit ovat lähellä toisiaan:

1. magnesiumseokset
2. sinkki- ja alumiiniseokset, kadmium
3. teräkset, lyijy- ja tinaseokset
4. ruostumattomat teräkset, kupari- ja nikkelseokset, jalometallit.

Kunkin ryhmän sisällä olevat materiaalit ovat yleensä liitettävissä keskenään. Mitä suurempi metallien ero on jalousasteella, sitä nopeampaa korrosio on.

Korroosionopeuteen vaikuttaa myös anodin ja katodin pinta-alan suhde. Mitä suurempi katodin pinta-ala on suhteessa anodin pinta-alaan, sitä nopeampaa korroosio on.

Galvaanisen korroosion alue ei kata koko rakenteen pinta-alaa, vaan se rajoittuu metallien liitoskohtien läheisyyteen (**kuva 6.**). Korroosio voi tapahtua joko laajalla alueella matalana syöpymisenä tai pienellä alueella syvänä syöpymisenä. Tähän vaikuttaa elektrolyytin johtokyky. /3, 66, 97/ /8/ /19, 464/



Kuva 6. Galvaanista korroosiota kotelon kiinnitysosissa

6.1.3 Korkean lämpötilan korroosio

Korkean lämpötilan korroosiolla tarkoitetaan pääasiassa materiaalin muuttumista erilaisiksi yhdisteiksi korkean lämpötilan aiheuttaman reaktionopeuden takia.

Korroosion reaktionopeus kaksinkertaistuu aina 10 °C välein. Pakkasella ei tapahdu korroosiota, mutta kun pakkasessa olleet metallikappaleet tuodaan sisälle lämpimään, alkaa niiden pinnalle kertyä kosteutta joka aiheuttaa korroosiota. /8/
/10/

6.2 Sähkökemiallisen korroosion esto

Sähkökemiallista korroosiota voidaan estää monella eri tavalla. Ensimmäkin tulisi pyrkiä välttämään galvaanisia pareja, varsinkin mikäli niiden potentiaaliero on suuri. Mikäli on käytettävä metalleja, joilla on galvaanisen korroosion vaara, tulee valita korroosionkestävyyden kannalta mahdollisimman samankaltaiset metallit ja varmistaa täydellinen sähköinen eristys niiden välille. Sähköinen eristys voidaan toteuttaa pulttiliitoksissa eristävillä holkeilla, aluslevyillä ja tiivisterenkailla.

Aina tulisi pyrkiä välttämään tapauksia, joissa anodipinta-ala on pieni ympäröivään katodipinta-alaan nähden. Tällaisessa tilanteessa anodipinta syöpyy suuren katodipinnan vuoksi erittäin voimakkaasti. Parempi ratkaisu on pieni katodipinta suuren anodipinnan keskellä. Katodipinta-alaa voidaan pienentää maalaamalla. Anodipintaa ei tulisi maalata, koska maalipinnan rikkoontuessa pinta-ala suhde muuttuu entistä huonommaksi anodipinnan kannalta ja se syöpyy entistä voimakkaammin.

Katodilla tulisi käyttää kestäviä ja huokosettomia suojapinnoitteita. Mikäli eri potentiaaliset metallit ovat johtavassa väliaineessa, elektrolyytissä, tulisi niiden välimatkaa kasvattaa. Tällä tavoin saadaan pienennettyä galvaanisen korroosion mahdollisuutta. Normaaliolosuhteissa sinkkipinnoite on hyvä suoja raudalle, koska sinkki syöpyy epäjalompana. Olosuhteissa joissa lämpötila ylittää 70 °C sinkin potentiaali muuttuu terästä korkeammaksi ja teräs syöpyy, mikäli pinnoitteessa on reikä.

Mikäli galvaanista korroosiota ei pystytä kokonaan välttämään, tulee rakenne suunnitella siten, että anodiset osat ovat helposti vaihdettavissa tai niissä on oltava riittävästi syöpymisvaraa. Suunnittelussa tulisi pyrkiä myös siihen että käytettäisiin enemmän hitsausliitoksia kuin kierreliitoksia. /3, 96/ /19, 168/

6.3 Suojapinnoitteet ja suojaustekniikat

Suojapinnoitteiden ansiosta voidaan käyttää halvempia ja epäjalompia metalleja korroosiolle altistuvissa paikoissa. Edellytys suojapinnoitteiden käytölle on se, että tunnetaan pinnoitteen korroosionkestävyys ja muut ympäristön ja perusaineen asettamat vaatimukset. Tavallisesti pinnoitteet jaetaan metallisiin, orgaanisiin ja epäorgaanisiin pinnoitteisiin. Kaikilla näillä on yhteistä se, että ne suojaavat metallia yhdellä tai useammalla seuraavista mekanismeista: erottamalla metallin ympäristöstä, uhrautumalla tai inhiboimalla.

Uhrautuvat pinnoitteet toimivat kahdella tavalla. Ehjä pinnoite erottaa perusmetallin ympäristöstään ja jos pinnoitteeseen tulee vaurio, se liukenee perusmetallin sijasta. Inhiboivat pinnoitteet ovat maaleja tai väliaikaiseen suojaamiseen tarkoitettuja öljyjä ja rasvoja. Niiden toiminta perustuu perusmetallin erottamiseen ympäristöstään. /3, 118/

6.4 Rakenneaineen saatavuus ja hinta

Korroosion eston tulee olla kokonaisuutta ajatellen taloudellisesti kannattavaa. Aina ei kannata valita korroosioympäristön parhaiten kestävästä rakenneainesta. Rakenneaineen hinta voi olla niin korkea, että taloudellisesti katsottuna kannattaa valita halvempi rakenneaine, vaikka se ei olisikaan niin kestävä kuin kalliimpi rakenneaine.

Esimerkiksi ruostumattoman perusteräksen hinta on 3-4 kertaa korkeampi kuin vastaavat hiiliterästuotteet /12, 275/. Rakenneaineelle voidaan sallia pieni syöpyminen, kunhan se on hallittua ja siitä ei aiheudu haittaa käytölle. Rakenneaineen syöpymiseen voidaan varautua siten, että varataan tarpeeksi syöpymisvaraa sekä varaudutaan rakenteen uusimiseen määräajoin, varsinkin suojapinnoitteilla.

