



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Lindegård

KOESTUSJÄRJESTELYIDEN KARTOITUS

Hitachi ABB Power Grids

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Niko Lindegård
Opinnäytetyön nimi	Koestusjärjestelyiden kartoitus
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	36 + 2 liitettä
Ohjaaja	Marko Rantasalo ja Jesse Kortesoja

Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa kaikki muuntajan koestusjärjestelyissä käytettävät osat ja kokoonpanot Vaasan muuntajatehtaalla. 3D-mallit ja niiden piirustustiedostot kerättiin yhden ja saman kansion alle. Malleista tehtiin interchange-kokoonpano nopeuttamaan suunnittelun läpimenoaikaa. Informatiivinen layout tehtiin tukemaan kyseistä kansiota ja se sisältää tarkemmat tiedot koestusjärjestelyistä.

Opinnäytetyössä käytettiin apuna Creo Parametric -suunnitteluohjelmaa. Ohjelman avulla tehtiin uusia malleja ja päivitettiin vanhoja. Myös interchange-kokoonpano luotiin Creon avulla.

Työn lopputulokseksi saatiin toimiva interchange-kokoonpano, josta on helppo valita haluttu koestusjärjestely muuntajaan. Kokoonpano toimii yhdessä informatiivisen layoutin kanssa. Järjestelyiden tunnistamista helpotettiin uusilla ohjeilla, jotka kerrotaan informatiivisessa layoutissa.

ABSTRACT

Author	Niko Lindegård
Title	Study of test arrangements
Year	2021
Language	Finnish
Pages	36 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Marko Rantasalo and Jesse Kortesoja

The subject for this thesis was to study all the parts and assemblies used in the transformer testing arrangements at the Vaasa transformer factory. The 3D-models and their drawing files were collected under one folder. The models were made into an interchange assembly to speed up the design passing time. The informative layout was made to support this folder and it contains more detailed information from the test arrangements.

The design part of the thesis was done with the Creo Parametric program. With the help of the program, new models were made, and old models were updated. The interchange assembly was also created by using Creo.

The result of the thesis was a functional interchange assembly from which it is easy to select the desired test arrangement for the transformer. The assembly works hand in hand with an informative layout. The identification of the arrangements was facilitated by new instructions, which are explained in the informative layout.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Tarveanalyysi ja nykytilan kuvaus.....	9
2	HITACHI ABB POWER GRIDS.....	10
2.1	Yritysten historia.....	10
2.2	Hitachi ABB Power Grids Suomessa.....	10
2.3	Vaasan muuntajatehdas.....	11
3	MUUNTAJA.....	12
3.1	Muuntajan toiminta ja rakenne.....	12
3.2	Aktiiviosa.....	13
3.3	Säiliö.....	14
3.4	Kansi.....	15
3.5	Paisuntasäiliö.....	15
3.6	Läpiviennit.....	16
3.7	Erilaiset varusteet.....	17
4	KOESTUS.....	18
4.1	Rutiinikokeet.....	18
4.1.1	Muuntosuhteen mittaus ja kytkentäryhmän tarkastus.....	18
4.1.2	Resistanssien mittaus.....	18
4.1.3	Oikosulkumittaus.....	18
4.1.4	Tyhjäkäyntimittaus.....	19
4.1.5	Ylijännitekoe.....	19
4.1.6	Eristyskoe.....	19
4.1.7	Syöksyjännitekoe.....	20
4.1.8	Käämikytkimen toimintakokeet.....	20

4.1.9	Apulaitteiden toimintakokeet ja ulkoisen johdotuksen eristyskoe	
	21	
4.2	Tyypikokeet.....	21
4.2.1	Lämpenemiskoe	21
4.2.2	Äänitasomittaus	21
4.2.3	Syöksyjännitekoe.....	21
4.3	Erikoiskokeet.....	22
4.3.1	Oikosulkukoe	22
4.3.2	Nollaimpedanssin mittaus.....	22
5	KOESTUSJÄRJESTELYT	23
5.1	Koestussäiliöt	25
5.2	Koestuskaulukset	25
6	CREO PARAMETRIC.....	27
6.1	Interchange-kokoonpanot	27
7	TYÖN ALKUVAIHEET.....	28
7.1	Työn tavoitteet.....	28
7.2	Suunnittelun alkutilanne.....	28
8	TYÖN TOTEUTUS.....	29
8.1	Kartoitus.....	29
8.2	3D-mallien kokoaminen ja päivitys.....	29
8.3	Informatiivinen layout	31
8.4	Interchange-kokoonpanon luominen	32
8.4.1	Käyttöönotto	34
9	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	36

KUVALUETTELO

Kuva 1. Aktiiviosa muuntajan sisällä.....	13
Kuva 2. Säiliö.....	14
Kuva 3. Kansi.....	15
Kuva 4. Paisuntasäiliö.....	16
Kuva 5. Läpivientejä.....	17
Kuva 6. Koestusjärjestelyt käytössä.....	23
Kuva 7. Läpivientikaapeli kytkettynä koestusläpivienttiin.....	24
Kuva 8. Erikoisläpivienti kytkettynä.....	24
Kuva 9. Koestussäiliöitä.....	25
Kuva 10. Koestuskaulus.....	26
Kuva 11. Mallinnettu koestuskaulus.....	30
Kuva 12. Koestuskaulusen mallipuu.....	30
Kuva 13. Interchange-kokoonpano koestussäiliöistä.....	32
Kuva 14. Reference Pairing Table.....	33
Kuva 15. Interchange-kokoonpano koestuskauluksista.....	33
Kuva 16. Replace-taulukko.....	34

LIITELUETTELO

LIITE 1. Informatiivinen layout

LIITE 2. Maalausvälilehti

Liitteitä ei julkaista liikesalaisuuksien vuoksi.

LYHENTEET JA TERMIT

ABB	Asea Brown Boveri
3D	Kolmiulotteisuus (three-dimensional)
Grid Automation	Ohjelmistot valvontaan ja automaatioon
Grid Integration	Sähköasemat
Transformers	Muuntajat ja reaktorit
High Voltage Products	Suurjännitetuotteet
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer aided design)
DXF	CAD tiedostomuoto (Drawing Interchange Format)
DWG	CAD tiedostomuoto (From Drawing)
PDF	Ohjelmistoriippumaton, siirrettävä tiedostomuoto (Portable Document Format)
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta (Product Lifecycle Management)
GG	Varastohallin nimitys

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Hitachi ABB Power Gridsille Vaasan muuntajatehtaalle. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa kaikki koestusjärjestelyihin käytettävät osat ja päivittää ne ajan tasalle. Työssä käytettiin apuna Creo Parametric -suunnitteluohjelmaa, jonka avulla kaikki koestusjärjestelyiden 3D-mallit lisättiin interchange-kokoonpanoiksi. Kokoonpanojen lisäksi tehtiin myös informatiivinen layout, josta selviää koestusjärjestelyiden oleelliset tiedot.

1.1 Tarveanalyysi ja nykytilan kuvaus

Suunnittelu on tärkeä osa muuntajien tuotannossa, johon kuluu valtavasti aikaa. Tämä työ tehtiin suunnittelun läpimenoajan lyhentämiseksi ja auttamaan oikean järjestelyn valinnassa. Työ tuli todella tarpeeseen, sillä suunnittelulla ei ollut selkeää tietokantaa talossa olevista järjestelmistä tai niiden 3D-malleista. Tähän asti suunnittelijat ovat joutuneet selvittämään ja etsimään koestusjärjestelmiä tietokannasta missä on tuhansia tiedostoja ja tietämättä siitä onko niitä oikeasti edes tehtaalla olemassa.

