



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Petri Tuomivirta

TUOTANTOTESTAUSJÄRJESTELMÄN MITTAUSDATAN ANALYSOINTI

Tekniikka ja liikenne

2011

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Työ tehtiin The Switch Drive Systems Oy:n Vaasan tehtaalle syksyn 2011 aikana.

Työn ohjaajina toimivat lehtori Timo Gröndahl Vaasan ammattikorkeakoulusta ja Mikko Ahonen The Switch Drive Systems Oy:stä, kiitokset heille tämän työn ohjaamisesta.

Vaasassa 13.9.2011

Petri Tuomivirta

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Petri Tuomivirta
Opinnäytetyön nimi	Tuotantotestausjärjestelmän mittausdatan analysointi
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	34+6
Ohjaaja	Timo Gröndahl

Opinnäytetyö tehtiin The Switch Drive Systems Oy:n toimeksiannosta. Tämän työn tarkoituksen oli tutkia tuotantotestausjärjestelmän kirjoittamaa mittausdataa, joka on tallennettu SQL-tietokantaan. Työ aloitettiin tutustumalla tietokannan sisältöön ja arvioitiin onko kerätty tieto tarkoituksenmukaista, oikeaa ja riittävän luotettavaa.

Työn alussa on The Switchin yritysesittely ja lisäksi siinä kerrotaan yrityksen tuotteista. Työssä tutustutaan myös tehonmuokkaimen ja sen testaukseen, jota tämä työ osittain koskee. Lähteinä käytettiin yrityksen omia internetsivuja, sisäisiä dokumentteja ja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

Työn tuloksena saatiin selvitettyä tarvittavat muutokset ja korjaukset, jotka täytyy tehdä testaustietokantaan ja testausohjelmistoon. Lisäksi saatiin tehtyä alustavia raportointityökaluja, joilla saatiin suodatettua haluttua testidataa esiin.

KÄYTETYT LYHENTEET JA KÄSITTEET

DC	Direct Current, tasavirta
GTO	Gate Turn-Off thyristor
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
Invertteri	Laite, jonka avulla muunnetaan vaihtovirtaa tasavirraksi tai tasavirtaa vaihtovirraksi
Konvertteri	Tehonmuokkain, joka muuttaa kaiken generaattorista saatavan sähkön sähköverkkoon sopivaksi
kW	Kilowatti, tehon yksikkö
LC	kela-kondensaattori suodin
LVRT	Low Voltage Ride Through, mahdollistaa generaattorin toiminnan jännitevaihteluiden aikana
MW	Megawatti, tehon yksikkö
PMG	Permanent Magnet Generator, kestopagneettigeneraattori
PWM	Pulse-Width Modulation, pulssinleveysmodulaatio
SQL	Structured Query Language, tietokantojen käyttämä kyselykieli
VSI	Voltage Source Inverter, jännitelähde invertteri

LIITELUETTELO

LIITE 1	Microsoft Excelissä käytetty makro-koodi pivot-työkalua varten
LIITE 2	Kuva Microsoft Excel työkalusta, lämpötilat
LIITE 3	Kuva Microsoft Excel työkalusta, virrat
LIITE 4	Kuva Microsoft Excel työkalusta, jännitteet
LIITE 5	Kuva Microsoft Excel työkalusta, jäähditys
LIITE 6	Kuva Microsoft Excel työkalusta, taajuus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
KÄYTETYT LYHENTEET JA KÄSITTEET	5
LIITELUETTELO	6
1 JOHDANTO	9
2 YRITYSESITTELY	10
2.1 The Switch	10
2.2 Tuotteet	11
2.2.1 Tuulivoimatuotteet	11
2.2.2 Aurinkovoimatuotteet	14
2.2.3 Polttokennosovellukset	15
2.2.4 Nopeussäätöiset generaattorit	15
2.2.5 Teolliset sovellukset	15
3 TEHONMUOKKAIN	17
3.1 Yleistä	17
3.2 Täystehokonvertteri	17
3.3 Täystehokonvertterin tekniikka	18
3.4 Toimintaperiaate	21
3.5 Tehonmuokkaimen ominaisuuksia	21
4 TEHONMUOKKAIMEN TUOTANTOTESTAUS	22
4.1 Johdanto	22
4.2 Esitestaus	22
4.3 Täystehotestaus	23
5 TIETOKANNAT	25
5.1 Yleistä	25
5.2 Structured Query Language (SQL)	26
5.3 SQL-kielen esitystapa	28

