



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jarno Juhani Kristian Häivälä

TASAVIRTASYÖTTÖKAAPIN TUOTTEISTUS

Tekniikka ja liikenne

2010

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Työ tehtiin The Switch Drive Systems Oy:n Vaasan tehtaalle kevään 2010 aikana.

Työn valvojana toimivat Vaasan ammattikorkeakoulusta yliopettaja Matti Makkonen ja The Switchin Director R&D Pasi Törmänen.

Haluan kiittää opinnäytetyönohjaajia sekä minua tukeneita työ- ja opiskelutovereita.

Erityiskiitokset Mikko Ahoselle, Mika Koskelalle ja Kimmo Auroselle, jotka auttoivat minua käytännön työssä.

Vaasassa 26.05.2010

Jarno Häivälä

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jarno Häivälä
Opinnäytetyön nimi	Tasavirtasyöttökaapin tuotteistus
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	37+1
Ohjaaja	Matti Makkonen

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi tasavirtasyöttökaapin tuotteistaminen. Tuotteistamisen avulla voidaan DC-syöttökaappeja valmistaa jatkossa helpommin, jos on tarvetta.

Alussa esitellään The Switchin historiaa sekä tuotteita. Työssä tutustutaan myös tehonmuokkaimen ja sen testaukseen.

DC-syöttökaapin avulla saadaan järjestettyä sarjatuotantoon soveltuva testaus tehonmuokkaimille. Tehonmuokkaimien testaustapahtuma tullaan DC-syöttökaapin ansiosta järjestämään ilman pyöriviä laitteita ja koneita. Opinnäytetyön tekemiseen vaadittiin tutustumista tehonmuokkaimen testaukseen ja ohutlevysuunnitteluun perehtymistä.

Työn tuloksena saatiin DC-syöttökaapin kokoonpano ja tarvittavat piirustukset. Näiden avulla saadaan tilattua tarvittavat osat ja kaapin kokoonpano suoritettua.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Jarno Häivälä
Title	Productization of the DC-Feeding Cabinet
Year	2010
Language	Finnish
Pages	37+1
Name of Supervisor	Matti Makkonen

The target of this thesis is the productization of the DC-feeding cabinet. With the help of productization, DC-feeding cabinets can be produced easier in the future if necessary.

At the beginning this thesis presents the history and products of The Switch as well as testing of the power converters.

Serial testing of the power converters can be arranged with the DC-feeding cabinet. DC-feeding cabinet allows organizing the testing operation of power converters event without the rotating equipments and machines. Therefore, testing of power converters and studying with the sheet metal designing was an essential part of this thesis.

The result of the thesis was the assembly of DC-feeding cabinet and the required drawings. According to the drawings, the necessary parts and assembly operations for the cabinet can be done.

Keywords Power Converter, DC-feeding Cabinet, Power converter's testing, Productization

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

DC	Direct Current, tasavirta
DC-syöttökaappi	Tasavirtalähde tehonmuokkaimen testaukseen
W	Watti, tehon yksikkö
Invertteri	Laite, joka muuttaa vaihtovirran tasavirraksi tai tasavirran vaihtovirraksi
PDM	Product Data Management, tuotetiedon hallinta
A	Ampeeri, sähkövirran yksikkö
V	Voltti, jännitteen yksikkö
VA	Voltiampeeri, näennäistehon yksikkö
IGPT	Transistori, osa aktiivista kuusipulssisiltaa invertterin sisällä, joka muuttaa tasasähkön vaihtosähköksi jännitteen tehollisarvoa muuttamalla.
RPM	Revolutions Per Minute, kierrosta minuutissa, kierrosnopeuden yksikkö

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	2
TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	8
1.1 Lähtökohdat.....	8
1.2 Tavoitteet ja rajaus	8
2 YRITYSESITTELY	9
2.1 The Switch.....	9
2.2 Tuotteet.....	10
3 TEHONMUOKKAIN	12
3.1 Yleistä.....	12
3.2 Toimintaperiaate.....	12
4 TEHONMUOKKAIMEN TUOTANTOTESTAUS	14
4.1 Johdanto.....	14
4.2 Esitestaus	14
4.3 Täystehotestaus	14
5 UUSIEN TUOTANTOTESTAUSTILOJEN SUUNNITTELU JA TOTEUTTAMINEN	16
5.1 Lähtökohdat.....	16
5.2 Tavoitteet.....	17
6 VAATIMUSLISTA	18
6.1 Yleistä.....	18
6.2 Vaatimuslista DC-syöttökaapille.....	18
6.2.1 Geometria	18
6.2.2 Voimat	18
6.2.3 Turvallisuus	19
6.2.4 Valmistus	19
6.2.5 Asennus, kuljetus ja kunnossapito.....	19
6.2.6 Kustannukset	20
6.2.7 Määräajat	20

7	DC-SYÖTTÖKAAPIN MEKANIKKASUUNNITTELU	21
7.1	Johdanto.....	21
7.2	Suunnitteluohjelmisto.....	21
7.3	DC-syöttökaapin runko	21
7.4	Suodatinkuristimet.....	22
7.5	Invertteri	24
7.6	Muuntaja.....	25
7.7	Jäähdytys	26
7.8	Virtakiskot	26
7.9	Kaapeliläpiviennit	28
7.10	Muut komponentit	29
7.11	Komponenttien sijoittelu	29
8	KOKOONPANO	31
9	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Lähtökohdat

Tämä opinnäytetyö tehtiin The Switch Drive Systems Oy:lle Vaasaan. Opinnäytetyön aiheena oli DC-syöttökaapin tuotteistus. Tuotteistuksella tässä tarkoitetaan kokoonpano- ja valmistuskuvien mekaniikkasuunnittelua ja dokumentointia. DC-syöttökaappi tulee The Switchin testauksen käyttöön, joten työn tilaaja oli The Switch. Lähtökohtana suunniteltavalle DC-syöttökäapille oli olemassa prototyyppi. Prototyypistä ei ollut olemassa dokumentointia eikä kunnollista suunnitelmaa. Prototyypistä saatiin kuitenkin alustavaa suuntaa tulevalle DC-syöttökaapille.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuotteistaa DC-syöttökaappi. Työhön sisältyi DC-syöttökaapin mekaniikkasuunnittelu. Tarkoituksena on ollut saada tarvittavat dokumentit, jotta kaapin osat voidaan tilata alihankkijoilta ja kaappi saadaan valmistettua vaatimusten mukaiseksi. DC-syöttökaapin avulla saadaan rakennettua sarjatuotantoon soveltuva testausjärjestelmä tehonmuokkaimille The Switchin Vaasan tehtaalle. DC-syöttökaapin avulla saadaan tehonmuokkaimien testaus suoritettua ilman pyöriviä koneita ja laitteita.

Opinnäytetyö rajattiin DC-syöttökaapin mekaniikkasuunnitteluun. Mekaniikkasuunnittelu käsittää tässä tuotteen 3D-mallin, valmistuskuvat ja osaluettelon. Rajaus oli alusta asti selkeä ja hyvin suunniteltu. Rajaus auttoi työn teossa huomattavasti ja työn sisältö oli rajauksen osalta onnistunut.

2 YRITYSESITTELY

2.1 The Switch

The Switch syntyi vuonna 2006, kun kolme yhtiötä (Rotatek Finland, Verteco ja Youtility) yhdistyi. The Switch tuottaa megawattiluokan kestopagneettigeneraattoreita ja tehonmuokkainpaketteja tuulivoiman ja muiden uusiutuvien energia-alojen, kuten aurinkovoiman käyttöön. Henkilökuntaa yrityksellä on yli 190. Liikevaihto oli 96.4 miljoonaa euroa vuonna 2009. The Switchin missio on varmistaa, ettei yhtään potentiaalista tuulivoimaa mene hukkaan. Kuvassa 1 on The Switchin logo.



Kuva 1. The Switchin logo /1/

The Switchin pääkonttori on Vantaalla Suomessa. Vuoden 2009 lopussa The Switch teki organisaatiomuutoksia. Suomessa Lappeenrannassa sijainnut The Switch Electrical Machines ja Vaasassa toiminut The Switch High Power Converters yhdistyivät. Muutoksen myötä syntyi The Switch Drive Systems Oy. Lappeenrannan tehdas on keskittynyt säädettäviin kestopagneettigeneraattoreihin. Vaasan tehtaalla tuotanto keskittyy tuuli- ja aaltovoimaan tarkoitettuihin tehonmuokkaimiin. Yhdysvalloissa, Hudsonissa sijaitsee The Switch Controls and Converters. Hudsonin tehdas on keskittynyt aurinkoenergia- ja polttokennoteknologian ratkaisuihin. Kiinassa The Switchilla on kaksi toimipistettä Pekingissä ja Lu'anissa. Euroopassa on Suomen lisäksi toimipisteet Saksassa Hampurissa sekä vuonna 2009 perustettu toimipiste Espanjassa Barcelonassa.

2.2 Tuotteet

The Switchin tuotteet voidaan jakaa viiteen pääryhmään:

- tuulivoima
- teolliset sovellukset
- nopeussäätöiset generaattorit
- aurinkovoima
- polttokennoteknologian sovellukset.

Tuulivoimatuotteet voidaan jakaa edelleen kahteen ryhmään: kestromagneettigeneraattorit ja täystehonmuokkaimet. The Switchin kestromagneettigeneraattorit jaetaan kolmeen luokkaan: matala- keski - ja korkeanopeuksiset. Matalakierroksiset kestromagneettigeneraattorit tuottavat 1650 - 4250 kW ja toimivat kierroksilla 15 - 20 rpm. Keskinopeudella toimivat kestromagneettigeneraattorit tuottavat 1400 - 3300 kW ja toimivat kierroksilla 136 - 300 rpm. Korkeanopeuksiset kestromagneettigeneraattorit tuottavat 1100 - 3300 kW ja toimivat kierroksilla 1000 - 1500 rpm.