2 HITACHI ABB POWER GRIDS

Hitachi ABB Power Grids -yhteisyritys syntyi 01.07.2020, kun japanilaisjätti Hitachi osti ABB:n Power Grids -toiminnan. Hitachin osuus kaupassa oli 80,1 % ja ABB -konsernin 19,9 %. Yhdistymisen myötä yritys työllistää maailmanlaajuisesti 36 000 ihmistä yli 90 maassa. Yrityksellä on neljä globaalia liiketoiminta-aluetta: Grid Automation, Grid Integration, High Voltage Products ja Transformers /1/. Yhteisyrityksen liiketoiminnan volyymi on noin 10 miljardia Yhdysvaltain dollaria ja pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. Hitachi ABB Power Grids on edelläkävijä teknologiajohtajana, joka suunnittelee ja kehittää älykkäitä ja ympäristöystävällisiä sähköverkkoja. /2/

2.1 Yritysten historia

Hitachi on japanilainen teknologiajätti, joka on perustettu vuonna 1910. Vuonna 1911 Hitachi kehitti ensimmäisen 2-kVa-muuntajan ja siitä alkoi yrityksen nousu teknologian huipulle. Hitachilla on ollut näppinsä pelissä teknologian kanssa koko historiansa ajan ja suurimpiin keksintöihin kuuluvat täysin automaattinen tiskikone, tietokoneet, kosketusnäytöt sekä sähköverkkojen kehitykset. /3/

ABB-yhtymä syntyi, kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdistivät sähkötekniset liiketoimintansa vuonna 1988. Ennen ABB-yhtymän syntymistä Vaasassa valmistettiin 1940-luvulta alkaen muuntajia ja generaattoreita Oy Strömberg Ab -nimisen yhtiön nimissä. Vuonna 1983 Kymi-Kymmenen ja Strömberg fuusioituivat yhdeksi ja yritys sai nimekseen Kymi-Strömberg. Kolmen vuoden kuluttua yritys siirtyi Asealle vuonna 1986. /4/

2.2 Hitachi ABB Power Grids Suomessa

Hitachi ABB Power Grids suunnittelee, valmistaa, toimittaa ja huoltaa Suomessa muuntajia ja reaktoreita, sähköverkon hallinnan ohjaus-, automaatio- ja valvonta-

järjestelmiä ja -projekteja sekä siirto- ja jakeluverkoston ratkaisuja. Yritys valmistaa myös sähköasemakokonaisuuksia energia- ja sähköyhtiöille, teollisuuteen, liikenteeseen ja infrastruktuurikohteisiin. /5/

Suomessa yrityksellä on toiminnassa kolme liiketoiminta-aluetta: Grid Automation, Grid Integration ja Transformers. Yhteisyritys työllistää Suomessa noin 550 henkilöä, joista Vaasassa noin 450. Toimintaa on yhdellätoista paikkakunnalla, joista Vaasan toimipiste on suurin. /2/

2.3 Vaasan muuntajatehdas

Vaasan muuntajatehtaalla valmistetaan sähkölaitosmuuntajia ja erikoismuuntajia, kuten uuni- ja tasasuuntaajamuuntajia, laiva- ja offshore-muuntajia, taajuusmuuttajakäyttöjen ja rautateiden sähköistysverkon muuntajia sekä kuristimia 63 MVA:n tehoon ja 170 kV:n jännitteeseen asti. Muuntajatehtaalta valmistuu vuosittain noin 450 muuntajaa. Muuntajien huolto, suunnittelu ja tuotekehitys toimivat Vaasan toimipisteellä. /6/

3 MUUNTAJA

Muuntaja on yli 100 vuotta vanha keksintö. Sen rakenne on pääpiirteittäin pysynyt samana koko ajan. Muuntaja muuntaa jännitteen verkkoon sopivalle tasolle ja se on yksi sähköverkon avainkomponenteista. /6/

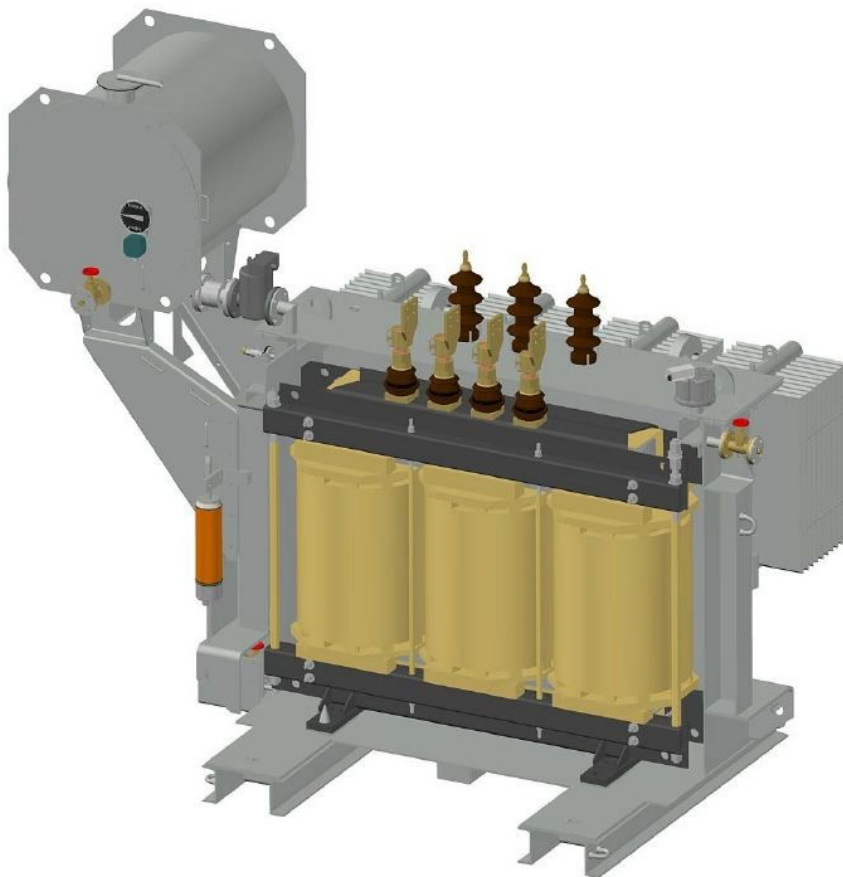
3.1 Muuntajan toiminta ja rakenne

Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Yksi tärkeimmistä elementeistä on aktiiviosa, joka koostuu magneettisesti johtavasta rautasydäimestä ja käämityksistä, joita muuntajassa on yleensä vähintään kaksi kappaletta, ensiö- ja toisiokäämi. Ensiökäämiin syötetään teho, joka tulee ulos toisiokäämistä. Kun muuntajan ensiökäämiin kytketään vaihtojännite, muodostuu rautasydämeen muuttuva magneettivuo. Kun magneettivuo lävistää samalla sydämellä olevan toisiokäämin, indusoituu siihen jännite, jolloin teho saadaan siitä ulos. Ensiö- ja toisiojännitteiden suuruudet ovat suoraan verrannollisia käämien kierroslukujen suhteeseen ja ensiö- ja toisiovirrat puolestaan ovat kääntäen verrannollisia kierroslukujen suhteeseen. Yläjännite on muuntajan suurin jännite, kun taas alajännite on muuntajan pienempi jännite. Erikoismuuntajassa voi olla useita alajännitteitä. /7/

Muuntajan rakenne koostuu pääpiirteittäin aktiiviosasta, säiliöstä, kannesta ja paisuntasäiliöstä. Muuntajassa on näiden lisäksi myös läpivientejä ja mahdollisesti radiaattoreita, jotka huolehtivat muuntajan jäähdytyksestä. Lisävarusteita löytyy paljon ja ne räätälöidään aina projektikohtaisesti asiakkaan tarpeiden mukaisesti.