5.4	Tietokannan rakenteen määrittely	29
6	MITTAUSDATAN ANALYSOINTI	30
6.1	Testaustietokannan esittely	30
6.2	Hakusuodattimien luonti	31
6.3	Raportointityökalut	32
7	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin The Switch Drive Systems Oy:lle Vaasaan. Tehtaalla on otettu käyttöön uusi tuotantotestausjärjestelmä, joka tallentaa mittausdataa SQL-tietokantaan. Opinnäytetyön tarkoituksena oli arvioida tallennetun tiedon tarkoituksenmukaisuutta ja järjestelmän luotettavuutta. Arvioinnin perusteella laaditaan muutosehdotus tiedonkeruuseen.

Luotettavaksi todetulle tiedolle luotiin raportoinnin perustyökalut Microsoft Excel-tilukkolaskentaohjelmaan, jolla voitiin seurata esimerkiksi tuotantotestauksen mittausdataa tai poikkeamia.

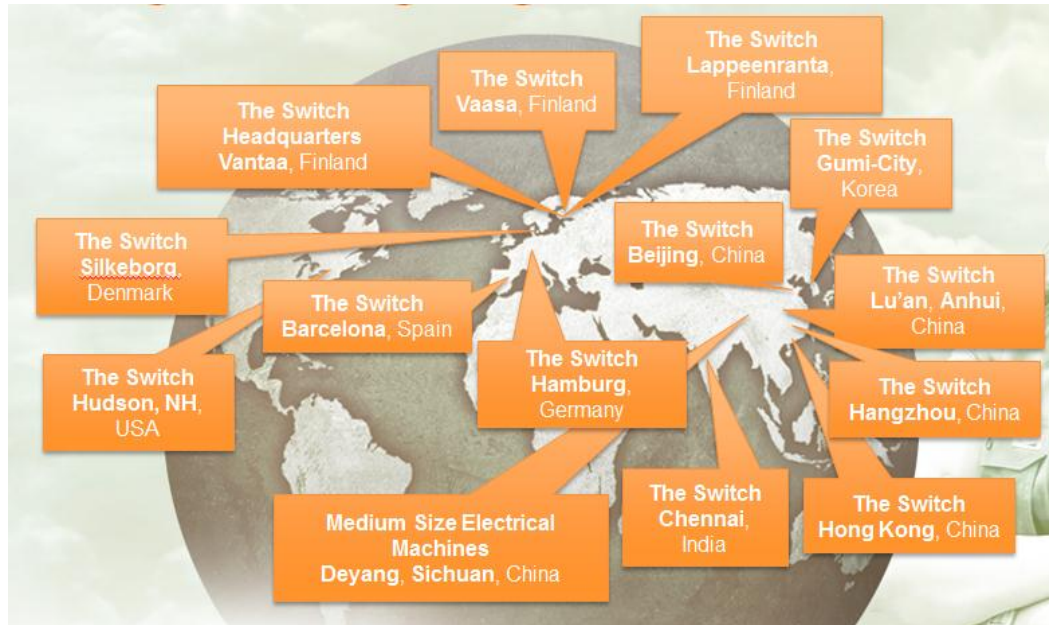
2 YRITYSESITTELY

2.1 The Switch

The Switch syntyi vuonna 2006 kun kolme yhtiötä, Rotatek Finland, Verteco ja Youtility yhdistyivät. The Switch tuottaa megawattiluokan kestopagneetti-generaattoreita ja tehonmuokkainpaketteja tuulivoiman ja muiden uusiutuvien energia-alojen, kuten aurinkovoiman käyttöön. Henkilökuntaa yrityksellä on yli 270 ja liikevaihtoa oli 134,6 miljoonaa euroa vuonna 2010. /1/