The Switch suunnittelee ja tuottaa tehonmuokkaimet, jotka ovat muokattavissa kunkin asiakkaan tarpeiden mukaan. Nestejäähdytteiset täystehonmuokkaimet perustuvat laitteistojen ja ohjelmistojen modulaarisuuteen, ja ne on suunniteltu erityisesti optimoimaan nestejäähdytyksen vaikutus.

Teolliset sovellukset käsittävät korkeakierroksiset moottoriratkaisut ja kestromagneettikoneet. The Switchin päätuotteita ovat kiinteäroottoriset moottorit korkean nopeuden järjestelmille sekä kestromagneettimoottorit ja -generaattorit matalille ja keskinopeuksille. Kuvassa 2 on esitetty The Switchin kestromagneettigeneraattori.



Kuva 2. The Switchin kestopagneettigeneraattori /1/

Nopeussäätöiset generaattorit toimivat tehokkaammin kuin kiinteäkierroksiset generaattorit. Nopeussäätöisissä generaattoreissa voidaan säätää optimaalinen lähtövoima ja vääntömomentti vastaamaan kuorman tarpeita. The Switchin nopeussäätöisten generaattoreiden etuja ovat muun muassa polttoaineen säästö, pienempi melu ja värähtely ja pienemmät päästöt, koska polttoaine palaa puhtaammin./1/

Aurinkoenergia-alalle The Switch tuottaa tehonmuokkaimia. The Switchin valikoimiin kuuluu sekä ilma- että nestejäähdytteiset tehonmuokkaimet ja ne ovat mukautettu vastaamaan aurinkoenergian erityisvaatimuksia /1/.

The Switch valmistaa nykyaikaiseen polttokennoteknologiaan soveltuvia ilma- ja nestejäähdytteisiä muuntimia kymmenestä kilowatista ylöspäin. The Switchin muuntimien etuja ovat muun muassa kyky käsitellä ajottaisia kuormia, mahdollisuus jakamiseen useille yksiköille ja toimitettavan sähkön korkea laatu. /1/

3 TEHONMUOKKAIN

3.1 Yleistä

Tehonmuokkain (Full-power Converter) on laite, jota käytetään tuuli- sekä aurinkovoimaloissa. Tehonmuokkain muuttaa generaattorista tulevan virran halutulle jännitteelle ja taajuudelle.



Kuva 3. The Switchin tehonmuokkain /1/

3.2 Toimintaperiaate

Tehonmuokkain muokkaa virtalähteestä tulevan virran halutulle jännitteelle ja taajuudelle. Kuvassa 3 esitetty tehonmuokkain on The Switchin 1500 kW tehonmuokkain. Tämä tehonmuokkain on suunniteltu tuulivoiman käyttöön. Tärkein yksittäinen komponentti tehonmuokkaimessa on invertteri. Tuulivoimasta saatu vaihtovirta muutetaan tehonmuokkaimessa tasavirraksi ja edelleen vaihtovirraksi. Tämän vuoksi tehonmuokkaimessa käytetään kahta erillistä invertteripakettia. Ensimmäinen invertteripaketti muuttaa tuulivoimageneraattorilta tulevan vaihtovirran tasavirraksi. Toinen invertteripaketti muuttaa saadun tasavirran edelleen vaihtovirraksi. Kuvassa 3 näkyvät invertterit ovat

nestejäähdytteisiä. Tehonmuokkaimen kaappi jaetaan kenttiin. Kuvassa 3 esitetty tehonmuokkain on jaettu neljään kenttään. Kentät erotetaan toisistaan väliseinillä. Oikeanpuolimmaista kenttää kutsutaan generaattoripuoleksi ja vasemmanpuolen invertterikenttää linjapuoleksi. Tehonmuokkaimen jäähdytystä varten siihen rakennetaan jäähdytyskenttä. Kuvassa 3 jäähdytyskenttä on toinen kenttä oikealta. Jäähdytyskenttään asennetaan muun muassa puhaltimia, radiaattoreita ja jakotukki. Tehonmuokkaimessa on näiden lisäksi paljon muita komponentteja, kuten suodatinkuristimia, virtakiskoja, kondensaattoreita ja muita sähkö- ja ohjauslaitteita. /3/, /8/

4 TEHONMUOKKAIMEN TUOTANTOTESTAUS

4.1 Johdanto

Tässä kappaleessa käsitellään The Switchin tehonmuokkaimen tuotantotestausta. Tuotantotestaus käsittää kaksi vaihetta: esitestauksen ja täystehotestauksen. Testauksen tarkoituksena on tarkistaa tehonmuokkaimen toimivuus ja varmistaa tuotteen laatu. Testauksen yhteydessä tehonmuokkaimen asennetaan asiakkaan haluamat parametrit ja sovellukset.

4.2 Esitestaus

Esitestausvaihe suoritetaan kokoonpanolinjalla sekä erillisellä testauspaikalla. Ensin esitestausvaiheessa suoritetaan tehonmuokkaimen jäähdytysjärjestelmän painetestaus sekä kaapeloinnin ja johdotusten tarkistus. Testauspisteessä tehonmuokkaimesta tarkastetaan kojeet, tarvittavat tunnuksot ja sensorit sekä apusähköjärjestelmä. Testauspisteessä myös tehonmuokkaimen sovellukset ja toiminnallisuus testataan.

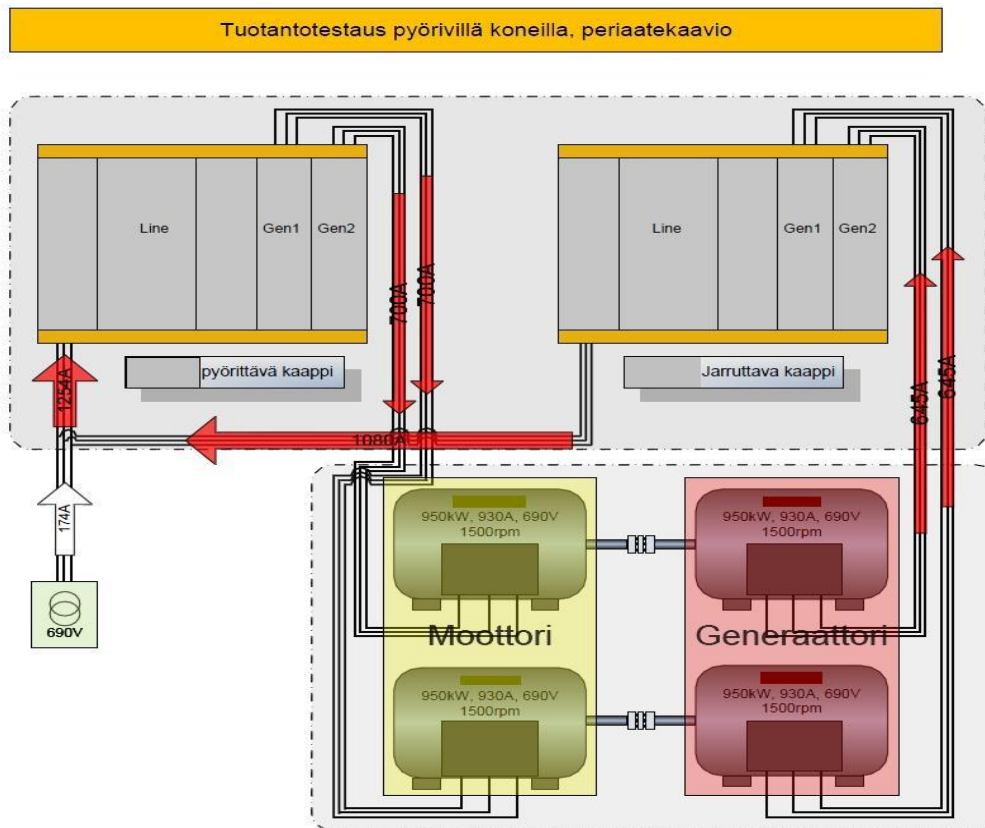
4.3 Täystehotestaus

Täystehotestaus on tehonmuokkaimien koekäyttö, jossa tehonmuokkaimet kytketään testijärjestelmään ja niille suoritetaan koekäyttö. Järjestelyyn kuuluu kaksi tehonmuokkainta. Tehonmuokkaimista toinen toimii moottorikäyttönä ja toinen generaattorikäyttönä. Järjestelmässä moottorit ja generaattorit toimivat vastaavasti kuormana. Täystehotestauksen periaatekaavio on esitetty kuvassa 4.

Täystehotestauksen alustaviin toimintoihin kuuluu läpivientien ja suojalevyjen poisto. Alustaviin toimintoihin kuuluu myös apusähkökaapeloinnit sekä nestejäähdytysjärjestelmän täyttö.

Koeajon aikana seurataan tehonmuokkaimen arvoja, esimerkiksi virta, teho ja jännite. Toimintapisteen kannalta oleellista on saavuttaa verkkosuuntaajien nimellisteho. Koeajossa tarkastetaan myös testattavien laitteiden määriteltyjä parametreja, kuten lämpötilaa. Tuotteesta riippuen laitteelle on määrätty raja-arvot, joiden sisällä on pysyttävä, jotta testaus voidaan läpäistä hyväksytysti.

Sarjatuotannossa olevia tehonmuokkaimia kuormitetaan testauksessa kahden tunnin ajan.