3.2 Aktiiviosa

Aktiiviosa (Kuva 1) koostuu rautasydämeestä ja käämityksistä. Muuntajasydämen tehtävänä on ohjata magneettivuo kulkemaan haluttujen käämitysten kautta. Sydän rakennetaan raudasta piirin magneettisen vastuksen pienentämiseksi. Sydän koostuu pystysuunnassa olevista pylväistä, jotka yhdistetään toisiinsa ylä- ja alaikeillä. Sydänlevyrainat leikataan pituussuunnassa halutun mittaiseksi, jonka jälkeen ne ladotaan pylväiksi. Sydänlevynä käytetään kidesuunnattua muuntajalevyä, jossa magneettivuo pääsee kulkemaan helposti levyn pituussuuntaan, mutta kohtaa suuren vastuksen poikittaissuunnassa. Kolmivaihemuuntajassa on yleensä kolme pylvästä, kun taas yksivaihemuuntajassa on kaksi pylvästä. Sydämen poikkipinta-alan suuruus on riippuvainen muuntajan tehosta.



Kuva 1. Aktiiviosa muuntajan sisällä.

Käämit valmistetaan sähköalumiinista tai puhtaasta kuparista. Käämien eristys tehdään muuntajapaperilla. Eristyspaksuus valitaan käämissä esiintyvän jännitetasituksen ja käämityyppin mukaan. Käämien sijoituksessa alajännitekäämi tulee yleensä lähemmäksi sydäntä, koska se on pienemmän jännitteen vuoksi helpompi eristää sydäimestä. Käämeihin voidaan tehdä jäähdytyskanavia missä öljy pääsee kiertämään. Käämien lämpöhäviö siirtyy virtaavaan öljyyn ja kulkeutuu sitä kautta pois käämeistä. /7/

3.3 Säiliö

Säiliö (Kuva 2) toimii muuntajan kantavana runkona, jonka sisälle aktiiviosa asennetaan. Samalla säiliö toimii öljysäiliönä ja jäähdyttimenä sekä aktiiviosan suojana. Säiliön täytyy olla öljytiivis ja kestävä ympäristörasitukset. Säiliö koostuu seinälevyistä, pohjalevystä sekä kaulavanteesta, jotka kaikki hitsataan yhteen kokoonpanohitsauksessa. Säiliö täytetään öljyllä, joka toimii muuntajassa jäähdytysnesteenä ja sähköisenä eristeenä. /7/



Kuva 2. Säiliö.

3.4 Kansi

Yleensä aktiiviosa on kiinni kannessa (Kuva 3), joka asennetaan muuntajan säiliön päälle. Kannella suljetaan muuntajan säiliö ja kiinnitys tapahtuu hitsaamalla tai pulttiliitoksilla. Muuntajan kansi on yleensä täynnä erilaisia laippoja ja liitoksia, joihin tarvittavat lisävarusteet kiinnitetään. /7/

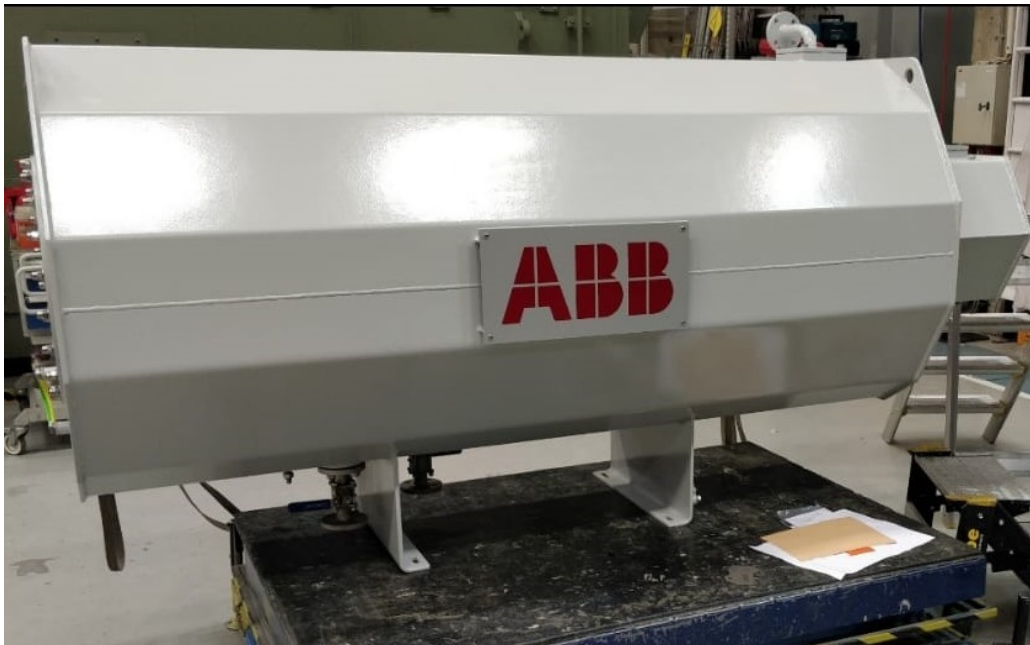


Kuva 3. Kansi.

3.5 Paisuntasäiliö

Paisuntasäiliö (Kuva 4) toimii öljyn paisuntatilana. Paisuntasäiliöllä varmistetaan, että muuntajassa on aina riittävästi öljyä. Öljyn lämpötilan muuttuessa myös öljyn tilavuus muuttuu ja tämän takia öljyn pinnan vaihtelu tapahtuu paisuntasäiliössä. Paisuntasäiliö mitoitetaan siten, että öljyn lämpötilan ollessa korkeimmillaan paisuntasäiliön on oltava lähes täynnä. Öljyn ollessa kylmää paisuntasäiliössä on silti

oltava öljyä. Tällä varmistetaan muuntajan riittävä öljymäärä. Joissain tapauksissa voidaan käyttää kumisäkkiä estämään öljyn ja ilman suora kosketus, jonka tarkoituksena on vähentää öljyn kostumista pitkällä aikavälillä. /7/



Kuva 4. Paisuntasäiliö.

3.6 Läpiviennit

Läpivientien (Kuva 5) kautta muuntaja kytketään sähköverkkoon. Läpiviennit toimivat eristeinä kytkentäjohtimien ja maapotentiaalissa olevan muuntajan rakenteiden välillä. Läpiviennit asennetaan yleensä muuntajan kannelle, mutta ne voidaan asentaa myös muuntajan kylkeen. Yleisimmät läpiviennit ovat posliiniläpivientejä. Posliiniläpivienti koostuu posliinieristimestä, jonka sisällä on kupari- tai messinkitanko. Suuremmilla jännitteillä käytetään kondensaattoriläpivientejä, jonka lisäksi käytössä on myös pistoke- ja kiskoläpivientejä. /7/



Kuva 5. Lähivientejä.

3.7 Erilaiset varusteet

Muuntajaan voidaan asentaa erilaisia varusteita tilanteista ja asiakkaan vaatimuksesta riippuen. Yleisiä varusteita ovat radiaattorit, kaasureleet, virtamuuntajat, ylipaineventtiilit, käämikytkimet sekä lämpömittarit ja ilmankuivaimet. /7/

4 KOESTUS

Muuntajan valmistuttua sille tehdään vielä loppukokeet, jotka sen on läpäistävä ennen asiakkaalle toimitusta. Muuntajan on kestettävä jännitekokeet ja täytettävä sille vaaditut arvot. Loppukokeet tehdään normaalisti IEC 60076 -standardin mukaan. Kokeet jaetaan rutiini, tyyppi- ja erikoiskokeisiin. Rutiinikokeet tehdään kaikille muuntajille, kun taas tyyppikokeet tehdään yhdelle muuntajalle muuntajasarjasta. Erikoiskokeet ovat asiakkaan vaatimuksista tehtäviä erilaisia kokeita. Muuntajien koestus tapahtuu aina suojaetuilla ja sille määrätyillä alueilla. /7/