The Switchin pääkonttori sijaitsee 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 Switchillä on kaksi toimipistettä Pekingissä ja Lu'anissa. Euroopassa on Suomen lisäksi toimipisteitä Saksassa, Espanjassa, Intiassa, Koreassa ja Tanskassa. Kuvassa 1 näkyy kartalla toimipisteiden sijainnit. /1/



Kuva 1. The Switchin toimipisteiden sijainnit /1/

2.2 Tuotteet

The Switchin tuotteet voidaan jakaa viiteen eri pääryhmään:

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

2.2.1 Tuulivoimatuotteet

Tuulivoimatuotteet käsittävät täystehomuokkaimet ja kestopagneettigeneraattorit. Nestejäähdytteiset täystehomuokkaimet valmistetaan asiakkaiden vaatimusten mukaan. Kuvassa 2 on esillä tuulivoimakäyttöön tarkoitettu tehonmuokkain.

Täystehomuokkaimet ovat modulaarisia täysin räätälöitävissä asiakkaiden tarpeiden mukaan. Riippuen asiakkaiden tarpeesta, täystehomuokkaimia on saatavilla 1MW-6MW tehoalueen välillä. /1/

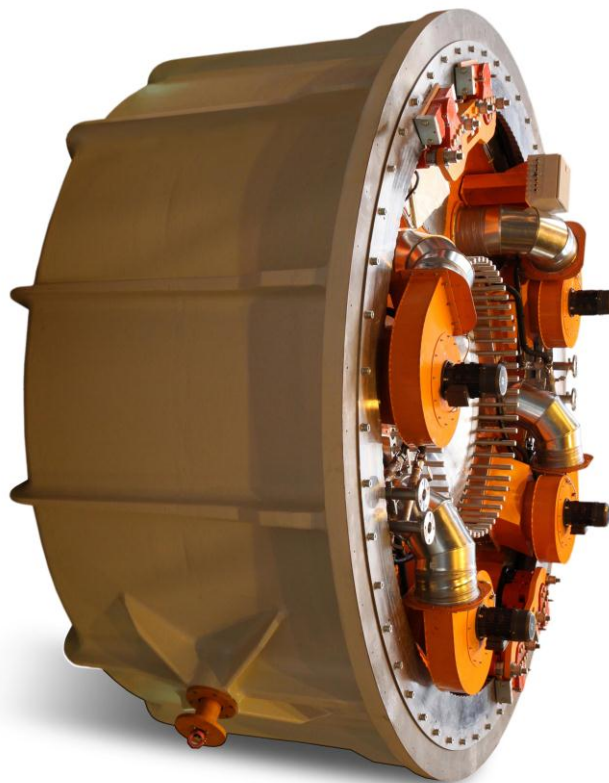


Kuva 2. The Switchin tehonmuokkain /1/

Tuulivoimapuolen kestopagneettigeneraattorit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: hidaskäynti-, keski-, ja korkeakäyntisiin kestopagneettigeneraattoreihin. Kuvassa 3 on hidaskäyntinen kestopagneettigeneraattori. /1/

Hidaskäyntiset generaattorit ovat teholtaan 1650-4250kW ja niiden käyntinopeus on yleensä 16-18 kierrosta minuutissa. Hidaskäyntiset generaattorit ovat suoravetoisia ja ne eivät tarvitse vaihdelaatikkoa toimiakseen. Keskinopeat generaattorit ovat teholtaan 1400-3300kW ja niiden käyntinopeus on yleensä 136-365 kierrosta minuutissa. Näissä generaattoreissa käytetään yksi- tai kaksivaiheista vaihdelaatikkoa. /1/

Nopeakäyntiset generaattorit ovat teholtaan 1100-3300kW ja niiden käyntinopeus on yleensä 1000-1500 kierrosta minuutissa. Näissä generaattoreissa käytetään kaksi- tai kolmivaiheista vaihdelaatikkoa. /1/