Kuva 4. Tuotantotestauksen periaatekaavio pyörivillä koneilla /2/

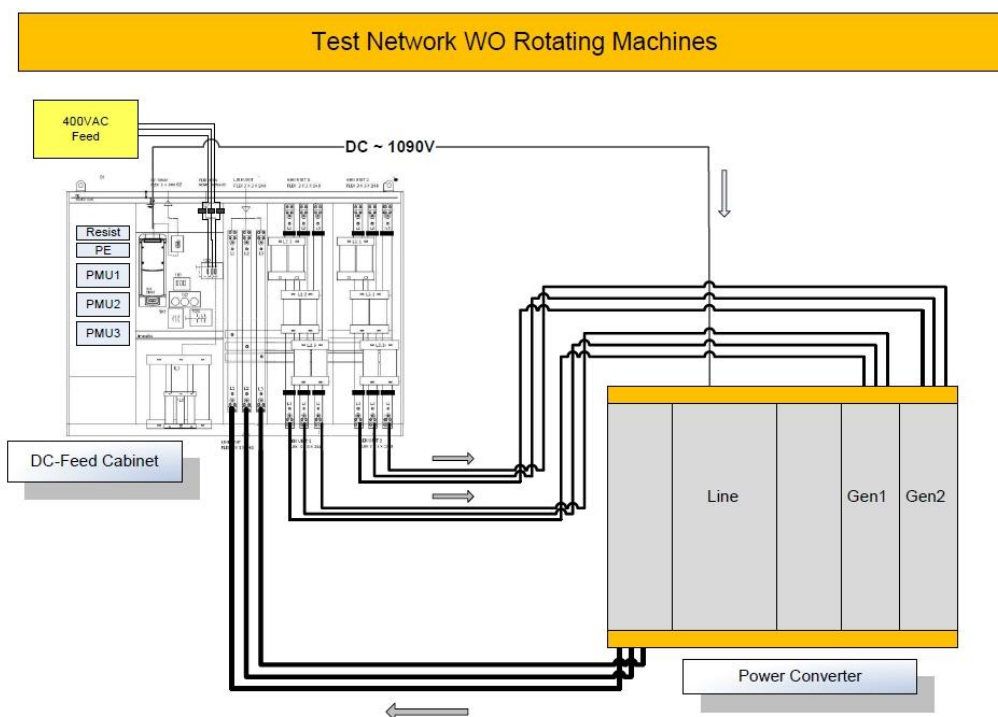
Testauksen yhteydessä tehonmuokkaimille ladataan niin sanotut service-infot eli huoltotiedot. Jos tehonmuokkaimen testauksen aikana ilmenee vikoja, ne näkyvät myös tulevaisuudessa huoltotiedoissa. Nämä tiedot helpottavat tehonmuokkaimen huolto- ja korjaustöissä myöhemmässä vaiheessa.

Kun tehonmuokkaimen testaus on saatu päätökseen, tehonmuokkain joko hyväksytään tai hylätään. Hyväksytty tehonmuokkain viedään lähettämöön. Hylätty tehonmuokkain siirretään sivuun testausalueelta. Tämän jälkeen tehonmuokkaimessa ilmenneet viat korjataan ja laite testataan uudelleen. /2/, /7/

5 UUSIEN TUOTANTOTESTAUSTILOJEN SUUNNITTELU JA TOTEUTTAMINEN

5.1 Lähtökohdat

Lähtökohtana on suunnitella tehonmuokkaimien sarjatuotannon testaukseen soveltuvat testaustilat. Testaustiloja suunnitellaan The Switchin Vaasan tehtaalle. Testaus tulee toimimaan ilman pyöriä koneita. Tämä tullaan hoitamaan DC-syöttöisellä ratkaisulla. Testaustapahtumasta pyritään tekemään miehittämätön eli se hoidetaan niin, että valvomossa ei tarvitse olla henkilöä koko testauksen ajan. Operaattorin ei tarvitse olla koko testauksen aikaa valvomossa, mutta hän olisi talon sisällä koko testauksen ajan. Testaustila pyritään pitämään mahdollisimman tyhjänä. Testaustiloihin sijoitetaan ainoastaan testattava laite ja tarvittavat kaapeloinnit. Testausjärjestelmä on tarkoitus rakentaa niin, että se voidaan tarvittaessa purkaa ja siirtää vaivattomasti. Testaustilan rakenne on myös oltava monistettavissa. Näin ollen rakenne voidaan purettuna kokonaisuutena lähettää kontissa partneritehtaalle. Kuvassa 5 on esitetty testijärjestelmän lohkokaavio.

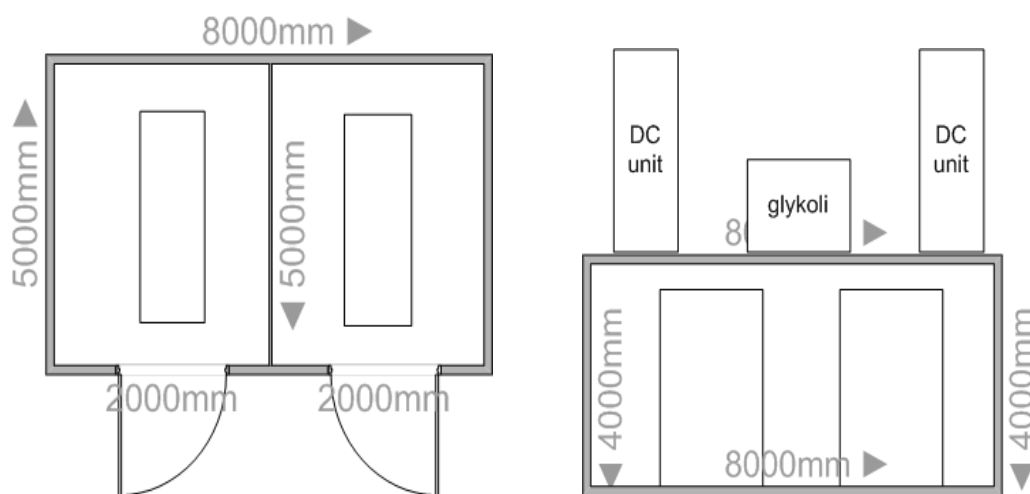


Kuva 5. Testijärjestelmän lohkokaavio /4/

5.2 Tavoitteet

Testaustilaan tullaan rakentamaan kaksi toisistaan riippumatonta testipaikkaa. Tämä tullaan toteuttamaan jakamalla yksi palotila kahteen osaan. Jakaminen suoritetaan joko kevyellä väliseinällä tai rakentamalla kaksi moduulia rinnakkain. Elementtirakenne tulee myös olla siirrettävissä. Testaustilan sisätila tullaan jättämään vapaaksi kaikesta ylimääräisestä ja sinne sijoitetaan vain testauksessa välttämättä tarvittavat laitteet. Operointikeskukset ja käyttötoimenpiteet tullaan rakentamaan testaustilan ulkopuolelle. Testaustilan katolle tullaan sijoittamaan muun muassa syöttökeskukset, vesiasemat ja glykolivarasto. Testaustilan katolle tullaan myös rakentamaan tarvittavat huoltotasot ja portaat. Lämmönvaihtimia ja vesiasemia asennetaan kummallekin testiasemalle yksi eli yhteensä kaksi. Nämä tullaan asentamaan testaustilan katolle. Vesiasemana toimii The Switchin suunnittelema asema.

Testattava kaappi tuodaan testaustilaan erillisellä vaunulla. Testaustilan lattiaan tulee ohjurit vaunuja varten, joten testattava kaappi tulee aina samaan kohtaan testaustilaa. Tämä tulee helpottamaan tarvittavia vesiletku- ja kaapelointikytkentöjä. Testauksessa tarvittavat kykennät pyritään suorittamaan aina samalla kohdalla. Testausaseman koko esitetään kuvassa 6. /4/



Kuva 6. Testausasema ylhäältä ja edestä katsottuna /4/

6 VAATIMUSLISTA

6.1 Yleistä

Vaatimuslista on työkalu, jolla pyritään määrittämään uuden tuotteen vaatimukset. Vaatimuslistaa koottaessa pyritään ottamaan huomioon niin valmistajan kuin käyttäjänkin halutut vaatimukset. Vaatimuslista sisältää kolmenlaisia vaatimuksia. Kiinteät vaatimukset, vähimmäisvaatimukset ja toiveet. Kiinteät vaatimukset ovat vaatimuksia, jotka tulee täytyä tuotteessa. Vähimmäisvaatimukset voidaan ylittää ja se on jopa toivottavaakin. Toivomukset otetaan huomioon ja toteutetaan, jos ne ovat mahdollisia. Vaatimuslistan päätunnuksia ovat muun muassa geometria, aines, turvallisuus, ergonomia, käyttö, kuljetus, asennus, valmistus ja määräajat. /5/, /6/

6.2 Vaatimuslista DC-syöttökaapille

DC-syöttökaappia koskevat vaatimukset liittyvät geometriaan, voimiin ja turvallisuuteen. Lisäksi vaatimuslistalta löytyvät valmistus, asennus, kuljetus ja kunnossapito.

6.2.1 Geometria

Ulkoiset mitat kaapille määräytyivät, kun kaapin rungoksi valittiin jo käytössä oleva runkorakenne. Rungossa on viisi kenttää ja ulkomitat ovat 600 mm*3000 mm*2200 mm (syvyys,leveys,korkeus). Kiinteitä vaatimuksia kaapin sisämittoihin oli lähinnä komponenttien sijoittelun osalta. Yhteen kenttään asennettiin kolme kuristinta päällekkäin. Kuristimia kaappiin asennettiin yhteensä kuusi kahteen eri kenttään. Sisäinen tilantarve täyttää vaatimukset niin komponenttien kuin liitännänkin osalta.

6.2.2 Voimat

Kaapille tulevat painorajoitukset määrittyvät tarkasti, koska suunniteltava kaappi tullaan sijoittamaan tuotantotestaustilan katolle. Painorajoituksen vuoksi esimerkiksi virtakiskojen suunnittelussa tuli ottaa huomioon käytettävän kuparin määrä ja paksuus. Toiveena oli myös saada kaapin painopiste mahdollisimman alas. Painavimmat

komponentit, joita kaappiin sijoitetaan ovat kuristimet. Ne asennetaan kaappiin niin, että kuristimia on kolme päällekkäin ja kahdessa eri kentässä.

6.2.3 Turvallisuus

Turvallisuusvaatimuksena on kosketussuoja käytettävissä virtakiskoissa. Kosketussuoja taataan käyttämällä virtakiskojen ja kaapin rungon välissä pleksisuojaa. Kaapin sisätilat tuli myös olla pöly- ja vesitiiviit.

6.2.4 Valmistus

Valmistuksen kannalta vaatimuksena on, että tarvittavat osat voidaan tilata alihankkijoilta vaivattomasti. Tähän pääsemiseen tuli kaapin suunnitteluvaiheessa dokumentointi hoitaa huolella. Valmistuskuvat, osalistat ja 3D-kuvat tehdään käytössä olevalla suunnitteluohjelmalla.