4.1 Rutiinikokeet

4.1.1 Muuntosuhteen mittaus ja kytkentäryhmän tarkastus

Rutiinikokeisiin kuuluu muuntajan muuntosuhteen mittaus ja kytkentäryhmän tarkastus. Muuntosuhteen mittaus tehdään jokaisen käämityksen väliltä kaikissa käyttökytkennöissä ja säätöasunnoissa. Mittauksessa todetaan myös muuntajan kytkentäryhmä ja tarkastetaan käämien kierrosmäärä sekä käämityksien kytkennät. /7/

4.1.2 Resistanssien mittaus

Muuntajan käämityksien jokaiselta vaiheväliltä mitataan resistanssit tasavirralla. Mittaus tehdään kaikissa säätöasunnoissa ja käyttökytkennöissä. Resistanssien lisäksi mitataan käämitysten lämpötilat. Mittauksella varmistetaan, että liitokset on tehty hyvin ja käämitykset on kytketty oikein. /7/

4.1.3 Oikosulkumittaus

Oikosulkumittauksella määritetään muuntajan kuormitushäviöt ja oikosulkuimpedanssi nimellistaajuudella ja -virralla kaikkien käämitysten välillä nimellismuuntosuhteella ja säätöalueen ääri-asunnoissa. Kuormitushäviöt johtuvat käämeissä ja

johdotuksissa tapahtuvista tasavirtahäviöistä sekä muuntajan rautaosissa ja käämeissä tapahtuvassa lisähäviössä, jonka aiheuttaa hajavuo. Kuormitushäviöiden toleranssi on 15 %. /7/

4.1.4 Tyhjäkäyntimittaus

Tyhjäkäyntimittauksella määritetään muuntajan tyhjäkäyntihäviöt ja tyhjäkäyntivirta nimellisjännitteellä ja -taajuudella. Tyhjäkäyntihäviöiden toleranssi on 15 % ja ne johtuvat pääasiassa sydämen rautahäviöistä. /7/

4.1.5 Ylijännitekoe

Kokeella varmistetaan, että käämien sisäiset eristykset kestävät kierrosten, kerrosten, vyyhtien ja vaihteiden välillä käytössä esiintyviä jatkuvia käyttöjännitteitä, hetkellisiä ylijännitteitä ja kytkentäylijännitteitä. Ylijännitekoe tehdään tyhjäkäyntikytkennässä, jossa alajännitepuolelta syötetään kaksinkertainen nimellisjännite. Koe tehdään korotetulla taajuudella sydämen kyllästymisen estämiseksi. Jännitteen on pysyttävä vakaana koko kokeen ajan, eikä äkillistä virranmuutosta sallita.

Muuntajan nimellisjännitteen ollessa suurempi kuin 72,5 kV, suoritetaan sille ylijännitekokeen yhteydessä osittaispurkumittaus rutiinikokeena. Mittauksella varmistetaan, ettei muuntajan eristysrakenteissa esiinny suuria purkauksia, jotka pahimmassa tapauksessa voivat aiheuttaa muuntajan vaurioitumisen. Osittaispurkauksia voivat aiheuttaa epäpuhtaudet eristysrakenteissa, terävät kärjet, koestus ja kaasut eristyksissä ja öljyssä. /7/

4.1.6 Eristyskoe

Eristyskokeella varmistetaan muuntajan käämitysten väliset sekä käämitysten ja maan välisten eristysten kestävyys, kun käytössä esiintyy jatkuvia käyttöjännitteitä, kytkentäylijännitteitä ja hetkellisiä ylijännitteitä. Eristyskoe suoritetaan 1-vaiheisella jännitteellä käyttötaajuudella. Koestettava käämitys oikosuljetaan, jolloin siihen kytketään koejännite. Säiliö ja muut käämitykset ovat maadoitettuna.

Käytettävät koejännitteet on standardoitu muuntajan nimellisjännitteen perusteella. Kokeen aikana jännitteen on pysyttävä vakaana, eikä äkillisiä virranmuutoksia sallita. /7/

4.1.7 Syöksyjännitekoe

Syöksyjännitekoe lasketaan rutiinikokeeksi, kun muuntajan nimellisjännite on suurempi kuin 72,5 kV. Jännitteen ollessa pienempi tai yhtä suuri kuin 72,5 kV silloin syöksyjännite on tyyppikoe. Kokeen tarkoituksena on varmistaa muuntajan eristyksien kestävyys ilmastollisten ylijännitteiden, esimerkiksi salamaniskujen varalta. Syöksyjännitekoe rasittaa erityisesti käämien sisäisiä eristyksiä. Suoritus tapahtuu syöttämällä muuntajan yhteen vaiheliittimeen kerrallaan standardin mukainen syöksyjänniteaalto. Aalto saadaan aikaiseksi syöksyjännitegeneraattorilla ja kokeen aikana säiliö ja muut vaiheliittimet ovat maadoitettuna. Koejännitteet on standardoitu muuntajan nimellisjännitteen perusteella. Jännitteen on pysyttävä koko kokeen aikana vakaana eikä äkillisiä virranmuutoksia sallita. Jännitteen käyrämuodon tulee pysyä identtisenä pienemmällä jännitteellä tehtyyn referenssikokeeseen verrattuna. /7/

4.1.8 Käämikytkimen toimintakokeet

Käämikytkimelle tehdään rutiinikokeet valmistajan puolesta, mutta sen toiminta ja ohjaimien toiminta tarkastetaan muuntajaan kytkennän jälkeen loppukoestuksen yhteydessä. Koe tehdään ajamalla käämikytkintä ääriasennosta toiseen. Lisäksi käämikytkintä ajetaan kymmenen kertaa keskiasennosta kaksi säätöaskelta kumpaankin suuntaan. Muuntajaan syötetään noin nimellisvirtaa vastaava virta oikosulkukytkennässä. Ohjaimessa on nimellisjännite. /7/

4.1.9 Apulaitteiden toimintakokeet ja ulkoisen johdotuksen eristyskoe

Rutiinikokeiden viimeisessä kohdassa tarkastetaan muuntajan apulaitteiden hälytys- ja laukaisukoskettimien toiminta, moottoreiden pyörimissuunta ja niiden suojalaitteiden toiminta. Käämin lämpötilankuvaaja asetellaan tässä vaiheessa. Ulkoiselle johdotukselle tehdään eristyskoe 2 kV:n jännitteellä. /7/

4.2 Tyyppikokeet

4.2.1 Lämpenemiskoe

Lämpenemiskokeella varmistetaan, ettei muuntajan öljy tai käämit lämpene tietyllä kuormituksella standardien mukaisten tai sovittujen arvojen yli. Lämpenemiskokeessa muuntajaan syötetään teho, joka on kuormitus- ja tyhjäkäyntihäviöiden summa. Muuntajaa lämmitetään tällä teholla jatkuvuustilaan, jonka jälkeen mitataan öljyn lämpenemä ympäröivän jäähdytysaineen suhteen. Tämän jälkeen muutetaan syöttövirta nimellisvirran suuruiseksi ja koe jatkuu yhden tunnin ajan. Lämpenemiskokeen lopuksi mitataan käämien kuumaresistanssit. Kuumaresistansseista saadaan laskettua käämien lämpenemät ja monikäämitysmuuntajassa tämä koe tehdään erikseen jokaiselle käämitysparille. /7/

4.2.2 Äänitasomittaus

Äänitasomittauksen avulla tarkistetaan täyttääkö muuntajan äänitaso sille asetetut vaatimukset. Muuntaja sijoitetaan äänitasomittauksen ajaksi koepaikalle siten että sen vapaa etäisyys on riittävä. Mittauksessa käytetään äänitasomittaria, joka täyttää standardien vaatimukset. Äänitasomittaus suoritetaan nimellisjännitteellä ja -taajuudella. /7/

4.2.3 Syöksyjännitekoe

Luvusta 4.1.7 selviää, kuuluuko syöksyjännitekoe rutiini- vai tyyppikokeisiin.