Kuva 3. The Switchin valmistama generaattori

2.2.2 Aurinkovoimatuotteet

The Switch valmistaa myös ilma- ja nestejäähdytteisiä inverttereitä aurinkovoimaloiden käyttöön, kuvassa 4 on aurinkovoimaloissa käytettävä nestejäähdytteinen invertteri. Sun Switch on suunniteltu maksimoimaan tuotettu energia auringosta, vaikka auringon säteily olisi osittaista tai epätasaista. Näin invertteri voi kerätä enemmän energiaa aurinkopaneeleilta ja sitä voidaan syöttää enemmän verkkoon. Näiden tehoalueet ovat 500 kW:sta useisiin megawatteihin. /1/



Kuva 4. Aurinkovoimalassa käytettävä invertteri /1/

2.2.3 Polttokennosovellukset

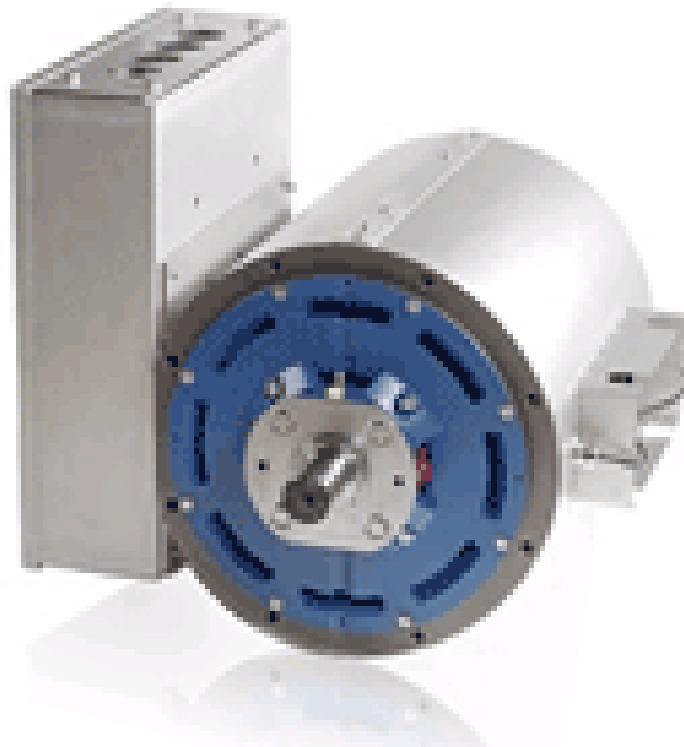
The Switch valmistaa myös polttokennokäyttöön soveltuvia inverttereitä. Niitä on saatavana ilma- ja nestejäähdytteisenä 10kW:sta ylöspäin. Niiden ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa kyky käsitellä ajoittaista kuormaa ja parantaa toimitettavan sähkön laatua. /1/

2.2.4 Nopeussäätöiset generaattorit

Nopeussäätöinen generaattori toimii huomattavasti tehokkaammin kuin kiinteä tavallinen generaattori. Generaattoria pyörittävän moottorin nopeus voidaan säätää kuormituksen mukaan. Nopeussäätöisten generaattoreiden ominaisuuksia ovat muun muassa pienempi polttoaineen kulutus ja pienemmät päästöt. /1/

2.2.5 Teolliset sovellukset

Teollisiin sovelluksiin kuuluvat nopeakäyntiset moottorit, kestomagneettimoottorit ja tehonmuokkaimet. Nopeakäyntiset moottorit perustuvat kiinteään roottoritekнологiaan. Niissä ei tarvita lainkaan vaihdelaatikoita, koska niissä käytetään nopeuden säätöön tehonmuokkainta. Kestomagneettimoottoreita ja kestomagneetti-generaattoreita valmistetaan matala- ja keskinopeuksina. Kuvassa 5 on esillä teollisissa sovelluksissa käytetty kestomagneettimoottori /1/