Valittaessa rakenneainetta, tulee ottaa huomioon rakenteen koko käyttöajalle lasketut kokonaiskustannukset, missä ovat mukana rakenneaineen kunnossapito- ja uusimiskustannukset, sekä myös näistä aiheutuvat tuotannon menetyksen kustannukset. Tällöin on tunnettava rakenneaineen kesto aika, hinta,

korjausmahdollisuudet, korjausten ja uusimisten kustannukset, tuotannon menetyksen kustannukset ja laitteen todennäköinen käyttöaika. Myös rakenneaineen saatavuus on tärkeä edellytys korroosion torjunnassa. On turha esittää rakennerekaisuja, joita ei ole määräajassa kohtuuhinnalla saatavissa. /19, 163/

7 METALLIEN YHTEENSOPIVUUS

Aina ei voida välttyä eri metallien käyttämisestä liitoksissa. Metallien yhteensopivuuteen korroosionkeston kannalta vaikuttaa metallien jalousasteen eron lisäksi metallien keskinäinen pinta-ala suhde sekä ympäristö.

Kun yhdistetään eri jalousasteen metalleja toisiinsa, tulee epäjalomman metallin pinta-alan olla suurempi kuin jalomman metallin. Tällä tavoin saadaan pienennettyä epäjalompaan metalliin kohdistuvaa korroosiovirran tiheyttä. Tästä syystä esimerkiksi kiinnike on tavallisesti ruostumatonta terästä ja itse rakenne on epäjalompaa metallia.

7.1 Metallien keskinäiset liitokset

Kuparia, messinkiä ja ruostumatonta terästä voidaan yleensä käyttää keskinäisissä liitoksissa ja yhdessä muiden metallien kanssa, koska näiden terästen syöpyminen ei kiihdy. Poikkeuksena kupari ja messinki kiihdyttävät alumiinin, sinkin sekä kuumasinkityn teräksen ja suojaamattoman teräksen syöpymistä. Alumiinin ja sinkityn teräksen kanssa voidaan yleensä käyttää ruostumatonta terästä, poikkeuksena kloridipitoinen ympäristö (meri-ilmast). Ruostumatonta terästä, kuparia ja messinkiä eivät sovi yhteen hiiliteräksen tai säänkestävän teräksen kanssa teräksen syöpymisen kiihtymisen takia. Kuumasinkityn teräksen ja suojaamattoman hiiliteräksen liitoskohdissa kasvaa sinkityksen korroosionopeus.

Mikäli ympäristössä ei ole klorideja, voidaan alumiinia käyttää yhdessä kuumasinkityn- ja ruostumatonta teräksen kanssa. Alumiini ei myöskään kiihdytä tavallisen teräksen korroosiota. Sinkin korroosionopeus kasvaa, mikäli yhdistetään kuumasinkitty teräs ja säänkestävä teräs. /9/ /13/

7.2 Soveltaminen muuntajiin

Muuntajan sisäpuolella ei ole sähköä johtavaa nestettä, joten normaalisti siellä ei ole korroosio-ongelmia. Sisällä voi käyttää esimerkiksi tavallisia pintakäsittlemättömiä teräsruuveja kuparikiskojen liitoksissa.

Ulkopuolisissa osissa nyrkkisääntönä on että galvaanista potentiaaliero ei saa olla yli 0,25V. Sateelta suojatuissa osissa, esim. kojekaapissa, potentiaaliero voi olla 0,5V. /9/

7.2.1 Tavallista terästä olevat maalatut osat

Ruuviliitoksissa käytetään kuumasinkittyjä ruuveja, aluslaattoja ja muttereita. Tyssähitsattavat ruuvit ovat kuitenkin sähkösinkittyjä ja keltapassivoituja. Ruostumatonta terästä voidaan käyttää asiakkaan vaatimuksesta tai jos tarvittavia kuumasinkittyjä osia ei ole normaalitavarana. /9/

7.2.2 Tavallista terästä olevat kuumasinkityt osat

Kuumasinkittyjen teräsosien kiinnitykseen käytetään pääsääntöisesti kuumasinkittyjä ruuveja, aluslaattoja ja muttereita. Tarvittaessa voidaan käyttää ruostumatonta terästä olevia ruuveja, aluslaattoja ja muttereita, kuten maalatullakin teräksellä. /9/

7.2.3 Ruostumaton teräs

Koska ruostumaton teräs on varsin jalo aine verrattuna sinkkiin, alumiiniin ja tavalliseen teräkseen, on ruostumatonta terästä kiinnitettäessä myös kiinnitysosien oltava ruostumatonta terästä. Mikäli käytettäisiin muita kuin ruostumatonta terästä olevia kiinnitysosia, olisi anodin ja katodin pinta-ala suhde huono ja kiinnitysosat ruostuisivat nopeasti. /9/

7.2.4 Alumiini ja sinkki

Alumiinin ja sinkin kiinnitykseen sopii sinkityt kiinnitystarvikkeet. Ruostumatonta terästä voidaan käyttää erikoistapauksissa, joita ovat asiakkaan vaatimus tai tarvittavia osia ei ole kuumasinkittynä normaalitavarana. Alumiinia ei saa liittää galvaanisesti suhteellisesti huomattavasti suurempipintaiseen (paljas pinta) jalompaan metalliosaan. /9/

7.2.5 Kupari ja suojamaadoitukset

Suojamaadoitettaessa laitteiden runkoja, ei kuparia ja alumiinia saa suoraan kytkeä yhteen. Tämä vältetään käyttämällä tinapinnoitettuja kaapelikenkiä. Kun kuparilla on tinapinnoite, voidaan käyttää kuumasinkittyjä kiinnitysosia. Paljasta kuparia käytettäessä käytetään ruostumatonta terästä olevia ruuveja, aluslaattoja ja muttereita. Teräsosiin itse tehtävät maadoitusliittimet tehdään ruostumattomasta teräksestä. Aluslaatat, ruuvit ja mutterit ovat myös ruostumatonta terästä. /9/