4.3 Erikoiskokeet

4.3.1 Oikosulkukoe

Oikosulkukokeella varmistetaan, että muuntaja kestää oikosulkuvirran aiheuttamat suuret mekaaniset rasitukset. Muuntajaa syötetään generaattorilla kolmivaiheisella jännitteellä toisen käämityksen ollessa oikosulussa. Oikosulkuvirta säädetään vastaamaan muuntajalle määriteltyä oikosulkukestoisuutta. /8/

4.3.2 Nollaimpedanssin mittaus

Nollaimpedanssi määritetään yleensä kaikille tähtikytkentäisille käämityksille, joita muuntajassa esiintyy. Mittaus tehdään syöttämällä nimellistaajuinen virta yhteen kytkettyjen vaihejohtimien ja tähtipisteen välille. Nollaimpedanssia tarvitaan maasulkusuojausta ja maasulkuun liittyviä laskuja varten. /8/

5 KOESTUSJÄRJESTELYT

Koestusjärjestelyt (Kuva 6) ovat tärkeitä ja varmatoimisia, joita käytetään muuntajan koestuksessa. Yleensä muuntajat pyritään koestamaan ilman koestusjärjestelyitä, mutta erikoistilanteissa järjestelyitä tarvitaan koestuksen suorittamiseksi. Tätä järjestelyä tarvitaan, kun muuntajassa käytetään erikoisläpivientejä. Koestusjärjestelyssä läpivientikaapeli kytketään suoraan koestusläpivienteihin (Kuva 7), jolloin erikoisläpivienti on poistettu koestuksen ajaksi. Kun koestukset ovat ohi, kytketään erikoisläpivienti takaisin (Kuva 8).

Koestusjärjestelyitä käytetään koska erikoisläpivienteihin liittyminen vaatii erikoisia kaapelipäätteitä, jotka ovat todella kalliita verrattuna posliiniläpivienteihin ja niillä on pitkät toimitusajat vaikean valmistettavuuden vuoksi. Kaapelipäätteet eivät kestä syöksyjännitteitä, vaan ne vaurioituvat ja alkavat aiheuttamaan osittaispurkauksia. Vaurioituneita kaapelipäätteitä ei voida käyttää ja uusia ei ole välttämättä heti saatavilla. Tämän takia muuntajan läpimenoaika viivästyy ja kustannukset nousevat. Koestustilanteessa on myös huomattu kaapelipäätteiden antavan virheellisiä arvoja, joka taas vaikeuttaa vian etsimistä. Tilanteessa on vaikea arvioida, johtuvatko virheet muuntajasta, kaapelipäätteestä vai erikoisläpivienneistä. Kaapelipäätteet vaativat myös lattialla olevan jännitesyötön, jolloin muuntajan siirtely tehtaalla vaikeutuu eri koestuspisteiden välillä. Koestusjärjestelyllä varmistetaan, että koestetaan muuntajaa eikä kaapelipäätteitä tai läpivientejä. Koestusjärjestelyihin kuuluu koestussäiliöitä ja koestuskauluksia.



Kuva 6. Koestusjärjestelyt käytössä.



Kuva 7. Läpivientikaapeli kytkettynä koestusläpivientiin.



Kuva 8. Erikoisläpivienti kytkettynä.

5.1 Koestussäiliöt

Koestussäiliöt (Kuva 9) ovat yleensä lieriömäisiä ja ne ovat hitsattavia kokoonpanoja. Niitä suunniteltaessa on huomioitava muuntajan tarvittavat ilmavälit läpivienneille. Suunnittelussa on siis otettava huomioon taivutuskulma sekä riittävän suuri halkaisija säiliöille. Koestussäiliöissä myös sisäpuolisen pohjamaalauksen täytyy olla riittävän paksu eristyksen vuoksi. Koestussäiliöissä käytetään omia posliinisia koestusläpivientejä, joiden toiminta on todettu varmaksi ja niitä käytettäessä ei tarvitse tuhata aikaa miettimiseen, johtuvatko virhearvot muuntajasta vai viallisista päätteistä tai läpivienneistä. Läpivientikaapeli kulkee koestussäiliön ja tarvittaessa myös koestuskauluksen läpi.



Kuva 9. Koestussäiliöitä.

5.2 Koestuskaulukset

Koestuskauluksia (Kuva 10) käytetään apuna koestuksessa koestussäiliöiden yhteydessä. Ne toimivat välikappaleina muuntajanreiän ja koestussäiliön välissä, jos muuntajassa oleva reikä ei sovi suoraan säiliöön tai tarvittavia ilmavälejä ei saavuteta ilman niitä. Kaulukset ovat halvempia ja rakenteeltaan helpompia valmistaa kuin säiliöt, jonka takia niiden käyttö on yleistä. Varastointikustannukset ovat myös pienemmät kuin säiliöillä, sillä ne vievät vähemmän tilaa. Kauluksia on monia

erilaisia ja olemassa olevia pyritään aina käyttämään. Mikäli varastosta ei löydy sopivaa, valmistetaan silloin uusi koestuskaulus.



Kuva 10. Koestuskaulus.

6 CREO PARAMETRIC

Creo Parametric on nykypäivän johtavia 3D CAD -suunnitteluohjelmia. Ohjelman on kehittänyt yhdysvaltalainen Parametric Technology Corporation (PTC). Mallintaminen tapahtuu Creossa pääpiireittäin samalla tavalla kuin muissakin suunnitteluohjelmissa. Mallit luodaan ensin 2D-luonnokseksi, jonka jälkeen siitä voidaan pursottaa osakokonaisuus tai pyöräyttää akselien ympäri, jolloin mallista saadaan kolmiulotteinen. Creo Parametric -suunnitteluohjelmisto on käyttäjälle todella helppokäyttöinen yksinkertaisen rakenteensa vuoksi. Kaikki hakemistot ja suunnitteluvälineet löytyvät helposti, joka tekee mallintamisesta joutuisaa. Creon vahvuuksiin kuuluu parametrisuus, jonka avulla suunnittelua saadaan automatisoitua. Tämä taas nopeuttaa koko suunnitteluprosessin läpimenoaikaa. Creo Parametric tunnettiin ennen nimellä Pro/ENGINEER.

6.1 Interchange-kokoonpanot

Interchange-kokoonpano on yksi Creon työkaluista, jonka avulla komponenttien korvaaminen toisella komponentilla on nopeaa ja helppoa. Interchange-kokoonpano on ympäristö, johon voi määrittää vaihdettavia malleja kokoonpanossa. Kokoonpanossa malleihin luodaan referenssipisteitä, joiden avulla mallin uudelleenpaikoitus käy helposti. Referenssipisteiden sijasta voidaan käyttää myös koordinaatistoja mallien paikoitukseen. Interchange-kokoonpanoa hyödynnetään malleissa, joilla on sama käyttötarkoitus ja ne ovat rakenteeltaan samanlaisia. Kokoonpanosta on helppo löytää oikea vaihtoehto ja korvata se uudella. /9/

7 TYÖN ALKUVAIHEET

Opinnäytetyö aloitettiin perehdytystilaisuudella, jossa tutustuttiin muuntajan koestukseen Vaasan muuntajatehtaalla. Perehdytyksessä käytiin läpi koestuksen eri vaiheita ja koestusjärjestelyiden käyttötarkoituksia. Tilaisuuden jälkeen päästiin seuraamaan koestusta koekentälle ja katsomaan kuinka se tapahtuu käytännössä.