Kuva 5. Kiinteä roottorinen kestopagneettimoottori /1/

3 TEHONMUOKKAIN

3.1 Yleistä

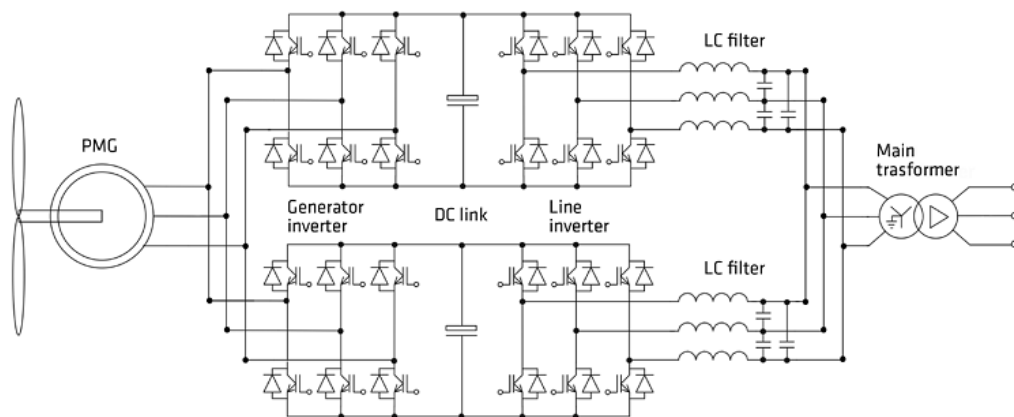
Tehonmuokkaimia käytetään tuuli- ja aurinkovoimasovelluksissa. Tehonmuokkain muuttaa generaattorista tai muusta virtalähteestä tulevan virran halutulle jännitteelle ja taajuudelle. The Switchin tehonmuokkaimet on optimoitu toimimaan kestromagneettigeneraattoreiden kanssa. /2/

3.2 Täystehokonvertteri

Muuttuvanopeuksiset tuulivoimalat vaativat toimiakseen tehoelektronikkalaitteiston, jolla voidaan muuttaa epätahti- tai tahtigeneraattorin tuottama vaihtovirta verkkotaajuiseksi. Monet tuulivoimalat ovatkin nykyään kytketty joko kokonaan tai osittain elektronikkalaitteistojen välityksellä syötettävään sähköverkkoon. Tehoelektronikan komponenttien edullisuuden ja niiden parantuneen suorituskyvyn myötä käsitellä suuria virtoja sekä jännitteitä on elektronikkalaitteistojen käyttö yleistynyt entisestään. Tässä luvussa keskitytään kaikista tehoelektronikkaratkaisista niin sanottuihin täystehokonverttereihin eli tehonmuokkaimiin, jotka muuttavat kaiken generaattorista saatavan sähkönsä sähköverkkoon sopivaksi. /3/

Käytettäessä täystehokonvertteria tuulivoimalajärjestelmässä saavutetaan paljon etuja verrattuna muihin ratkaisuihin, mutta siinä on myös joitakin haittoja. Täystehokonvertteri toimii kahden eritaajuisen verkon rajapintana generaattorin ja syötettävän verkon välissä. Säädettävän taajuuden ansiosta tuulivoimalan generaattorin pyörimisnopeus on vapaasti aseteltavissa, jolloin saavutetaan generaattorin paras hyötysuhde. Koska generaattorin nopeuden muutos sallitaan, voidaan siten myös vähentää tuulivoimalaan kohdistuvia mekaanisia rasituksia tuulen nopeuden vaihdellessa. Vaihteistoakaan ei välttämättä tarvita useampinapaisten tahtigeneraattoreiden tapauksissa, jolloin päästään eroon mahdollisesti vikaantuvasta komponentista. Sähköverkon kannalta täystehokonvertterin etuna on sen mahdol-

lisuus toimia aktiivisena osana verkkoa. Säättämällä täystehokonvertterilla turbiinin tehokerrointa voidaan kompensoida loistehoa ja siten tukea verkon jännitettä. Mahdollisuuksia on myös harmonisten virtakomponenttien eliminointiin. Täystehokonvertterien huonoina puolina voidaan pitää niiden aiheuttamia teho- ja lisähäviöitä, lisähintaa sekä mahdollisia suuntaajan aiheuttamia kytkentätaajuisia harmonisia virtakomponentteja. Lisähäviöt aiheutuvat konvertterin jännitteessä olevista yliaalloista. /4/