8 OHJEEN KIRJOITTAMINEN

Ohjeella tarkoitetaan jonkin asian tai tuotteen käyttöohjetta. Yleisesti siinä neuvotaan tuotteen oikea ja turvallinen asennus sekä käyttö. Ohjeen lukemisen perusteella asiakkaalla tulisi olla tarvittava tietämys tuotteen käyttöönottamiseksi. Ohje voi olla luonteeltaan pelkkä suositus tai sitova. /6/ /11/

8.1 Käyttöohjeen ongelmia

Käyttöohjeiden yksi suurimmista ongelmista on se, että niitä ei lueta. Luetetaan omiin taitoihin ja kokemuksiin ja hypätään ohjeen lukemisen ohitse. Toinen suuri ongelma on se, että jos jokin asia voidaan ymmärtää väärin, niin se myös melko todennäköisesti ymmärretään väärin. Ohjetta laatiessa tulisi kiinnittää huomiota ohjeen selkeyteen ja helposti ymmärrettävyyteen. Ongelmia tuottaa myös se, mikäli ohje on osittain vanhentunut tai puutteellinen tai tuote kokee muutoksia ohjeen kirjoittamisen aikana tai jälkeen. Mikäli ohjeen laatija tuntee tuotteen perinpohjaisesti, on riski että käyttöohjeesta ei tule tarpeeksi kattava uudelle käyttäjälle ja asioita käsitellään vain pintapuolisesti. /6/ /11/

8.2 Käyttöohjeen rakenne

Käyttöohjetta kirjoitettaessa tulisi pyrkiä mahdollisimman selkeään ja eheään kokonaisuuteen. Aluksi tulisi ilmetä mitä ohje koskee ja kenelle se on laadittu. Ohjeesta tulisi löytyä kaikki oleellinen, mutta ei mitään ylimääräistä. Liian paksut ohjekirjat vain pelottavat käyttäjiä. Tuotteen käytön kannalta oleellimmat asiat tulisi löytyä mahdollisimman alusta ohjetta. Mikäli ohjeesta tulee väkisinkin pitkä, kannattaa harkita erillisen käytön aloittamisen mahdollistavan pika-oppaan laatimista.

Käyttöohjeen visuaalisuudella saadaan parannettua ohjeen yleisilmettä, sekä ohjeen lukemisesta tulee mielekkäämpää. On suositeltavaa sisällyttää ohjeeseen myös kuvia pelkän tekstin sijaan. Kuvilla saadaan havainnollistettua ja selkeytettyä asiaa paremmin. Myös väreillä ja tekstin korostuksilla saadaan tuotua tärkeät ja oleelliset asiat paremmin esille tekstin seasta. Hyvässä ohjeessa on

käytetty kansainvälisesti tunnettuja symboleita ja kuvioita. Tällä tavoin esimerkiksi vaarasta varoitettaessa lukija ymmärtää jo symbolin näkemisen jälkeen saman tien mistä on kyse ja tärkeät asiat huomaa helposti jo pelkästään ohjetta selailtaessa. /6/ /11/

9 OHJEEN LAATIMINEN

Työn tavoitteena oli luoda yleisohje muuntajan rakenteissa käytettävistä liitostyypeistä ja niissä käytettävistä kiinnityselimistä. Tavoitteena oli myös luopua kiinnityselinten mallintamisesta ja osaluetteloinnista. Työssä paneuduttiin korroosion estämiseen ja eri materiaalien yhteensopivuuteen liitoksissa. Työ laadittiin suomenkielisenä sekä englanninkielisenä, jotta sitä voitaisiin hyödyntää myös muissa ABB:n muuntajatehtaissa.

9.1 Lähtötilanne

Nykytilanteessa muuntajan rakennesuunnittelussa kiinnitetään kaikki muuntajaan tulevat kiinnityselimet kokoonpanomalliin ja osaluetteloihin. Tämä sitoo tarpeettomasti suunnitteluresursseja ja tekee 3D - mallin käsittelystä hankalaa. Lisäksi kiinnityselimien lisäämisestä kokoonpanomalliin ja osaluetteloihin saatava hyöty on katsottu kyseenalaiseksi.

Yleisohjeen tekemisestä saatava hyöty on suunnitteluresurssien vapautuminen suuremman jalostusasteen tehtäviin ja samalla työn mielekkyyden parantuminen, kun ei tarvitse enää paikoittaa lukuisia pieniä kiinnitysosia malliin. Samalla käytännöt erilaisten liitosten toteuttamisesta yhdenmukaistuvat ja tuotteen sekä toiminnan laatu paranee, kun on yhdenmukainen ohje käytössä, jonka mukaisesti toimitaan. Myös muuntajan 3D-mallista saadaan kevyempi, kun siellä ei enää ole kaikkia kiinnitysosia mallinnettuna.

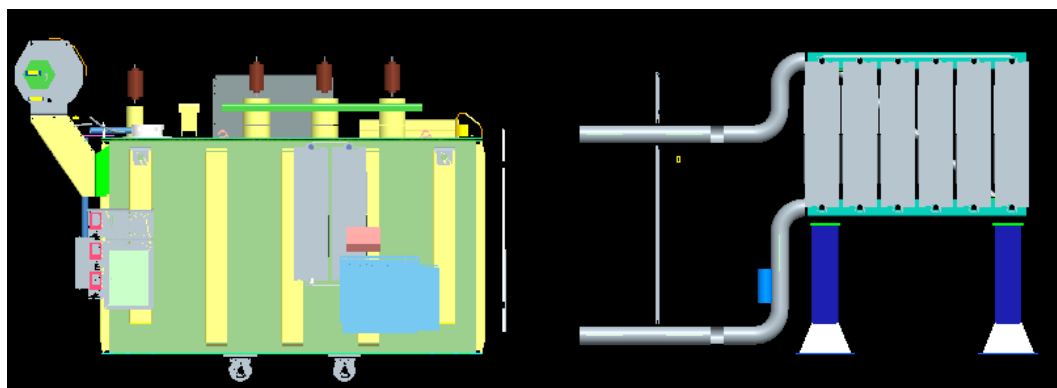
9.2 Työn eteneminen

Työ aloitettiin määrittelemällä kaikki yleisimmät muuntajissa käytettävät komponentit ja niiden liitokset, jotka työhön sisällytettäisiin. Työstä rajattiin pois kaikki harvinaisemmat komponentit ja niiden liitokset. Tällä tavoin työtä saatiin rajattua, eikä siitä tule liian laajaa.