7.1 Työn tavoitteet

Perehdytystilaisuuden jälkeen käytiin läpi työn tavoitteita. Tavoitteeksi määriteltiin, että kaikki koestusjärjestelyihin liittyvät osat tulisi kartoittaa ja päivittää ajan tasalle. Tähän kuuluisi vanhojen koestuskauluksiensa ja säiliöiden romutus, joita ei enää käytetä. Tavoitteeksi määriteltiin myös parannusehdotuksien toteuttaminen, mikäli sellaisia saadaan koekentän henkilöstöltä. Kaikki 3D-mallien tiedostot ja kuvat kasattaisiin yhteen ja samaan kirjastoon. Kyseisistä malleista tehtäisiin interchange-kokoonpanot, jotka helpottaisivat tulevaisuudessa mallien vaihtoa ja paikoitusta muuntajan rakenteella. Kokoonpanojen lisäksi päätettiin tehdä myös informatiivinen layout, josta selviää koestusjärjestelyiden oleellimmat tiedot. Informatiivinen layoutin tarkoitus on tukea Mechanical Design System -ohjelmasta löytyviä koestusjärjestelyitä. Ohjelma on PLM-tyyppinen ohjelmisto.

7.2 Suunnittelun alkutilanne

Suunnittelu on tärkeä osa muuntajien tuotannossa, johon kuluu valtavasti aikaa. Tämän opinnäytetyön avulla vähennetään suunnittelun läpimenoaikaa ja se auttaa oikean koestusjärjestelyn valinnassa. Suunnittelulla ei ole selkeää tietokantaa valmiina, josta selviäisi kaikki talossa olevat järjestelyt. 3D-mallit ovat sekaisin tuhansien eri projektien alla, joka vaikeuttaa oikean järjestelyn löytämistä. Kun kaikki mallit ja tiedostot ovat yhdessä kirjastossa, se säästää paljon aikaa etsimiseltä ja turhalta selvitystyöltä.

8 TYÖN TOTEUTUS

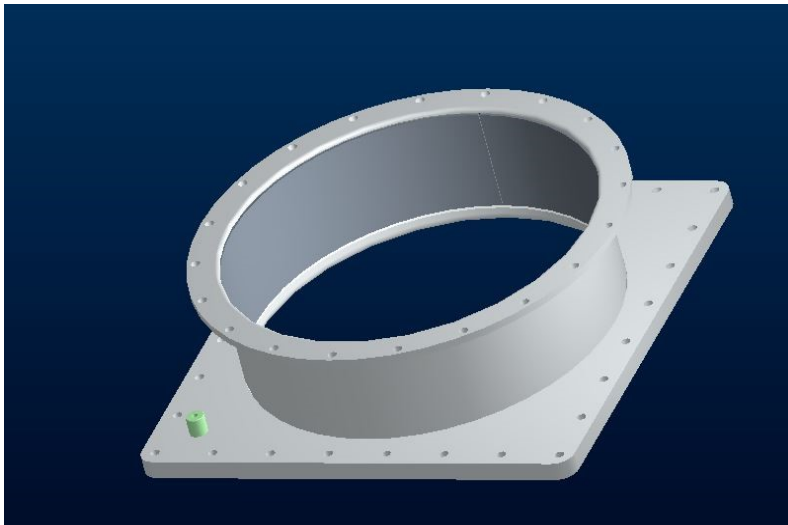
Työn toteutus päästiin aloittamaan hyvissä ajoin ja siinä seurattiin selkeää suunnitelmaa, joka laadittiin ohjaajan kanssa ennen varsinaisen työn aloitusta. Käytännönoisuus sisälsi 3D-mallinusta, vanhojen kuvien päivityksiä ja uusien luomista, tutkimus- ja selvitystyötä sekä informatiivisen layoutin tekemistä. Käytännönoisuus jaoteltiin eri vaiheisiin, jotka käydään läpi seuraavissa alaotsikoissa.

8.1 Kartoitus

Ensimmäisenä työvaiheena oli vuorossa koestusjärjestelyiden kartoitus. Kartoitus aloitettiin Piccolo Oy:n käyttämistä tiloista, jossa vastataan komponenttien varastoinnista GG-tehtaalla. Työssä käytiin läpi kaikki koestuskaulukset ja säiliöt, jotka löytyivät varastosta. Kartoituksessa kaikki löytyneet koestusjärjestelyihin kuuluvat osat ja niiden kappalemäärät kirjattiin ylös. Osista otettiin myös kuvat helpottamaan 3D-mallien tunnistamista ja jäljittämistä. Kartoituksen aikana selvisi, ettei kaikkia koestussäiliöitä säilytetä samassa tehtaassa, vaan niitä oli sijoiteltu ympäri eri tehtaita eikä niiden sijainnista ollut mitään selkeää tietoa. Tämä teki kartoituksesta hieman haastavampaa. Työpäivien aikana kartoitettiin yhteensä neljä eri tehdashallia, joista löytyi lisää koestusjärjestelyihin kuuluvia osia. Huomioon piti ottaa myös koestuksissa olevat muuntajat, joissa käytettiin järjestelyjä.

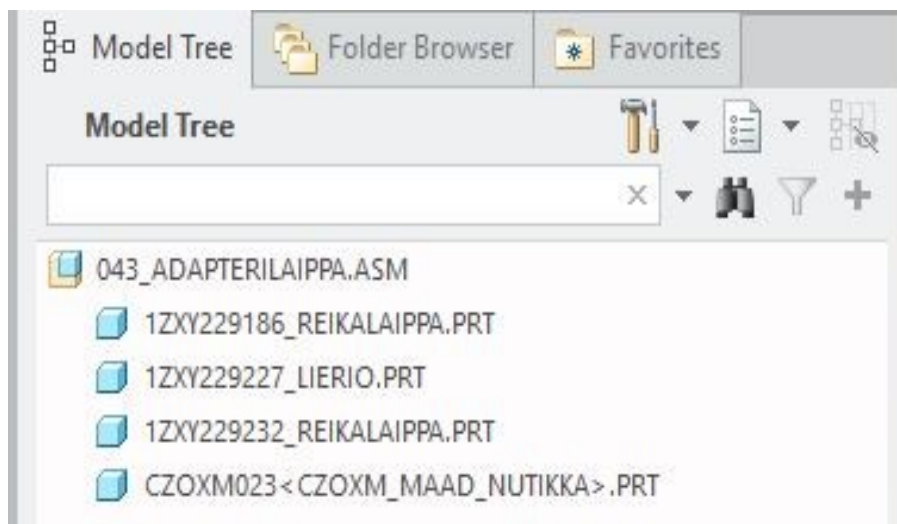
8.2 3D-mallien kokoaminen ja päivitys

3D-malleille tehtiin oma kansio, johon kerättiin koestusjärjestelyiden osat. Mallien keräämiseen kului todella paljon aikaa, sillä läpikäytyjä tiedostoja oli valtava määrä. Suurin osa kartoituksessa läpikäytyjen koestusjärjestelyiden malleista löydettiin, mutta osa mallinnettiin itse (Kuva 11).



Kuva 11. Mallinnettu koestuskaulus.

Tämän jälkeen käytiin jokainen malli yksitellen läpi ja tarkastettiin, että rakenne vastaa nykyistä olemassa olevaa koestusjärjestelyihin kuuluvaa osaa ja kokoonpanoa. Osa malleista oli Creon edeltäjän PRO/ENGINEERin aikoihin mallinnettuja ja niiden mallipuut olivat myös sen aikaisia, joten ne päivitettiin vastamaan nykyisiä mallipuita (Kuva 12).



Kuva 12. Koestuskaulusen mallipuu.

Seuraavaksi käytiin läpi jokaisen mallin piirustukset. Piirustuksissa tarkistettiin mallien mitat ja kuvat sekä lisättiin jokaiselle koestusjärjestelyihin kuuluvalla kokoonpanolle oma leimauskoodi, joka leimataan koestussäiliöön tai kaulukseen tunnistettavuuden helpottamiseksi. Piirustuksia läpikäydessä huomattiin, että

osalla malleista oli samoja piirustusnumeroita. Tämä tekisi interchange-kokoonpanon toiminnasta epävarmaa, sillä se voisi sekoittaa eri kokoonpanoja keskenään. Tämän takia kaikille osille ja kokoonpanoille, joissa oli käytössä samoja piirustusnumeroita, otettiin uudet piirustusnumerot. Uusien piirustusnumeroiden takia kaikille osille ja kokoonpanoille täytyi tehdä uudet DXF-, DWG- ja PDF-tiedostot.