6.2.5 Asennus, kuljetus ja kunnossapito

Asennusvaatimuksen tärkeimpänä oli kaapelointisuunnat. Kaapelointisuunnat tuli olla kaapista sekä ylös, että alas. Tämä oli kiinteävaatimus ja se oli yksi tärkeimpiä kaapille annettuja vaatimuksia. Virtakiskojen läpiviennit niin kaapin sisällä kuin kaapista uloskin olivat myös kiinteitä vaatimuksia. Virtakiskot täytyi saada vietyä kaapin sisällä kahden eri kentän läpi ja kaapin runkorakenne oli suunniteltava sen mukaisesti. Kaapin sisällä menevät kaapelit vaativat myös läpiviennit, mutta niiden osalta vaatimukset olivat lähinnä toiveita.

Kuljetusvaatimukseen kuuluivat, että kaappia voidaan nostaa nostokorvista siltanosturilla.

Osasijoittelu oli tärkeä kunnossapidon kannalta. Kiinteänä vaatimuksena oli, että kuristimet voidaan tarvittaessa huoltaa ja vaihtaa vaivattomasti. Tämä otettiin huomioon kaappia suunniteltaessa ja kuristimet sijoitettiin erillisille asennusalueille. Kuristimia voidaan näin ollen siirtää niin syvyys- kuin leveys suunnassakin jonkin verran. Kuristimien huoltaminen onnistuu kaapin etupuolelta ja niiden irrottaminen suunniteltiin mahdollisimman vaivattomaksi. Jäähdytysjärjestelmän huollon osalta oli

myös vaatimuksena, että se olisi mahdollisimman vaivatonta. Myös jäähdytysjärjestelmän sijoitus suunniteltiin niin, että se voidaan huoltaa kaapin

etupuolelta. Käytettävä muuntaja on myös sijoitettu niin, että sen huoltaminen ja kunnossapito on mahdollista tehdä vaivattomasti kaapin etupuolelta.

6.2.6 Kustannukset

Kustannusvaatimuksia ei juurikaan tässä projektissa ollut. Tämä johtui kaappien valmistuksen vähäisestä määrästä. Alustavien suunnitelmien mukaan kaappeja tullaan valmistamaan kolme kappaletta. Toivomuksena oli, että virtakiskoja suunniteltaessa voitaisiin käyttää mahdollisimman paljon samanmallisia kiskoja. Virtakiskostoa suunniteltaessa tämä otettiin huomioon.

6.2.7 Määräajat

DC-syöttökaapin tuotteistaminen eteni projektin aikataulun mukaisesti. DC-syöttökaapin mekaniikkasuunnittelun osalta määräajat olivat selkeät. Mekaniikkasuunnittelun tuli olla valmiina kahdeksan viikon kuluttua suunnittelun aloituksesta. Osaluettelon tuli olla tähän mennessä toimitettuna projektinjohtajalle, jotta osat voitiin tilata alihankkijoilta. Kaapin kokoonpano tulee olla valmiina kuusi viikkoa mekaniikkasuunnittelun valmistumisen jälkeen. /7/, /9/

7 DC-SYÖTTÖKAAPIN MEKANIKKASUUNNITTELU

7.1 Johdanto

Tässä kappaleessa käydään läpi DC-syöttökaapin mekaniikkasuunnittelu. Mekaniikkasuunnitteluun kuului DC-syöttökaapin kokoonpanokuvat, 3D-kuvat, osaluettelointi ja työpiirustukset. Mekaniikkasuunnittelu toteutettiin NX6-suunnitteluohjelmalla, joka toimi yhteydessä Teamcenter-nimisen PDM-ohjelman kanssa. Suunnittelu aloitettiin valitsemalla DC-syöttökaapille sopiva runko. Rungon valitsemisen jälkeen aloitettiin suunnittelemaan käytettäville pääkomponenteille parasta sijoituspaikkaa. Pääkomponentteja DC-syöttökaapissa on seitsemän suodatinkuristinta, invertteri ja kolmivaihemuntaja. Virtakiskoston suunnitteleminen aloitettiin kun pääkomponenttien paikat olivat varmistuneet. DC-syöttökaapin jäädyttäminen otettiin huomioon suunniteltaessa komponenttien sijoituspaikat ja virtakiskoston suunnittelussa.

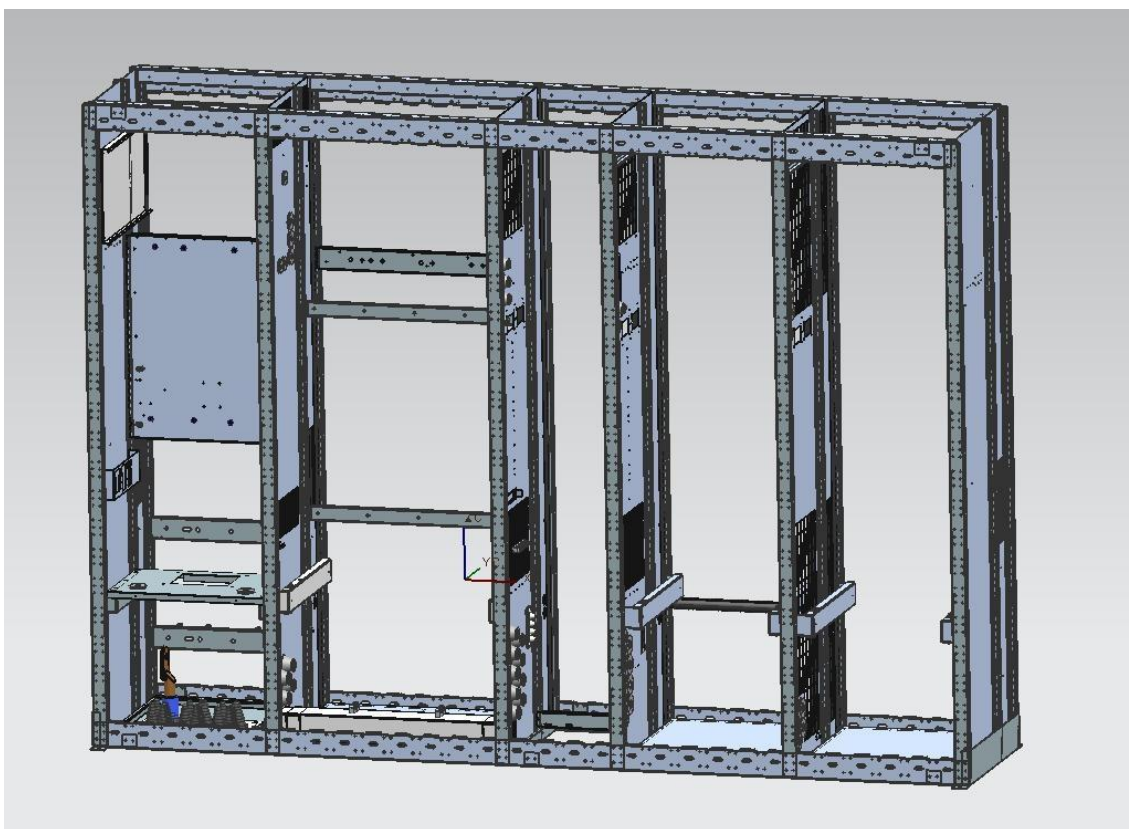
7.2 Suunnitteluohjelmisto

Mekaniikkasuunnittelussa käytettävä suunnitteluohjelmisto on NX6. NX6-ohjelmisto toimi yhdessä PDM-ohjelmisto Teamcenterin kanssa. Ohjelmana käytetty ohjelmisto toimi hyvin suunnittelun joka vaiheessa.

7.3 DC-syöttökaapin runko

DC-syöttökaapin rungoksi valittiin The Switchilla jo käytössä oleva runkorakenne. Runkoa on käytetty muun muassa The Switchin 1500 kW tehonmuokkaimessa. Rungon sisä rakenteisiin jouduttiin tekemään muutoksia virtakiskoston vuoksi. Virtakiskosto kulki kahden kentän läpi, joten väliseinät suunniteltiin uudestaan. Väliseinien suurimmat muutokset koskivat virtakiskoston läpivientiä. Runkoon tuli muutoksia myös kuristimien asennuksen helpottamiseksi. Rungosta poistettiin palkkeja, jotta kuristimilta lähtevät virtakiskot eivät mene liian läheltä runkopalkkeja. Tässä kaapissa käytettävän virtakiskoston ja rungon väliin suositeltava eristysväli oli 20 mm. DC-kaapin prototyypissa käytettiin samaa runkoa kuin tulevassakin DC-syöttökaapissa.

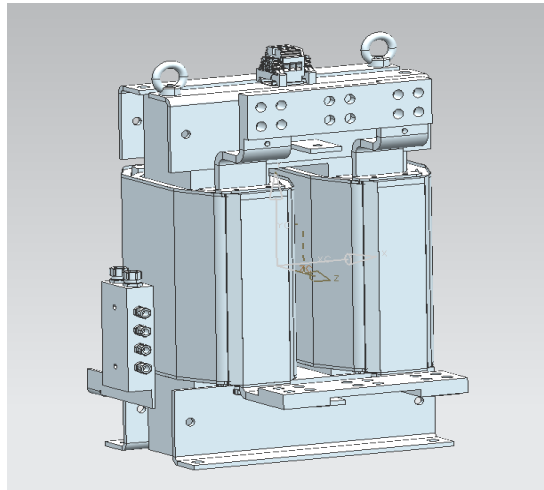
Tämän avulla tiedettiin alustavat komponenttien sijoituspaikat. Tästä johtuen runkoon ei tarvinnut tehdä paljon muutoksia. DC-syöttökaapin runko on kuvassa 7.