Alussa pidimme palaverin muuntajien kalustajien kanssa, joille yleisohje on suunnattu. Palaverissa kävimme läpi heidän tapojaan lukea piirustuksia ja yleensäkin toimintatapoja. Tässä vaiheessa heillä oli myös mahdollisuus vaikuttaa

työhön esittämällä omia toivomuksiaan koskien käyttöohjetta. Palaverissa kävi ilmi, että kiinnitysosien kohdalla piirustuksista katsotaan lähinnä kiinnitysosien pintamateriaali. Pulttien ym. pituudet ja koot tunnetaan jo ennestään ulkoa niin hyvin, että niitä ei tarvitse kokeneimpien kalustajien tarkistaa piirustuksista. Tästä johtuen ohjeesta jätettiin pois kaikki kiinnitysosien pituudet ja koot, koska niitä ei tarvita ohjeessa ja joissakin poikkeustapauksissa voidaan joutua käyttämään erikokoisia kiinnitysosia kuin ohjeessa on kerrottu, mikä aiheuttaisi vain ristiriitoja.

Tämän jälkeen luotiin Pro ENGINEER Wildfire 4.0-ohjelmistolla muuntajan 3D-malli, johon liitettiin kaikki työhön tulevat komponentit muuntajan templatesta (**kuva 7.**). Normaalisti kaikkia komponentteja ei tule samaan muuntajaan, mutta ohjetta varten tehtävään malliin liitettiin kaikki mahdolliset osat. Tällä tavoin saatiin kaikki työhön tulevat liitostyypit samasta kokoonpanosta, mikä helpottaa kuvantojen tekemistä ohjeeseen. Näin ohjeesta saatiin myös helposti jälkeensä päivitettävä ja muokattava, mikäli myöhemmin tulee tarvetta lisätä joitakin liitostyyppejä ohjeen piiriin.



Kuva 7. Muuntajakokoonpanon 3D-malli

Joissakin kohdin jouduttiin mallia uudistamaan. Esimerkiksi venttiilit oli aikaisemmin kiinnitetty kuumasinkityillä kiinnitysosilla laippoihin. Tämä ei ollut oikea tapa toimia, koska venttiilit ovat haponkestävää terästä, joka on jalompaa kuin kuumasinkitty teräs. Tämä aiheuttaa korroosiota kiinnitysoseen, kuten kuvasta 8 ilmenee, jossa sinkitty aluslaatta on ”uhrautunut” jalomman ruuvien vaikutuksesta suojelemaan terästä. Ongelmana oli myös se, että laipat olivat

tavallista mustattua terästä, joka on epäjalompaa kuin venttiilien materiaali ja laipat ovat myös pinta-alaltaan pienempiä kuin venttiilit. Tämän kaltaiset tilanteet olivat aikaisemmin mahdollisia, kun suunnittelijoilla ei ollut yhteistä toimintatapaa, vaan jokaisella oli oma tyylinsä käyttää kiinnitysosa.



Kuva 8. Korroosion syövyttämä kiinnitysosa

Vaihtoehtoja tilanteen korjaamiseksi oli muutama erilainen. Ensimmäinen ja suositeltavin vaihtoehto oli kiinnitysosien ja laipan vaihtaminen ruostumattomasta teräksestä valmistettuihin. Näin kaikki liitoksessa käytetyt materiaalit olisivat samaa materiaalia ja oltaisiin välttytty materiaalien välisiltä potentiaalieroilta, joka on yksi suurimmista syistä korroosiolle. Tämä olisi ollut myös ohjeistuksen mukainen tapa toimia.

Toinen vaihtoehto oli pitää laippa ennallaan, vaihtaa kiinnitysosat ruostumattomiksi ja maalata venttiili. Maalaamalla venttiili oltaisiin saatu eristettyä kaksi sähköisesti eri potentiaalista materiaalia toisistaan. Tämä olisi ollut edullisempi tapa korjata tilanne kuin ensimmäinen vaihtoehto, mutta maalaamisestakin olisi syntynyt omat kustannuksensa ja vaivansa.

Lopulta molemmista näistä vaihtoehtoista luovuttiin kustannusten ja lisääntyneen työn takia. Syynä tähän oli se, että olisi tullut liian kalliiksi ja työlääksi vaihtaa laippojen materiaali ruostumattomaksi teräkseksi. Myös maalaaminen olisi ollut liian suuri kustannus. Uuden rakenteen korroosionestomaalauksen kustannukset arvioidaan 1-3 %:ksi kokonaiskustannuksista /19, 706/.

Asiaa tutkittua ja eri vaihtoehtoja mietittyä päädyttiin lopulta kolmanteen vaihtoehtoon, joka oli pitää laippa ja venttiili ennallaan ja vaihtaa kiinnitysosat kuumasinkityistä ruostumattomiksi. Tämä oli taloudellisesti kannattavin vaihtoehto ja tällä tavoin saatiin kuitenkin estettyä kiinnitysosien ruostuminen, kun kiinnitysosat eivät enää ole epäjalommasta materiaalista kuin pinta-alaltaan paljon suurempi venttiili. Lisäksi lisääntyneiden kustannusten kannalta ei aina ole kannattavinta valita parhaiten korroosiota kestävä ratkaisua. (ks. kpl. 6.4).

Vastaavanlaisia kiinnitysosien materiaalin vaihtamisia täytyi tehdä myös muutamassa muussakin liitoksessa, jotta käytännöt olisivat ohjeessa kerrotun kaltaisia. Tällaisia tapauksia olivat esimerkiksi muuntajan ulkopuolella sijaitsevat ruostumattomasta teräksestä valmistetut maadoituskiinnikkeet, joissa oli aikaisemmin käytetty kuumasinkittyjä kiinnitysosia. Jatkossa niissäkin tullaan käyttämään ruostumatonta terästä olevia kiinnitysosia.