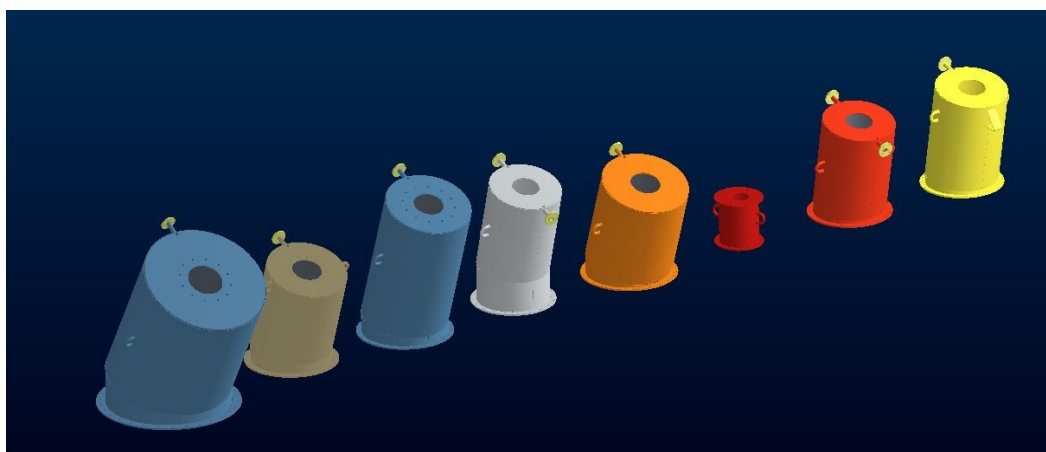
8.3 Informatiivinen layout

Informatiivinen layout päätettiin tehdä Excel-tiedostomuotoon. Aivan alusta työtä ei kuitenkaan tarvinnut aloittaa, sillä verkkolevyiltä löytyi vanha Excel-tiedosto, johon oli kerätty tietoja koestusjärjestelyihin kuuluvista kokoonpanoista. Kyseisen tiedoston pohjalta alettiin täydentämään uutta ja päivitettyä taulukkoa. Uuteen taulukkoon lisättiin uudet koestussäiliöt ja kaulukset, joita vanhassa taulukossa ei ollut. Taulukkoon eriteltiin erilaisia sarakkeita, joista selviää kappalemäärät, nimitys, lieriön sisähalkaisija, laippojen mitat, taivutuskulma, reikäjaot, värisävy sekä läpivientityypit, joita voidaan käyttää koestussäiliöiden yhteydessä. Tietojen kerääminen taulukkoon tapahtui 3D-malleista saaduista mitoista sekä paikan päällä tehdyistä tarkistusmittauksista. Tarkistusmittauksia jouduttiin tekemään useamman kerran sillä kaikki mitat eivät aina täsmänneet vanhasta taulukosta löytyneiden tietojen kanssa. Tarkistusmittauksien avulla saatiin loppujen lopuksi oikeat tiedot, jotka täsmäsivät 3D-malleista saatavien mittojen kanssa.

Layouttiin tehtiin myös uusi maalausvälilehti. Kyseisessä välilehdessä on tarkemmat tiedot maalauksiin liittyen. Siinä kerrottiin RAL-taulukon avulla koestuskaulukseen tai säiliöihin tuleva väri. Taulukkoon tehtiin myös muistutuskenttä leimauksista, joita koestusjärjestelyiden kokoonpanoihin leimataan tunnistettavuuden helpottamiseksi. Maalausvälilehden avulla kokoonpanoihin tulee siis kaksi tunnistamista helpottavaa asiaa, jotka ovat maalaus ja leimaaminen. Taulukkoa käytetään myös apuna uuden kokoonpanon luomisessa. Siitä valitaan uusi väri, jota ei ole käytetty vielä missään muussa kokoonpanossa.

8.4 Interchange-kokoonpanon luominen

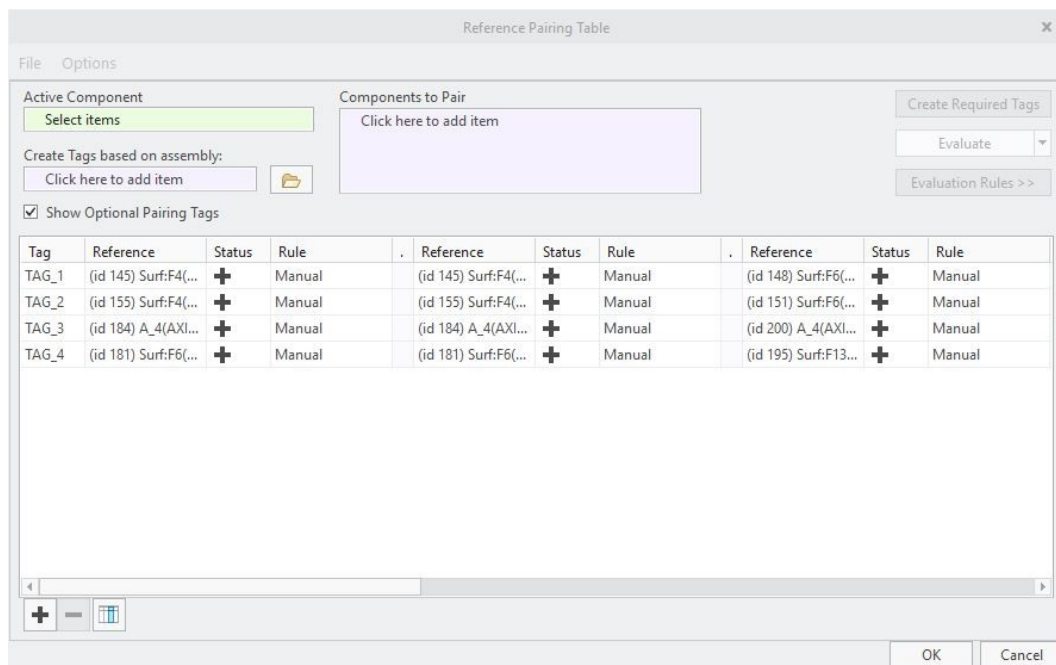
Kokoonpanovaihe oli hyvä aloittaa teoriaan ja videoihin tutustumalla. Näiden avulla yritettiin sisäistää asia mahdollisimman hyvin, ettei aikaa kuluisi turhaan ihmettelyyn. Ennen kokoonpanon aloittamista tarkistettiin vielä kerran jokainen malli läpi toiminnan varmistamiseksi. 3D-mallien tarkistuksen jälkeen tehtiin kokoonpano koestussäiliöille (Kuva 13).



Kuva 13. Interchange-kokoonpano koestussäiliöistä.

Kokoonpanolla testattiin interchange-kokoonpanojen eri paikoitus mahdollisuuksia. Testissä käytiin läpi paikoitus referenssipisteillä ja koordinaatistolla, joista voiton vei referenssipisteet. Referenssipisteet valittiin niiden helppokäyttöisyyden ja varmatoimisuuden vuoksi. Kun koestusjärjestelyitä paikoitetaan referenssipisteiden avulla paikoittaminen käy helposti ja järjestelyt saadaan tiettyyn kulma-asteeseen vaivattomasti. Koordinaatistoissa haasteita oli niiden suuntaisuus. Kaikki koordinaatistot eivät olleet samansuuntaisia eikä muuntajista löytynyt valmiina sopivia koordinaatistoja, joita olisi voitu käyttää. Koordinaatistojen luomiseen olisi kulunut turhan paljon aikaa, joten referenssipisteet olivat parempi vaihtoehto. Referenssipisteiden valinnassa jokaisesta kappaleesta valittiin samat pinnat, jolla Creo tunnistaisi ne ja osaisi paikoittaa uudet tuotavat osat samalla tavalla kuin

alkuperäiset. Pisteet lisättiin Creon valikossa olevaan Reference Pairing Tableen (Kuva 14).