Kuva 7. DC-syöttökaapin runko

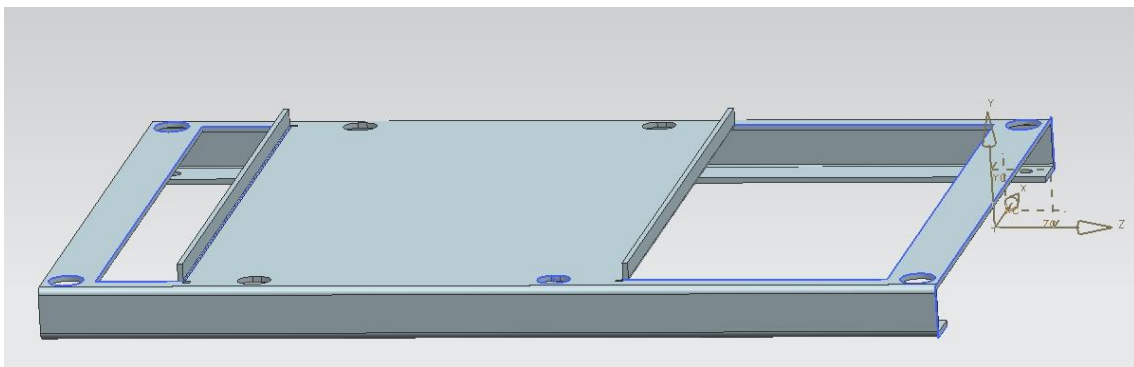
7.4 Suodatinkuristimet

Suodatinkuristimia DC-syöttökaappiin tuli kahta mallia. 950 A/690 V (Kuva 8) ja 122 A/500 V (Kuva 10). Ensiksi mainittuja isompia kuristimia kaappiin sijoitettiin kuusi. Nämä näkyvät kuvassa 17 kahdessa oikeanpuoleisessa kentässä. Pienemmän mallin kuristin sijoitettiin neljänteen kenttään. Kuristimien 3D-mallit tulivat komponenttitoimittajalta.



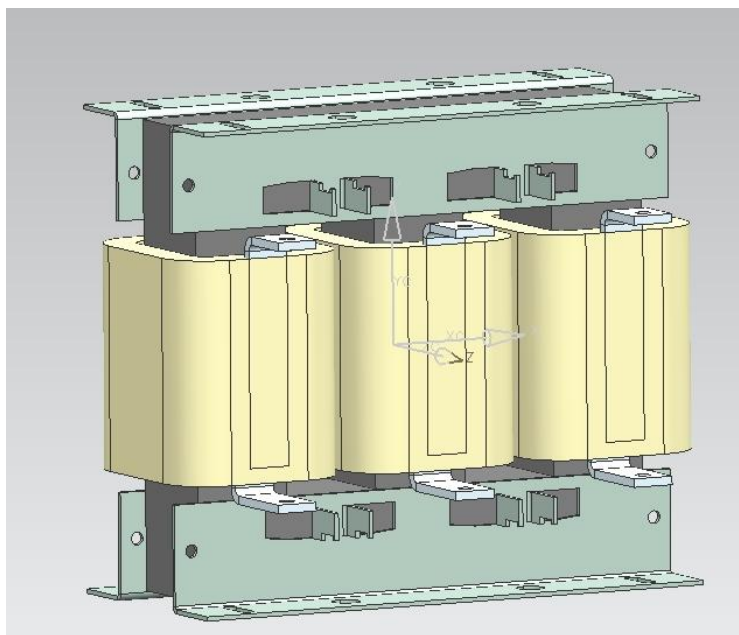
Kuva 8. Suodatinkuristin 950 A/690 V

Isomman mallin kuristimen kiinnittämiseen suunniteltiin erilliset asennusalustat. Asennusalusta on esitetty kuvassa 9. Huollon yhteydessä alustat auttavat liikuttamaan kuristinta niin syvyys- kuin leveysuunnassa. Kuristimet asetettiin alustalle niin, että kuristimelta lähtevä virtakiskoston tie kaapin takaosaan on mahdollisimman esteetön.



Kuva 9. Kuristimen asennusalusta

Kuristin on nestejäähdytteinen, joten kuristimen jakotukki haluttiin asennusten kannalta mahdollisimman helppoon asentoon. Kuristin päädyttiinkin asentamaan niin, että jakotukki tuli eteenpäin. Alimmaisena kuristimen alapuolelle ja ylimmäisen kuristimen yläpuolelle täytyi jättää kytkennöille tilaa. Tämä rajoitti kuristimien tilaa pystysuunnassa. Kuristimen yläpuolelta lähtevä virtakisko yhdistyy pystykiskoon. Kuristimen alaosasta lähtevä virtakisko taas yhdistyy vaakakiskoon eli kokoojakiskoon, joka menee kaapin kolmanteen kenttään.

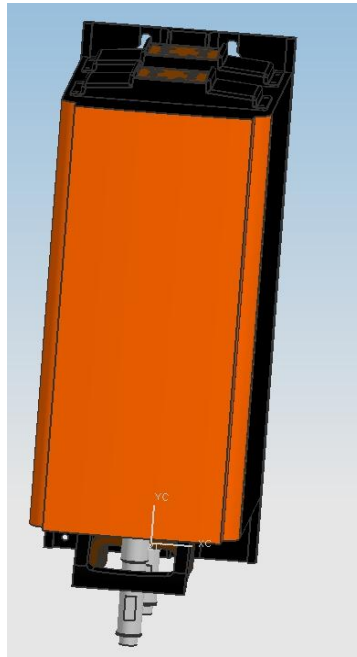


Kuva 10. Suodatinkuristin 122 A/500 V

Pienemmän kuristimen liitännät tehtiin kaapeleilla. Tämän kuristimen osalta virtakiskostoa ei tarvinnut suunnitella. Kuristimen jäähdytys on suunniteltu ilmajäähdytteiseksi. Mekaniikkasuunnittelun näkökulmasta kuristimen osalta keskityttiin ainoastaan sen sijoittamiseen.

7.5 Invertteri

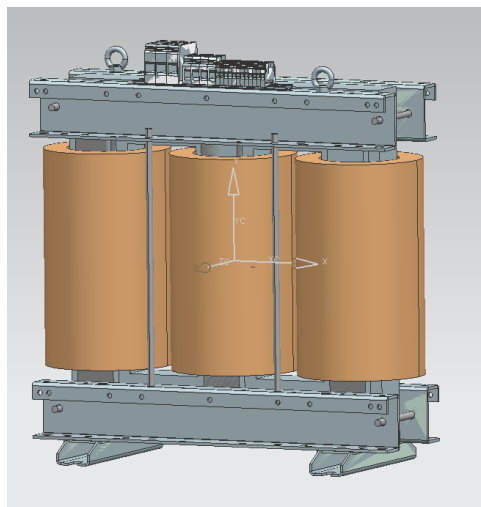
Kaappiin sijoitettava invertteri valittiin asiakasprojektien tuoteperheestä. Invertteri oli ulkomitoiltaan sama kuin aikaisemminkin The Switchilla käytössä olleet. Tästä johtuen invertteristä ei tarvinnut tehdä uutta 3D-mallia. Invertteri sijoitettiin neljännessä kentässä olevaan asennuslevyyn. Käytettävä invertteri on nestejäähdytteinen. Jäähdytykseen tarvittavat liitännät otettiin huomioon invertteriä sijoitettaessa kaappiin.



Kuva 11. DC-Invertteri

7.6 Muuntaja

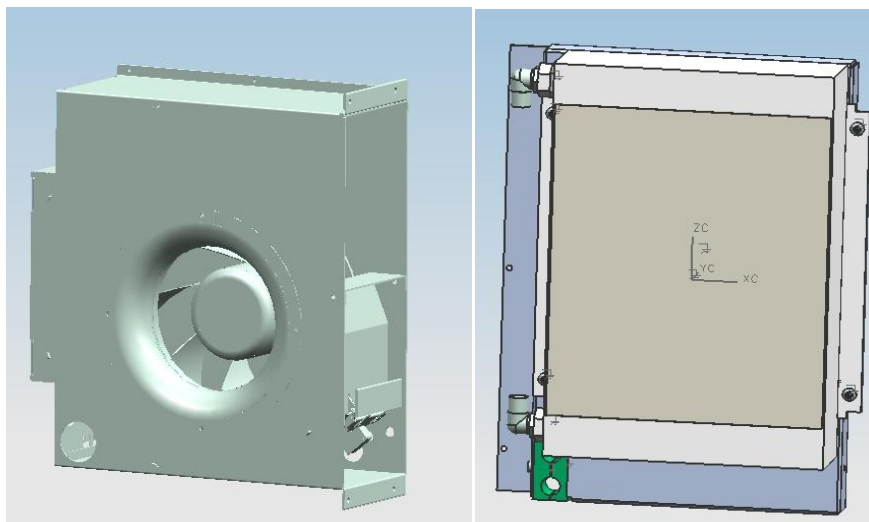
Kaappiin asennettu muuntaja on 80 kVA:n muuntaja. Muuntajan 3D-malli lähetettiin valmistajalta. Muuntaja haluttiin sijoittaa mahdollisimman alas kaappia, jotta kaapin painopiste saataisiin pysymään alhaalla. Muuntajan mahdolliset huolto- ja vaihtotyöt saadaan myös hoidettua helpommin kun muuntaja on sijoitettu kaapin alaosaan. Näitä vaatimukset saatiin hyvin täytettyä sijoittamalla muuntaja kaapin neljännen kentän alatilaa.



Kuva 12. Muuntaja

7.7 Jäähdytys

Kaappiin asennetut 950 A:n kuristimet ja invertteri ovat nestejäähdytteisiä. Tästä johtuen kaappiin suunniteltiin osittain neste- ja ilmajäähdytys. Nestejäähdytys on kuristimille ja invertterille. DC-kaapin keskeisimpiin eli kokoojakenttään asennettiin kolme tuuletinta ja yksi radiaattori. Kaapin yläosaan sijoitettiin kaksi tuuletinta. Näistä tuulettimista toinen imee kuumaa ilmaa neljännessä kentästä ja puhalttaa kuuman ilman tuulettimen alapuolella olevan radiaattorin läpi. Toinen tuulettimista imee kuumaa ilmaa kuristajakentistä ja puhalttaa sen alla olevan radiaattorin läpi. Kolmas tuuletin asennettiin kokoojakentän alaosaan. Tämä tuuletin imee kuumaa ilmaa neljännessä kentässä olevan muuntajan kohdalta ja puhalttaa sen radiaattorin läpi. Tämä puhallin asennettiin, jotta se viilentäisi neljännessä kentässä olevaa muuntajaa. Kokoojakenttä suljettiin tuulettimien ylä- ja alapuolelta käyttäen pleksiä. Tällä ratkaisulla haettiin sitä, että puhaltimien puhaltama kuuma ilma ei pääsisi kiertämään muun kuin radiaattorin kautta. Kuvassa 13 on esitetty DC-syöttökaapissa käytetyt puhallin ja radiaattori.