Kaikkia ohjeen myötä tulleita uusia kiinnitysosia ei löydy ennestään hyllypalvelun piiristä, joten ne otetaan uusina nimikkeinä mukaan. Tällä varmistetaan että kaikkia tarvittavia kiinnitysosia on saatavilla aina kun niitä tarvitaan. Uusia nimikkeitä on muutamia ja ne ovat kaikki ruostumattomasta teräksestä valmistettuja, lähinnä ruuveja.

Itse työohjeen laatiminen alkoi tämän jälkeen. Jokaisesta työhön sisällytetystä liitoksesta tehtiin oma kuvanto ProE:n simplified rep- toiminnolla, johon kuului itse komponentti ja kaikki sen kiinnittämiseen tarvittavat kiinnitysosat. Työohje laadittiin ProE:n piirustus pohjalle. Koko työ laadittiin saman piirustus pohjan alle ja jokaisesta kuvannosta tehtiin oma piirustuksensa omalle alisivulle.

Tekemällä ohje kokonaisuudessaan ProE:lla, saatiin ohjeesta hyvin ja helposti muokattava. Aina jos on tarvetta muokata muuntajamallin kokoonpanoa, päivittyä se myös piirustusohjelmalle tehtyyn ohjeeseen. Tämän ansiosta ei tarvitse aina tehdä uutta kuvaintoa, jos mallia muutetaan. Tämä on suuri etu verrattaessa esimerkiksi kuvankaappauksella toteutettuun toteutukseen.

9.3 Ohjeen rakenne

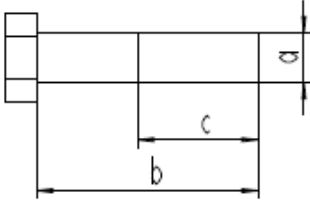
Ohjeen rakenne pyrittiin saamaan hyvän käyttöohjeen mukaiseksi. Ohjeen sivut ovat kokoa A4, jolloin niihin mahtuu tarvittavat kuvat ja tekstit, mutta eivät ole liian suuria mahdutettavaksi esimerkiksi normaalikokoiseen kansioon. Ohjeeseen on pyritty sisällyttämään vain kaikki oleellinen asia, jotta se olisi miellyttävämpi lukea ja siitä löytäisi nopeammin juuri sen asian jota etsii.

Ohjeen alussa on sisällysluettelo, josta ilmenee mitkä asiat ohjeeseen on sisällytetty (**Liite 1.**). Sisällysluettelossa ei ole eriteltyä jokaista komponenttia ja sen sivunumeroa. Tällä tavoin sisällysluettelosta olisi tullut aivan liian pitkä ja se ei olisi enää pitänyt paikkaansa mahdollisten muokkausten jälkeen. Sen sijaan oikean sivun etsimiseen tietokoneella voidaan käyttää haku – toimintoa.

Tämän jälkeen on yleinen osuus, jossa kerrotaan miksi ohje on laadittu, kenelle se on tarkoitettu ja mitä ohje sisältää (**Liite 2.**). Tällä tavoin ohjeen käyttäjä saa heti kattavan käsityksen ohjeesta. Tätä seuraa osio, jossa on kerrottu yleisesti galvaanisesta korroosiosta ja galvaanisen korroosion vaikutuksesta muuntajaan. Tästä ohjeen lukija saa käsityksen miksi ohje on laadittu, mihin sitä tarvitaan ja miksi on tärkeää käyttää oikeanlaisia materiaaleja oikeissa paikoissa. Tämän jälkeen on taulukko, jossa on osoitettu oikeiden materiaalien valinta perustuen siihen, että niitä voidaan käyttää yhdessä toisen materiaalin kanssa ilman korroosion uhkaa.

Ennen varsinaista käyttöohjeosuutta on vielä selitettynä eri kiinnitysosien merkitsemiseen käytetyt koodit (**Kuva 9.**). Esimerkiksi ruuvit ovat muotoa : FLHSU M6x30/16Y, jossa alkuosa on ruuvin tunnus, M6 on kierteen merkintä, 30 on ruuvin pituus millimetreinä, 16 on kierteen pituus millimetreinä sekä Y on

pintakäsittely, tässä tapauksessa sähkösinkkaus. Lisäksi on ilmoitettu, miten tässä ohjeessa on kerrottu kiinnitysosien valinta.

Version	Revision	Prepared	Date
<p>Screws / Ruuvit : FLHSU a x b / c _ FLHSY a x b / c [stainless] [ruostumaton]</p>			
			
<p>a : thread marking / kierteen merkitseminen b : length [mm] / pituus [mm] c : thread length [mm] / kierteen pituus [mm] _ : surface finishing / pintakäsittely</p>			
<p>Example : FLHSU M 6X16/16Z FLHSU __Z [used in this manual] [tässä ohjeessa käytetty merkintätapa]</p> <p>FLHSY M 6X16/16 [no surface finishing] [ei pintakäsittelyä] FLHSY __ [used in this manual] [tässä ohjeessa käytetty merkintätapa]</p>			
		Screw	
Quality Auditing Department	GES	Issue Date	30.4.2012
ABB	Prepared by	M. Simelius	Checked by
	Reviewed by	T. Perälä	Approved by
		K. Salo	
		Issue No. Drawing No.	FIPTR00790
		Issue Type	KTPU/T
		Issue No.	1ZXY205908
		Issue Date	10
		Issue No.	94

Kuva 9. Ruuvin merkitseminen

Tämän jälkeen alkaa varsinainen ohjeisuus eri liitostyypeistä ja niissä käytettävistä kiinnitysosista. Ensimmäisenä osiona ovat yleiset liitostyypit. Näihin kuuluvat sellaiset liitokset, joita käytetään yleisesti kaikkialla muuntajissa. Tällaisia liitoksia ovat esimerkiksi maadoitukset, venttiilit sekä laippaliitokset (**Liite 3**).

Yleisimpien osien jälkeen on omat osionsa paisuntasäiliölle, kannelle, säiliölle, radiaattorille, kotelolle sekä kiskosilloille. Jakamalla kaikki alikokoonpanot omiin osioihinsa, helpotetaan ohjeen käyttäjän työtä ja selkeytetään ohjetta. Esimerkiksi kannenkalustaja löytää sisällysluettelon perusteella kaikki omaan työhönsä liittyvät asiat samasta paikasta.