Kuva 14. Reference Pairing Table.

Seuraavana vuorossa oli kokoonpanon tekeminen koestuskauluksille (Kuva 15). Kokoonpano tehtiin koestussäiliöiden tapaan referenssipisteillä. Koestuskauluk-
sien kokoonpano saatiin valmiiksi helposti ja nopeasti sillä kaikki tutkimus ja tes-
taustyö tehtiin jo edellisessä kappaleessa.

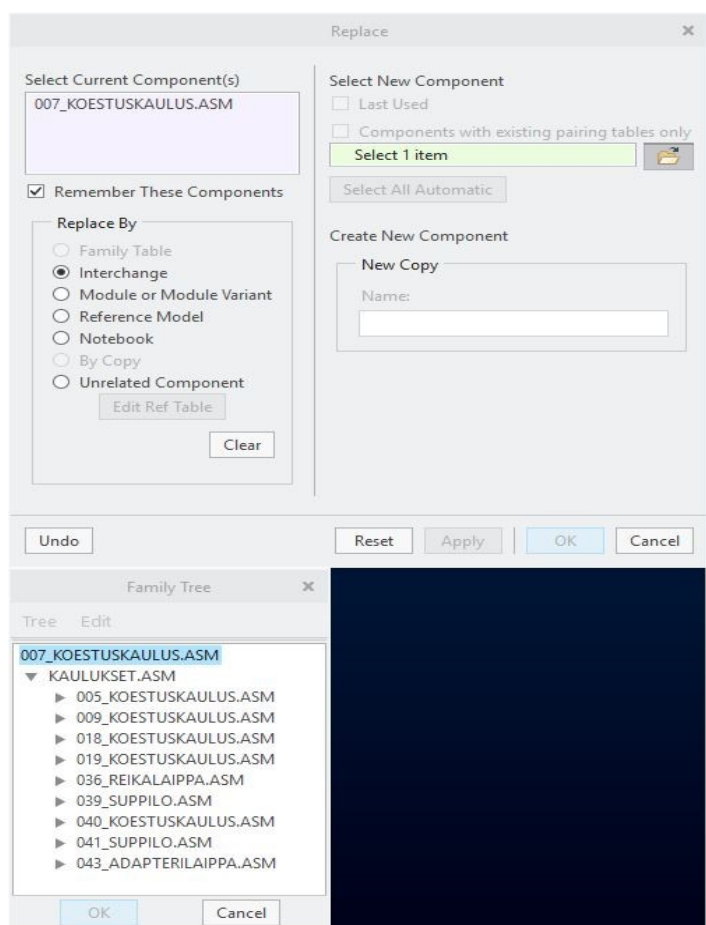


Kuva 15. Interchange-kokoonpano koestuskauluksista.

Tuulimyllymuuntajien koestusjärjestelyille tehtiin oma interchange-kokoonpano, joka toimii myös referenssipisteiden avulla. Toimintaperiaate on samanlainen kuin edellä mainituissa koestusjärjestelyissä. Kokoonpano saatiin helppokäyttöiseksi ja käyttäjäystävälliseksi, mikä nopeuttaa järjestelyiden vaihtamista tulevaisuudessa.

8.4.1 Käyttöönotto

Kokoonpanojen käyttöönotto vaatii koestusjärjestelyiden kansion kopioimista projektin alle. Kansion alta löytyy kaikkien järjestelyihin kuuluvien osien 3D-mallit ja kuvatiedostot sekä interchange-kokoonpano. Kun kansioista valitaan haluttu koestusjärjestelyyn kuuluva kokoonpano ja paikoitetaan se referenssipisteiden mukaisesti, niin interchange-kokoonpano aktivoituu replace-aulukossa (Kuva 16). Kokoonpanossa kaikki mallit on nimetty numeroiksi, jotka löytyvät samassa järjestyksessä Mechanical Design Systemsissä. Informatiivinen layout on myös järjestetty ja numeroitu seuraamaan kyseistä ohjelmistoa. Taulukosta voidaan helposti valita numeron perusteella mikä kokoonpano halutaan korvata uudella. Mallin vaihto tapahtuu automaattisesti, kun interchange-kokoonpano löytää uuden kokoonpanon referenssipisteet.



Kuva 16. Replace-aulukko.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyö saatiin valmiiksi hyvällä lopputuloksella ja asetetusta aikataulusta pystyttiin pitämään kiinni. Kaikki tavoitteisiin listatut asiat saatiin tehtyä ilman suurempia ongelmia ja viivästyksiä. Interchange-kokoonpano saatiin toimimaan halutulla tavalla ja informatiiviseen layouttiin saatiin kerättyä kaikki tarpeellinen tieto. Koestusjärjestelykansio tullaan siirtämään muuntajatehtaan järjestelmiin, jossa se on kaikkien suunnittelijoiden käytettävissä.

Olen tyytyväinen työssä saatuihin tuloksiin ja siihen, kuinka paljon pystyin kehittymään ja saamaan lisää tietoa, joka varmasti auttaa eteenpäin uralla. Minulla ei ollut minkäänlaista kokemusta koestuksesta tai siinä käytettävistä järjestelyistä. Työssä kuitenkin auttoi tuntemus muuntajan rakenteesta, johon olin saanut perehdytyksen kesätöissä. Työn aikana opin itse selvittämään interchange-kokoonpanoissa tapahtuvat virheet ja sen hyödyllisyyden muuntajan kokoonpanossa.

Lopuksi haluan kiittää Vaasan muuntajatehdasta mielenkiintoisesta ja opettavaisesta opinnäytetyönaiheesta. Erityiskiitoksen haluan antaa suunnitteluinsinööri Jesse Kortesojalle, jolta sain ammattimaista apua ja tukea koko opinnäytetyön ajan. Vaasan ammattikorkeakoulun puolelta haluan osoittaa kiitoksen Marko Rantasalolle, joka oli aina tavoitettavissa kriittisenpaikan tullen ja selvitystyöstä, jonka hän hoiti opinnäytetyöhön liittyen.

LÄHTEET

/1/ Hitachi ABB. Neljä globaalia liiketoimintayksikköä. Viitattu 21.01.2021. <https://www.hitachiabb-powergrids.com/fi/fi/about-us/who-we-are/our-businesses>

/2/ Laurila, A., Ilkka-Pohjalainen. 27.10.2020. Japanilainen omistaja toi uudet arvot, 48-49. Viitattu 21.01.2021.

/3/ Hitachi. History. Viitattu 21.01.2021. <https://www.hitachi.com/corporate/about/history/index.html>

/4/ ABB. Suomalaiset juuret: Strömbergin jalanjäljillä vuodesta 1889. Viitattu 21.01.2021. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>

/5/ Hitachi ABB. Hitachi ABB Power Grids on luomassa kestäväen energian tulevaisuutta uraauurtavilla teknologioilla. Viitattu 21.01.2021. <https://www.hitachiabb-powergrids.com/fi/fi/about-us/who-we-are/in-finland>

/6/ ABB Oy, Transformers. Varmaa virtaa maailmanlaajuisesti. Viitattu 21.01.2021. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/transformers>

/7/ ABB:n sisäinen koulutusmateriaali. Muuntajatekniikan perusteet. Viitattu 02.02.2021.

/8/ ABB:n sisäinen materiaali. Tehomuuntajan koestus. Viitattu 05.02.2021

/9/ PTC. About Interchange Assemblies. Viitattu 10.02.2021. http://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/usascii/index.html#page/assembly%2Fasm%2Fasm%20one%20sub%2FAbout%20Interchange%20Assemblies.html%23