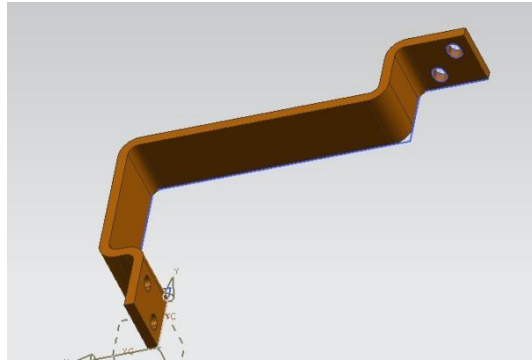


Kuva 13. Puhallin ja radiaattori

7.8 Virtakiskot

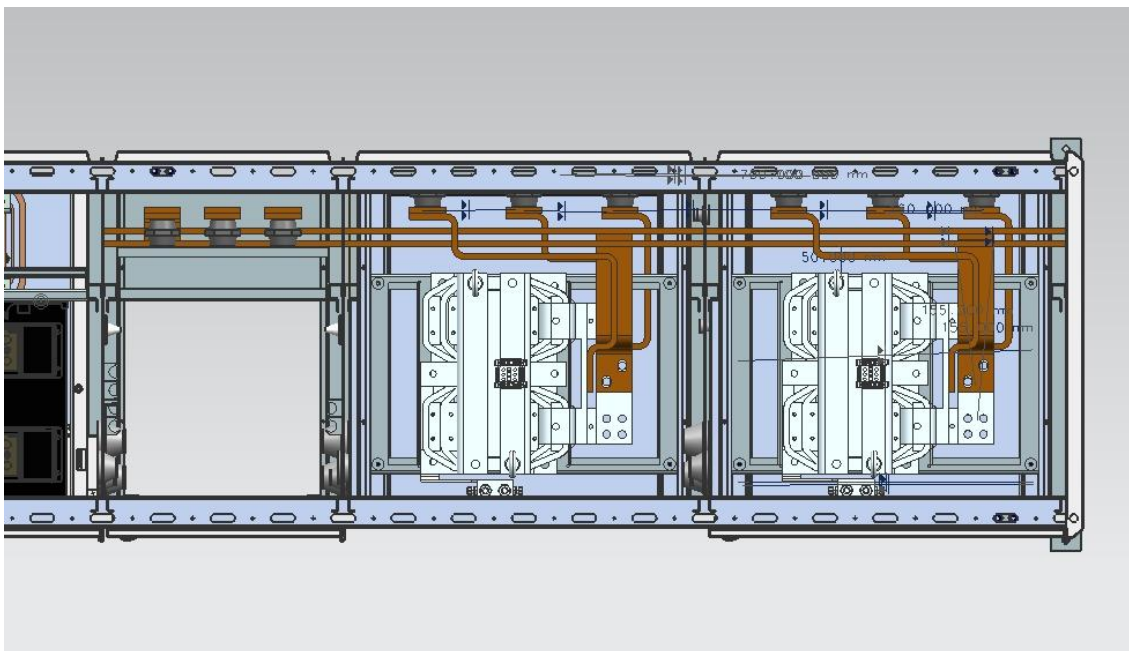
Virtakiskot olivat suurimmassa osassa DC-syöttökaapin mekaniikkasuunnittelussa. Virtakisko on kuparia ja vahvuudeltaan 20 mm ja 60 mm leveää. Poikkeuksena ovat vaakakokoojakiskosto, joka on vahvuudeltaan 40 mm. Kokoojakentän kiskosto on

leveydeltään 80 mm. Kokoojakiskostosta suunniteltiin leveämpi, koska siihen liitytään kahdella kaapelikengällä. Kaapelikengän leveys on noin 40 mm, joten se ei olisi onnistunut, jos kokoojakiskostokin olisi ollut leveydeltään 60 mm. Virtakiskoliitännät tulivat kolmeen ensimmäiseen kenttään sekä ylös että alas. DC-syöttökaappi tullaan sijoittamaan Vaasan tuotantotestauspaikan katolle ja liitännät tulevat olemaan alaspäin. Kiinaan vietävän DC-syöttökaapin liitännät tullaan tekemään ylhäältä.



Kuva 14. Virtakisko

Virtakiskoissa kulkee noin 1000 A virta ja kokoojakiskoissa noin 2000 A virta. Kuristimen yläpuolen liitännästä lähtevä virtakisko liittyy kuristimen pystykiskoon. Pystykiskoja on kuristinkentissä kolme. Pystykisko kulkee koko kentän läpi. Tällä tavalla tuloliitännät saadaan kentän ylä- ja alapuolelle. Kuristimen alapuolen liitännästä lähtevä virtakisko liittyy kaapin takaosassa kulkevaan kokoojakiskoon. Kokoojakiskoja on kolme. Kokoojakiskot kulkevat kolmanteen kenttään. Kolmannessa kentässä vaakakiskot liittyvät pystykiskoihin. Pystykiskot kulkevat kentän läpi niin, että liitännät sekä ylös että alas ovat mahdollisia.



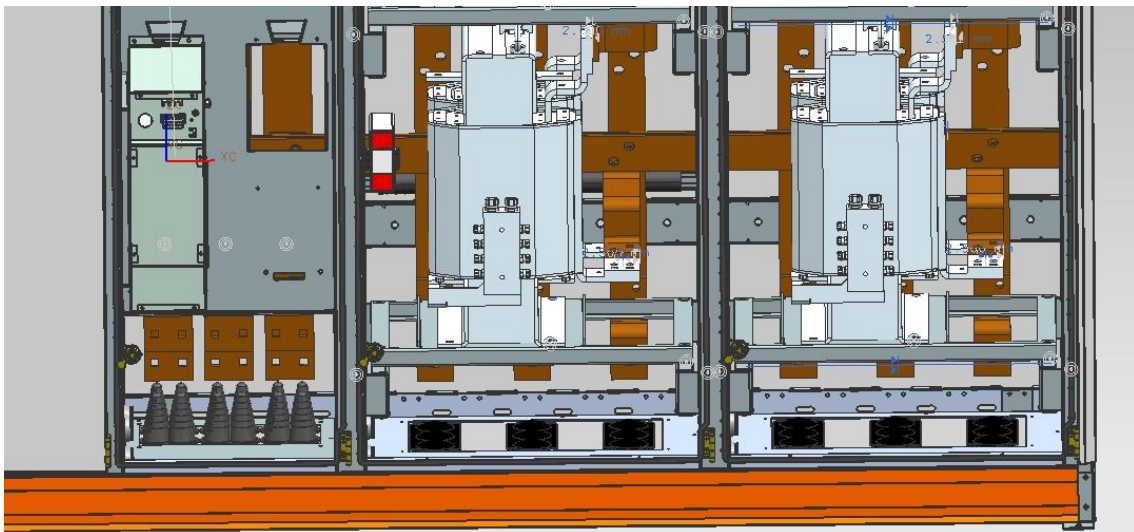
Kuva 15. Virtakiskosto ylhäältä katsottuna

Virtakiskostot tuettiin kaapin rungon takaosaan. Tukemiseen suunniteltiin tarkoitukseen sopivat tukipalkit. Tukipalkkien ja virtakiskojen väliin asennettiin 45 mm tukieristeet. Virtakiskojen suunnittelu tehtiin ohutlevysuunnittelumenetelmällä. Virtakiskoja pyrittiin suunnittelemaan niin, että samoja kiskoja voitaisiin käyttää eri paikoissa. Suunnittelussa huomioon otettavien eristysvälien vuoksi tämä ei aina ollut mahdollista. Suositeltava eristysväli virtakiskojen ja kaapin rungon sekä toisten virtakiskojen välillä on 20 mm. Kuristimen vaakakokoojakiskoon liittyvä kisko saatiin suunniteltua niin, että se soveltuu jokaiselle kuristimelle. Tämä ratkaisu helpottaa virtakiskojen valmistusta ja pitää kustannukset mahdollisimman alhaisena. Virtakiskoston osa on kuvassa 14 ja virtakiskosto ylhäältä kuvattuna kuvassa 15.