Jokaisesta liitostyypistä on oma sivunsa, jolla on kuva liitoksesta ja tarvittaessa vähintään kahdesta eri kulmasta, jolla helpotetaan osan tunnistamista. Kuvien tunnistamiseen on käytetty myös 3D-kuvainvoja. Osat ovat myös nimetty Mechanical design - tietokannassa olevien nimien mukaisesti. Tällä tavoin helpotetaan osien tunnistamista ja saadaan yhtenäinen nimijärjestelmä tuotteille.

Koska kiinnitysosat voivat olla varsin pieniä verrattuna itse komponenttiin, on ohjeessa käytetty paljon suurennuksia. Tällä tavoin ohjeesta saadaan selkeämpi ja helppolukuisempi, varsinkin mahdollisesti huonosti valaistuissa tehdasolosuhteissa. Selkeyttä on myös pyritty parantamaan lisäämällä mahdollisuuksien mukaan samalle sivulle kaikki kuvainnot tietystä kokoonpanosta. Esimerkiksi kiskosillassa on lukuisia eri liitoksia, mutta ne on saatu mahtumaan samalle sivulle. Tällöin käyttäjän on helpompi saada kokonaiskäsitys komponenteista, missä niiden paikka on ja miten ne liitetään toisiin komponentteihin.

Kuviin on merkitty kaikki komponentissa käytettävät kiinnitysosat nuolilla, koska esimerkiksi yhdessä liitoksessa voidaan käyttää useampaa erilaista ruuvia. Tällä varmistetaan oikeiden kiinnitysosien käyttö oikeassa paikassa. Koska ohjetta on mahdollista muokata ja päivittää jälkikäteen, on ohjeella oma yksilöllinen työnumeronsa ja jokaisella sivulla oma yksilöllinen piirustusnumeronsa. Tämä

helpottaa ohjeen, sekä oikean sivun löytymistä siinäkin tapauksessa, että ohjetta on jälkikäteen päivitetty.

10 TULOKSET

Työn tuloksena syntyi noin 60 sivuinen yleisohje, jossa on kerrottu oikeiden kiinnitysosien, sekä niiden materiaalien käyttö erityyppisissä liitoksissa muuntajassa. Työn tuloksena korjattiin myös joitakin virheellisiä toimintamenetelmiä tietyissä liitoksissa, kuten esimerkiksi venttiilin ja laipan liitos.

10.1 Työn päätavoitteet

Yksi työn päätavoitteista oli suunnittelutyön muuttuminen mielekkäämmäksi kiinnitysosien kannalta. Ohjeen myötä ei enää tarvitse paikoittaa lukuisia pieniä kiinnitysosia 3D-malliin. Tämän osalta työskentelystä on tullut varmasti mielekkäämpää ja tehokkaampaa.

Toinen työn päätavoitteista oli toimintatapojen yhdenmukaistuminen. Aikaisemmin toimintatavat vaihtelivat työntekijöiden kesken. Tästä aiheutui esimerkiksi sitä, että aina ei käytetty oikeita kiinnityselimiä oikeissa paikoissa, mikä aiheutti mm. korroosiota kiinnitysosiin. Tämä vaikutti suoraan tuotteen ja työn laatuun. Ohjeen avulla saavutetaan yhdenmukainen toimintatapa ja varmistetaan, että kaikissa liitoksissa käytetään oikeanlaisia kiinnitysosia, pois lukien mahdolliset inhimilliset virheet, joihin on vaikea ohjeen välityksellä estää.

Työn kolmas päätavoite oli työajan säästäminen ja tehokkuuden parantaminen. Jatkuvasti kiristynvä kilpailu ja maailmanlaajuinen taantuma lisäävät omat paineensa ja haasteensa hyvän tuloksen tekemiselle. Kokoajan on löydettävä uusia keinoja hakea säästöjä ilman, että tehokkuus ja kilpailukyky heikkenevät.

10.2 Työn tuomat säästöt

Suunnitteluajojen lyhentäminen on yksi harvoja toimenpiteitä, joilla saadaan merkittäviä säästöjä muuntajien suunnittelupuolella. Suunnitteluajojen lyhentämisen edellytyksenä on yleensä jonkin uuden keksinnön tai vastaavan työskentelyä nopeuttavan menetelmän kehittäminen tai uuden työvoiman

palkkaaminen. Tämän työn avulla on suunnittelutyössä arvioitu säästyvän 3-6 tuntia 3D-mallin tekemisessä, sekä 3-6 tuntia valmistuspiirustusten tekemisessä.

Vaasan tehtaalla tehdään vuodessa noin 130 KT - muuntaja designia. Mikäli yhden designin suunnittelu-aika lyhenee 6 – 12 tuntia, on vuositasolla säästetyt työtunnit karkeasti laskettuna luokkaa 780 – 1560 tuntia. Yhden henkilötyövuoden ollessa 1800 tuntia, on työstä saatava hyöty lähestulkoon yhden uuden työntekijän työpanos vuodessa ilman, että palkataan uutta henkilöstöä.

Vuonna 2011 ABB:n Vaasan muuntajatehtaan liikevaihto oli 108 M€ ja tulosta tehtiin 10,8 M€. Rakennesuunnittelussa työskenteli 28 suunnittelijaa, jolloin tulosta tehtiin n. 385 000€ suunnittelijaa kohden. Työn ansiosta saadaan periaatteessa yhden uuden suunnittelijan työpanos, jolla on myös vaikutusta positiivisesti liikevaihtoon ja tulokseen.

Yksi muuntajan suunnittelutunti maksaa noin 55 euroa, joten jos suunnittelu-aikoja saadaan vuositasolla lyhennettyä 780 – 1560 tuntia, ovat säästöt vuositasolla luokkaa 42900 – 85 800 euroa. Säästöjä ei voida kuitenkaan laskea näin yksiselitteisesti. Esimerkiksi säästetty työaika voidaan hyödyntää suuremman jalostusasteen työtehtävissä, mikä lisää tehokkuutta ja säästöjä, mutta ei ole helposti laskettavissa mukaan euromääräisiin säästöihin. Lisäksi työssä käytettävät tietokoneet ym. eivät ole ABB:n omia, vaan ne ovat leasing – sopimuksella. Eli kun työtehoa saadaan nostettua samalla määrällä kalustoa, pienenee koneista maksettu hinta suhteessa saavutettuun tulokseen. Koneita voidaan myös käyttää säästyneen ajan verran muissa työtehtävissä.