Kuva 6. Tehonmuokkaimen toimintaperiaate. /2/

3.3 Täystehokonvertterin tekniikka

Täystehokonvertteri koostuu pääosin tasasuuntaajasta ja vaihtosuuntaajasta sekä niiden välissä olevasta välipiiristä. Lisäksi käytetään suotimia ja ohjauksikköä. Tasasuuntaajalla muutetaan generaattorista saatava vaihtosähkö tasasähköksi. Välipiirissä oleva kondensaattori toimii energiavarastona tasasähkölle. Vaihtosuuntaajalla muutetaan tasasähkö takaisin halutun taajuiseksi vaihtosähköksi. Generaattoripuolen suotimilla suodatetaan vaihevirroista ja –jännitteistä modulointitajuinen särö kytkemällä generaattoripuolen vaihtosuuntaussillan ja generaattorin

väliin tähti- tai kolmiokytkentäinen suodinkondensaattori mahdollisimman lähelle kytkinkomponentteja. Verkkopuolen suotimen tarkoituksena on vaimentaa verkkosillan tuottamien vaihevirtojen moduloinnista aiheutuvat yliaallot. Tähän voidaan käyttää pientä ja yksinkertaista LC-suodinta. Välipiirissä voidaan myös käyttää L-suotimia, joiden tehtävänä on vaimentaa välipiirin virran yliaaltoja. Konvertterissa on myös ohjausyksikkö, joka huolehtii konvertterin tarkoituksenmukaisesta toiminnasta. /4/, /5/

Täystehokonvertterin tasasuuntaaja ja vaihtosuuntaaja voidaan toteuttaa eri tavoilla. Diodisilloja voidaan käyttää ainoastaan tasasuuntaajina, kun taas elektronisia kytkimiä voidaan taas käyttää sekä tasasuuntaajina että vaihtosuuntaajina täystehokonverttereissa. Diodisillat ovat halpoja, luotettavia ja niiden häviöt ovat pienet. Ne sallivat kuitenkin vain yksisuuntaisen tehon siirron, jolloin generaattorissa on oltava mahdollisuus jännitteen säätöön ja vaihtosuuntaajassa virransäätömahdollisuus. Tuulivoimalan generaattori ja tasasuuntaaja on valittava tekniikan puolesta kokonaisuutena, kun vaihtosuuntaaja voidaan valita vapaasti muista komponenteista riippumatta. /4/

Diodisiltatasasuuntaajaa tai tyristoritasasuuntaajaa voidaan käyttää ainoastaan tahtigeneraattorin yhteydessä, sillä tahtigeneraattori ei tarvitse magnetisointiin loisivirtaa. Muuttuvanopeuksisten induktiogeneraattoreiden tapauksessa on käytettävä aina GTO (Gate Turn-Off thyristor) tai IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) tasasuuntaajaa, sillä niillä pystytään myös kontrolloimaan loistehoa. Nykyään IGBT-transistorit ovat suosittuja vaihtoehtoja tasasuuntaajan ja vaihtosuuntaajan komponenteiksi niiden nopeuden, helpon kontrolloinnin ja nopean kehityksen takia, vaikka niiden hinta ja tehohäviöt ovat joitakin muita ratkaisuja korkeampia. /4/

Täystehokonverttereita voidaan toteuttaa monella eri tasa- ja vaihtosuuntaajayhdistelmällä. Nykyaikaiset, muuttuvanopeuksisille tuulivoimalakokoonpanoille periaatteessa soveltuvia konvertterityyppejä ovat back-to-back-, monitaso- ja matriisi-konvertterit. Nämä kaikki ovat VSI-(Voltage Source Inverter) eli jännitevälipiirillisiä ja PWM-(Pulse-Width Modulation) eli pulssinleveysmoduloituja konvertterityyppejä. Näistä nykyään on käytössä ainoastaan back-to-back-tyyppiset konvertterit, mutta monitaso- ja matriisikonverttereita suositellaan lisätutkimuksen kohteiksi. /5/