7.9 Kaapeliläpiviennit

DC-kaapissa kulkeviin kiskoihin liitytään kaapelilla. Kaapelin halkaisija on 35 mm ja kaapelin päässä olevan kengän halkaisija on 42 mm. Kuristinkenttien virtakiskoihin liitytään kahdella kaapelilla per vaihe. Kuristinkenttiin liitytään näin ollen kuudella kaapelilla. Kokoojakenttään liitetään neljä kaapelia per vaihe eli yhteensä kaksitoista

kaapelia. Kaapeleita varten suunniteltiin kaappiin läpiviennit. Läpiviennit tulivat kolmeen ensimmäiseen kenttään sekä ylös että alas. Kaapeleiden läpivientiä varten kolmen kentän kattoon ja lattiaan asennettiin laipat, joihin asennettiin läpivientilaipat. Kuristinkenttien läpiviennit toteutettiin MC-laipoilla. Kokoojakentän läpiviennit toteutettiin The Switchin suunnittelemissa läpivientikumilla. Läpivienneissä pyrittiin ottamaan huomioon kaapin pöly- ja vesitiiviys. Läpivientiratkaisut on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. kaapeli läpiviennit

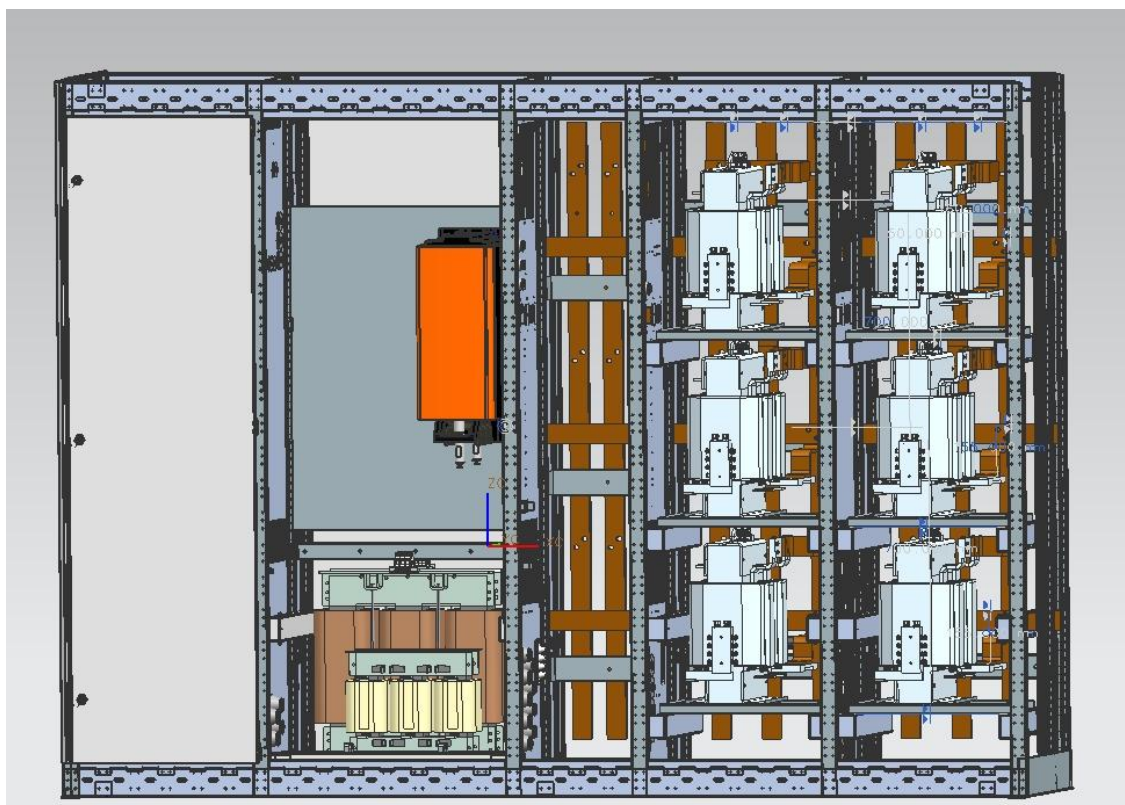
7.10 Muut komponentit

Suurimpien komponenttien lisäksi DC-syöttökaappiin suunniteltiin muutamia pienempiä komponentteja, kuten jäähdytyksen osastointipleksejä ja asennuslevyjä. Näillä erotettiin jäähdytettäviä osia toisistaan, jotta komponenttien jäähdytys saadaan toimimaan oikein. Pienempiä sähkö- ja ohjauskomponentteja ei kokoonpanoon mallinnettu, mutta niille jätettiin tarvittavat tilavaraukset.

7.11 Komponenttien sijoittelu

Komponenttien sijoittelu tehtiin jo olemassa olevan DC-syöttökaapin prototyypin mukaisesti. Suodatinkuristimet ovat DC-kaapin suurimmat komponentit, jotka kaappiin

asennetaan. Tästä johtuen ensimmäisenä runkoon sijoitettiin suodatinkuristimet. Nämä päätettiin asentaa kahteen ensimmäiseen kenttään. Kuristimia asennettiin yhteen kenttään kolme päällekkäin. Keskimmäiseen kenttään asennettiin kokoojakiskosto kahdesta ensimmäisestä kentästä. Kokoojakiskoston lisäksi keskimmäiseen kenttään sijoitettiin myös jäähdytysjärjestelmän komponentteja. Kentän alaosaan tulee jäähdytin ja puhallin. Neljänteen kenttään asennettiin asennuslevy. Tähän levyyn asennettiin pienempiä sähkökomponentteja, kuten kytkimiä, sulakkeita ja kondensaattoripaketti. Suurimpana yksittäisenä komponenttina levyyn kiinnitettiin invertteri. Neljännen kentän alaosaan sijoitettiin myös muuntaja sekä kuristin. Viidenteen ja viimeiseen kenttään ei sijoitettu mekaniikkasuunnittelun vaiheessa mitään. Viimeiseen kenttään jätettiin tilavaraus sähkö- ja ohjauskomponenteille, jotka voidaan lisätä sinne myöhemmässä vaiheessa. Komponenttien sijoittelu on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Komponenttien sijoittelu

8 KOKOONPANO

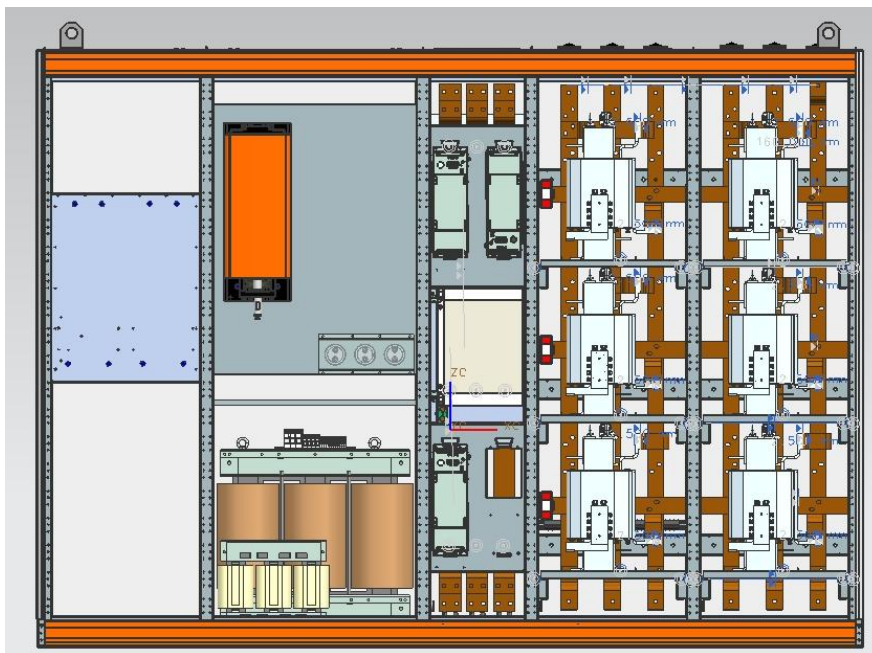
DC-syöttökaapin kokoonpano aloitettiin asentamalla runkoon kuristimet. Kuristimien paikat määräytyivät DC-syöttökaapin aikaisemman prototyypin mukaisesti. Kuristimet asennettiin kahteen kenttään niin, että kuristimia on kolme päällekkäin. Kuristimien alle suunniteltiin uudet asennusalustat. Asennusalustojen avulla kuristimia voidaan liikuttaa ja ne on helpompi ottaa tarvittaessa pois kaapista.

Kuristimien paikoituksen jälkeen alkoi virtakiskoston suunnittelu. Virtakiskoston suunnittelu vei ajallisesti suurimman osan tässä työssä. Virtakiskoston koko muuttui projektin loppuvaiheessa. Ensimmäisessä suunnitelmassa kokoojakentän kiskosto oli suunniteltu saman kokoiseksi kuin muukin kiskosto. Kokoojakentän kiskosto täytyi muuttaa leveämmäksi kuin muu kiskosto. Muutos täytyi tehdä kun huomattiin, että kokoojakentän kiskoihin tullaan liittymään kahdella kaapelilla. Aikaisempaan kiskostoon tämä ei olisi ollut mahdollista, joten kiskosto levennettiin 20 mm leveämmäksi kuin muu kiskosto. Kiskoston kokoonpanossa otettiin huomioon niin eristysvälit kuin läpivientiratkaisutkin.

Kokoonpanon seuraavassa vaiheessa suunniteltiin neljännen kentän kokoonpanoa. Tähän kenttään suunniteltiin ensimmäisenä asennuslevy. Asennuslevyyn asennettiin ensivaiheessa invertteri. Invertterin paikoituksessa otettiin huomioon sen vaatima jäähdytys. Ensimmäisessä versiossa invertteri asennettiin asennuslevyn oikeaan laitaan. Jäähdytysjärjestelmän asennuksen jälkeen invertteri jouduttiin siirtämään levyn vasempaan laitaan, jotta ilma pääsee kiertämään kunnolla invertterinkin ympärillä.

Invertterin ja asennuslevyn jälkeen suunniteltiin muuntajan ja pienemmän kuristimen paikkaa. DC-syöttökaapin rungon valinnasta johtuen, muuntajalle ja kuristimelle ei ollut montaa sijoitusvaihtoehtoa. Muuntajan koko rajoitti asennusmahdollisuuksia. Muuntaja päädyttiin asentamaan neljännen kentän alaosaan ja taakse. Kuristin asennettiin muuntajan etupuolelle vasempaan reunaan. Muuntajaa ja kuristinta varten kentän alaosaan asennettiin niille suunniteltu asennuslevy. Neljännen kentän alaosaan, oikeaan reunaan, jätettiin tilavaraus jälkiasennuksena tulevalle jakotukille.