Säästöjä tuo myös se, että ohjeen avulla saadaan estettyä aikaisempaa paremmin vääristä kiinnitysosien käytöstä aiheutunutta korroosiota kiinnitysosissa. Tämän ansiosta muuntajista saadaan kestävämpiä sekä pidempi-ikäisiä. Myös huoltokustannuksia saadaan tältä osin leikattua. Vaikka vähäinen korrosio ei monessakaan kohtaa muuntajassa ole teknisessä mielessä vaarallista, niin esimerkiksi ruostealumat eivät näytä hyvältä ja antavat huonon vaikutelman laitteesta. Estämällä tällaiset korrosio-ongelmat saadaan tuotteen imagoa ja

laatua parannettua, mikä puolestaan parantaa kuvaa tuotteiden laadusta ja sitä kautta lisää kysyntää ja tilauksia.

Tiettyjä työn tuomia säästöjä on vaikea mitata rahallisesti, kuten 3D-mallin keventymistä ja työn mielekkyyden paranemista. 3D-mallin keventyminen tekee mallin käsittelystä nopeampaa ja sulavampaa, mikä nopeuttaa osaltaan työskentelemistä. Työn mielekkyyden paraneminen puolestaan heijastuu työntekijöiden tehokkuuteen ja sitä kautta nostaa myös rahallista tulosta.

11 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Vaasan ABB:n muuntajatehtaan rakennesuunnitteluun keväällä 2012. Työssä käytettiin suurimmaksi osaksi Pro ENGINEER Wildfire 4.0-ohjelmaa. Pääpaino työn tekemisessä oli yleisohjeen laatimisessa, mutta työhön sisältyi myös kuvantojen tekemistä ja hieman 3D-mallintamista.

Työn tavoitteena oli luoda yleisohje muuntajan rakenteissa käytettävistä liitostyypeistä ja niissä käytettävistä kiinnityselimistä. Tavoitteena oli myös luopua kiinnityselinten mallintamisesta ja osaluetteloinnista. Työssä paneuduttiin korroosion estämiseen ja eri materiaalien yhteensopivuuteen liitoksissa. Työ laadittiin suomenkielisenä sekä englanninkielisenä, jotta sitä voitaisiin hyödyntää myös muissa ABB:n muuntajatehtaissa

Työ alkoi tarvemäärittelyllä, jossa käytiin läpi kaikki mitä ohjeeseen sisällytetään. Tämän jälkeen muokattiin muuntajan 3D-mallia sellaiseksi, että siitä löytyi kaikki työhön sisällytettävät komponentit ja liitostyypit. Tämän ansiosta ohjeesta saatiin helposti muokattava ja päivitettävä jälkikäteen, mikä olikin yksi työn tavoitteista.

Työn tuloksena syntyi yleisohje kiinnitysosista, jossa on kerrottu oikeiden kiinnitysosien, sekä niiden materiaalien käyttö erityyppisissä liitoksissa muuntajassa. Työn tuloksena korjattiin myös joitakin virheellisiä toimintamenetelmiä tietyissä liitoksissa, kuten esimerkiksi venttiilin ja laipan liitos.

LÄHTEET

- /1/ ABB lyhyesti [viitattu 15.2.2012] Saatavilla internetissä: <<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/657dfdcf6e344cc7c1256b20003149ae.aspx>>
- /2/ ABB tänään. ABB:n sisäinen powerpoint-esitys yhtiön toiminnasta ja avainlukuista.
- /3/ Aromaa, J. 2005. Korroosionestotekniikan perusteet. Espoo. Otamedia OY.
- /4/ Energinen elinkeinoelämä. [viitattu 15.2.2012] Saatavilla internetissä: <http://www.vasek.fi/energinen-elinkeinoelama>
- /5/ EnergyVaasa –Pohjoismaiden merkittävin energiateknologian keskittymä [viitattu 15.2.2012] Saatavilla internetissä: <<http://www.energyvaasa.fi/yleista>>
- /6/ Korpela, J (1996) Ohjeen kirjoittaminen [viitattu 28.2.2012] Saatavilla internetissä: <<http://www.cs.tut.fi/~jkorpela/kirj/7.7.html>>
- /7/ Korpela, J (2007) Standardi, mikä se on? [viitattu 27.2.2012] Saatavilla internetissä: <http://www.cs.tut.fi/~jkorpela/stand.html>
- /8/ Korroosio [viitattu 28.2.2012] Saatavilla internetissä: <http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_2_1_6.php>
- /9/ Korroosio, pintakäsittely ja materiaalit. ABB:n sisäinen koulutusmateriaali
- /10/ Mekaniikka – korroosion esto [viitattu 28.2.2012] Saatavilla internetissä: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka.html>
- /11/ Melaskoski-Vistbacka (2009) Käyttöohjeen kirjoittaminen [viitattu 28.2.2012] Saatavilla internetissä: <<http://www.cs.tut.fi/~projekti/dokumentit/SMV-kayttoohje-24112009.pdf>>
- /12/ Metalliteollisuuden keskusliitto. 2001. Muokatut teräkset. Helsinki. Metalliteollisuuden keskusliitto OY
- /13/ Metallit – yleisohje [viitattu 29.2.2012] Saatavilla internetissä: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1301_2010.pdf>


- /14/ Muuntajatekniikan perusteet. ABB:n sisäinen koulutusmateriaali.
- /15/ Standardien hyödyt [viitattu 28.2.2012] Saatavilla internetissä:
<http://www.comlab.hut.fi/opetus/501/OLO2_kooste4.pdf>
- /16/ Sähkön siirto [viitattu 27.2.2012] Saatavilla internetissä:
<http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_siirto/sahkonsiirto.htm>
- /17/ Tekninen aineisto. ABB:n sisäinen koulutusmateriaali.
- /18/ Tietoa standardeista [viitattu 27.2.2012] Saatavilla internetissä:
<http://www.sfs.fi/standardisointi/tietoa_standardeista/>
- /19/ Tunturi. P.J. 1988. Korroosiokäsikirja. Hanko. Hangon kirjapaino OY.
- /20/ Yhden miehen unelmasta kasvoi menestyvä sähkökonetehdas. ABB:n sisäisen verkon artikkeli Gottfrid Strömbergistä.


We reserve all rights in this document and in the information contained herein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly prohibited. © Copyright ABB.

Version	Revision	Prepared	Date

TABLE OF CONTENTS

- 1. General
- 2. Background
 - 2.1 Galvanic corrosion
 - 2.2 Applying to the transformers
- 3. Most common bolt connections
 - 3.1 General parts
 - 3.2. Conservator
 - 3.3. Cover
 - 3.4. Tank
 - 3.5. Radiator
 - 3.6. Enclosure
 - 3.7. Busbar bridge

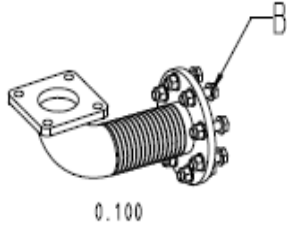
		Technical Drawing Title 30.4.2012 M.Simelius T.Perälä K.Salo	Drawing No. FIPTTR00790 A4 Project No. Drawing No. Enclosed No. 1ZX Y205900	Sheet No.: XX Total Sheets: 1 Version: A Size: A4 Page: 1 of 1
---	--	---	---	--

		Version	Revision	Prepared	Date
<p>1. General</p> <p>This manual describes the screw connections used in transformers and the correct use of the materials used in these connections. The manual includes the most common bolt connections of the external parts of the transformer.</p> <p>This manual is used unless otherwise mentioned in the assembly drawings.</p>					
<p>1. Yleistä</p> <p>Tämä ohje on tarkoitettu kuvaamaan muuntajissa käytettäviä ruuviliitoksia ja niissä käytettäviä oikeita materiaaleja. Tämä ohje sisältää yleisimmät ruuviliitokset muuntajan ulkoisista osista.</p> <p>Tätä ohjetta noudatetaan, ellei kokoonpanopiirustuksissa ole muuten mainittu.</p>					
		<p>Technical Drawing Title</p>		<p>Table State 1: XX</p>	
<p>Quota Ordering Designation</p> <p>GES</p>	<p>Tekijä Drawn By</p> <p>M. Simelius</p>	<p>Päivä Date</p> <p>30.4.2012</p>	<p>Liitteiden No. and Quantity</p> <p>FIPTR00790</p>	<p>Proj. Proj. No.</p> <p>Proj. Symbol</p>	
		<p>Tarkastus Reviewed Checked</p> <p>T. Perälä</p>	<p>Hyväksytty Approved</p> <p>K. Salo</p>	<p>Sheet No. and Type</p> <p>A4</p>	<p>Attachment No., Drawing No., Document No.</p> <p>1ZXY205901</p>
				<p>Version Versio</p> <p>A</p>	<p>Sheet Page</p> <p>1 of 1</p>

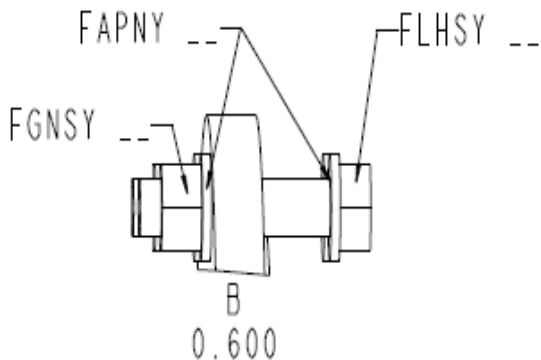
No reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly prohibited. © Copyright ABB.

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 prohibited. © Copyright ABB.

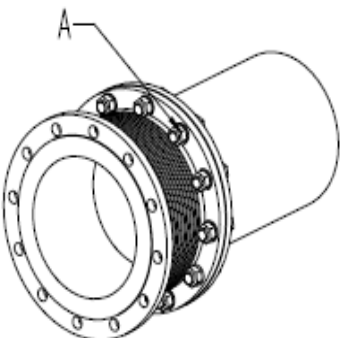
Version	Revision	Prepared	Date



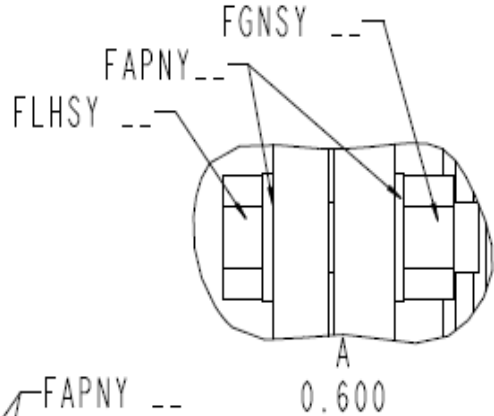
0.100



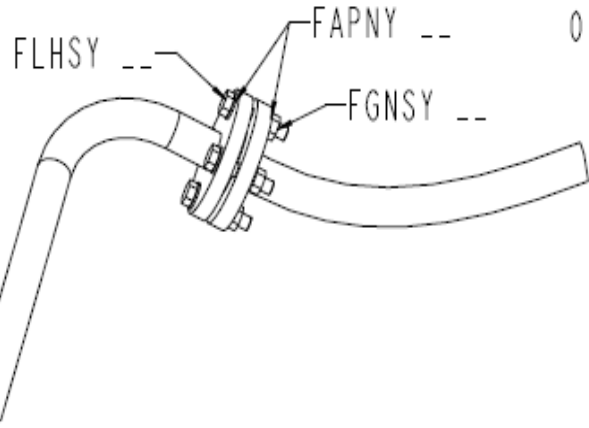
B
0.600




A



A
0.600



FLHSY -- FAPNY -- FGNSY --

	Flexible pipe connections	Scale: 1:XX
Order Drawing Department GES	Title Date 30.4.2012 M. Simelius	Drawing No. (11) Connecting FIPTTR00790 Part No. A
	Checked T. Perälä Approved K. Salo	Project No. Drawing No. Document No. A4 1ZXY205918 Sheet Page 1 of 1