Kokoonpanon seuraavassa vaiheessa suunniteltiin virtakiskoihin liittyvien kaapeleiden läpivientejä. Läpiviennit tuli suunnitella kuristin- ja kokoojakenttään sekä ylös että alas. Ensimmäisessä suunnitteluvaiheessa läpiviennit olisivat olleet jokaisessa kentässä samanlaiset. Projektin edetessä huomattiin, että kokoojakenttään tullaan liittymään neljällä kaapelilla per vaihe eli yhteensä kahdellatoista kaapelilla. Tämä seikka vaikeutti läpivientien suunnittelua ja poisti vaihtoehdon, että kokoojakentässä olisi voitu käyttää samaa läpivientiratkaisua kuin kuristinkentissä. Kuristinkenttiin liitytään kahdella kaapelilla per vaihe eli yhteensä kuudella kaapelilla. Läpivienti toteutettiin tekemällä kentän kattoon ja lattiaan reiät. Reiän päälle asennetaan aluslevy. Aluslevyyn kiinnitetään läpivientikumit. Läpivientikumina käytettiin kuristinkentissä MC3-laippoja. Laipoissa on tilaa kolmelle kaapelille läpiviennille, joista kahta tullaan käyttämään tässä ratkaisussa. Kokoojakiskoston läpivientiratkaisu tuotti hieman ongelmia. Kaapeleiden määrästä ja niukasta tilasta johtuen, läpivientireiät tulivat lähelle toisiaan. Reikien etäisyys poisti mahdollisuuden käyttää yleisimpiä läpivientiratkaisuja. Lopulta läpivientiratkaisuksi asennettiin The Switchin käyttämät läpivientikumit. Kokoojakentän lattiaan ja kattoon tehtiin reiät, joiden päälle asennettiin aluslevyt. Näiden levyjen päälle asennettiin läpivientikumit. Läpivientikumista leikataan päät pois, jotta kaapeli saadaan vietyä kumista läpi.



Kuva 18. DC-syöttökaappi ilman ovia

Läpivientien jälkeen suunniteltiin DC-syöttökaapin jäähdytys. Jäähdytyskomponentit asennettiin kokoojakenttään virtakiskoston etupuolelle. Jäähdytykseen käytettiin kolmea puhallinta ja yhtä radiaattoria. Puhaltimista kaksi asennettiin kokoojakentän yläosaan vastakkain toisiaan. Toinen puhaltimista jäähdyttää kuristinkenttiä ja toinen puhallin neljännen kentän yläosaa. Kolmas puhallin asennettiin kokoojakentän alaosaan. Puhaltimen tarkoituksena on jäähdyttää neljännen kentän alaosassa olevia muuntajaa ja kuristinta. Kokoojakentän keskiosaan puhaltimien väliin asennettiin radiaattori. Kokoojakentän ylä- ja alaosa suljettiin pleksiratkaisulla. Pleksit muodostavat kokoojakentästä umpinaisen laatikon. Tämän ansiosta kuumailma kiertää radiaattorin läpi ja jäähtyy. Jäähdytyksen optimoimiseksi neljännen kentän muuntaja ja kuristin eristettiin erilliseen tilaan pleksin avulla. Kaapin vasemman reunan kenttään ei asennettu komponentteja. Kentän oveen suunniteltiin aukot ohjaus- ja logiikkakomponenteille. Tämän kentän komponentteja ei mallinnettu vaan ne tullaan asentamaan kaappiin jälkiasennuksena. Viimeisessä vaiheessa kaappiin asennettiin ovet, katot, lattiat, ulkoseinät ja muut pienemmät osat, kuten nostokorvat ja koristelistat.

Vaatimuslistan asettamat vaatimukset ja toiveet saatiin toteutettua hyvin. Geometrian vaatimukset täytettiin jo alkuvaiheessa, kun DC-syöttökaapille valittiin runko. Runkorakenne täytti vaatimukset ulko- ja sisämitoiltaan. Kaapin ulkomitat ovat 600 mmx3000 mmx2200 mm (syvyys, leveys, korkeus). Voimien vaatimuksiin kuului painopisteen pitäminen mahdollisimman alhaalla. Tähän vaatimukseen asetti rajoituksia kaapin ja kuristimien koko. Kuristimille ei ollut muita mahdollisuuksia, kuin asentaa ne päällekkäin. Näin ollen painopistevaatimusta ei voitu helpottaa kuristimien sijoittamisella.

Turvallisuuden osalta vaatimuksena oli muun muassa kosketussuojat. Tämä vaatimus täytettiin asentamalla pleksistä rakennettuja kosketussuojia kaappiin. Valmistuksen asettamat vaatimukset koskivat kaapin valmistukuvia. Valmistuskuvat tehtiin ja lähetettiin alihankkijalle, jolta komponentit tilattiin.

Asennuksen vaatimat kaapelointisuunnat toteutettiin vaatimusten mukaisesti niin ylös kuin alaskin. Kuljetusvaatimukset täytettiin asentamalla kaapin yläosaan nostokorvat, josta kaappia voidaan nostaa siltanosturilla. Kaappiin asennetut komponentit pyrittiin

pitämään kunnossapidon kannalta helpossa paikassa. Tämä vaatimus täytettiin suunnittelemalla muun muassa kuristimille asennusalustat. Asennusalustojen avulla kuristimia voidaan siirtää ja ottaa pois kaapista helpommin. Myös muuntaja pyrittiin asentamaan paikkaan, josta sitä on tarvittaessa helppo huoltaa. Kustannukset ja määräajat saatiin toteutettua niille asetettujen vaatimusten puitteissa.

9 YHTEENVETO

Liittyessäni tähän projektiin se oli jo käynnistetty. Tästä johtuen en itse ollut vielä projektissa mukana kun siihen oltiin valitsemassa komponentteja, kuten runkoa. Liittyessäni projektiin pidimme palaverin, jossa kerrottiin kaapin tarkoituksesta, uusista testaustiloista, valituista komponenteista ja aikataulusta. Hieman myöhemmin pidimme myös projektille virallisen kick-off tilaisuuden. Tässä tilaisuudessa oli läsnä kaikilta mukana olevilta osastoilta henkilö. Tilaisuudessa jaettiin kokemuksia, huomioita ja vaatimuksia mitä eri osastoilla on tullut mieleen projektin aikana.

Opinnäytetyön aihe, tehonmuokkain, suunnitteluohjelmisto tai DC-syöttökaappi eivät olleet itselleni tuttuja ennen työn aloittamista. Työn alussa itselläni olikin ongelmia hahmottaa asioita ja opeteltavaa oli paljon. Projektin edetessä sain neuvoja ja opastusta monelta eri taholta. Tästä oli apua etenkin projektin aloituksessa ja myöhemmässä vaiheessa.

Projektin alku viivästyi mekaniikkasuunnittelun osalta, koska ohjelmistoon tarvittavat lisenssit puuttuivat työn alussa. Lisenssien saapumisen jälkeen työ eteni aikataulun mukaisesti ja oli mekaniikkasuunnittelun osalta mielestäni varsin hyvin onnistunut.

Projektissa pidettiin muutama välipalaveri. Palavereissa käytiin läpi kunkin osaston kohdalta projektin eteneminen. Eteen tulleista muutoksista komponenttien osalta tiedotettiin myös näissä palavereissa. Mielestäni tämä olikin hienosti hoidettu ja kaikki projektiin osallistujat tiesivät projektin kulun koko ajan.

Mekaniikkasuunnittelun osalta projektin edetessä tuli muutamia muutoksia. Komponentit ja projektin alussa tehdyt suunnitelmat eivät kuitenkaan huomattavasti muuttuneet. DC-kaappiin asennettava muuntaja muuttui suuremmaksi, virtakiskostoon tuli myös pieniä muutoksia. Nämä muutokset eivät merkittävästi mekaniikkasuunnittelua viivästyttäneet. Virtakiskostoon tulleet muutokset olivat suhteellisen pieniä ja aiheuttivat ongelmia lähinnä läpivientien suunnittelussa. Läpivientien suunnittelu osottautui luultua hankalammaksi. Ongelmia tuli kokoojakentän läpivientien kanssa, mutta ne saatiin ratkaistua aikataulun puitteissa.

Lähtökohdat opinnäytetyölle oli itselläni mielestäni vähintäänkin haastavat. En ollut käyttänyt suunnitteluohjelma NX6 aikaisemmin. Työhön liittyvä tehonmuokkain ja sen testaustapahtuma olivat itselleni myöskin täysin uusia asioita. Parin viikon opiskelun jälkeen suunnitteluohjelmisto tuli itselleni tutuksi ja työ alkoi edetä. Opinnäytetyö auttoi myös tutustumaan tehonmuokkaimeen ja sen testaukseen. Opinnäytetyön tekeminen olisi voinut ollut helpompaa, jos olisin voinut liittyä projektiin jo sen aikaisemmassa vaiheessa.

Projekti ja opinnäytetyö valmistuivat aikataulun puitteissa. Työn tekeminen oli haastavaa ja opettavaa. Olin ensimmäistä kertaa mukana niin sanotussa oikeassa projektissa ja näin miten projekti etenee. Projekti oli mielestäni järjestetty hyvin. Erityisen kiitollinen olen projektin välipalavereista. Niissä käytiin asioita hyvin yhdessä läpi.

Lopputuloksena saatiin DC-syöttökaapin kokoonpano, työpiirustukset, osaluettelo ja muut vaaditut kuvat. DC-syöttökaapin tuotteistus saatiin toteutettua.

LÄHTEET

/7/ Ahonen, Mikko. Test Manager 27.4.2010. The Switch Drive Systems Oy, Vaasa. Haastattelu.

/6/ Hantula, Juha. Vaasan ammattikorkeakoulu 2006 Tuotekehitys.

/9/ Häivälä, Jarno. Vaatimuslista DC-syöttökaapille 2010.

/5/ Kuopion yliopisto [online]. [viitattu 13.4.2010]. Saatavilla www-muodossa:<URL: http://www.uku.fi/avoin/tuta/j2_3innovaatioprosessi.htm>

/1/ The Switch 2010. [online]. [viitattu 15.3.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL: <http://inside.theswitch.com/>>.

/4/ The Switch 2010. Tuotantotestipaikkojen rakentaminen Vaasan tehtaalle, Mikko Ahonen.

/2/ The Switch 2010. GW1,5 täystehotestauksen ohjeet.

/3/ The Switch 2009. The Switch HPC internal company and product introduction

/8/ Vacon käyttäjän käsikirja NX-nestejäähdytteiset taajuusmuuttajat.