Jännitevälipiirillinen PWM-konvertteri (back-to-back PWM-VSI) on kaksisuuntainen täystehokonvertteri. Täydellisen verkkovirran säädön saavuttamiseksi täytyy välipiirin jännite nostaa korkeammalle tasolle kuin verkon pääjännitteen amplitudi. Välipiirin jännitteen pitämiseksi vakiona täytyy tehovirtausta verkkosillassa säätää, ja generaattorisillan säätö toteutetaan magnetointitarpeen ja referenssinopeuden perusteella. Jännitevälipiirillinen PWM-konvertteri on yleisimmin käytetty kolmivaiheinen konvertteriratkaisu. Se on myös hyvin tutkittua ja tunnettua tekniikkaa. Sen suuren suosion ja sitä kautta suuren tuotannon vuoksi myös sen komponentit ovat halvempia verrattuna harvinaisempia komponentteja vaativiin konvertterityyppeihin. /4/, /5/

PWM-konvertterin teknisiin etuihin kuuluu verkkosillan ja generaattorisillan välissä olevan kondensaattorin erottaminen, koska se mahdollistaa siltojen erillisen ja itsenäisen ohjauksen siltojen epäsymmetrian kompensoimiseksi. Välipiirin kondensaattoria voidaan jossain tapauksissa mieltää myös haitaksi, sillä se on raskas ja suurikokoinen sekä kasvattaa kustannuksia ja vähentää järjestelmän elinikää verrattuna konverttereihin, joissa kondensaattoria ei ole. Muita haittoja PWM-konverttereissa ovat kytkentähäviöiden lisäksi korkean kytkentätaajuuden aiheuttamat mahdolliset harmoniset yliaallot, jotka saattavat vaatia ylimääräisiä suotimia. /4/, /5/

3.4 Toimintaperiaate

Tehonmuokkain muokkaa generaattoreista tulevan virran halutulle jännitteelle ja taajuudelle. Tehonmuokkaimen tärkeimmät komponentit ovat nestejäähdytteiset invertteripaketit. Generaattorista saatu vaihtovirta muutetaan tehonmuokkaimessa tasavirraksi ja edelleen vaihtovirraksi. Tehonmuokkaimessa käytetään yleensä kahta erillistä invertteripakettia. Ensimmäinen invertteripaketti muuttaa generaattorilta tulevan vaihtovirran tasavirraksi. Toinen invertteripaketti muuttaa saadun tasavirran edelleen vaihtovirraksi ja siirtää sen edelleen sähköverkkoon päin. Kuvasta 6 selviää tehonmuokkaimen sähköinen toimintaperiaate. /2/

Kuvassa 2 esitetty tehonmuokkain on jaettu viiteen kenttään, jotka on erotettu toisistaan väliseinillä. Vasemmalta päin katsottuna ensimmäistä kenttää kutsutaan generaattoripuoleksi, kun taas oikealta päin katsottuna toista kenttää kutsutaan linjapuoleksi. Tehonmuokkain on varustettu nestejäähdytyksellä ja jäähdytyskenttä on toinen kenttä vasemmalta. Jäähdytyskenttään on asennettuna jakotukki, puhaltimia ja radiaattoreita. Jakotukin kautta tehonmuokkain on liitetty jäähdytysjärjestelmään, jossa yleensä käytetään jäähdytysaineena glykolin ja veden seosta. Tehonmuokkaimessa on myös elektronisia ja sähköteknisiä komponentteja laitteen suojaamiseen ja ohjaukseen. /2/

3.5 Tehonmuokkaimen ominaisuuksia

The Switchin tehonmuokkaimet on suunniteltu täyttämään yhä tiukkenevat sähköverkkojen vaatimukset. Tehonmuokkaimissa on esimerkiksi käytössä LVRT-järjestelmä, joka mahdollistaa generaattoreiden toiminnan verkon jännitekuoppien aikana. Tehonmuokkain pysyy kytkettynä verkkoon koko heilahtelun ajan ja mahdollistaa näin keskeytymättömän sähkön tuotannon. /1/

4 TEHONMUOKKAIMEN TUOTANTOTESTAUS

4.1 Johdanto

Tässä kappaleessa käsitellään The Switchin tehonmuokkaimen tuotantotestausta. Tuotantotestauksen tarkoituksena on estää virheellisten tuotteiden pääsy asiakkaille ja varmistaa laitteen toimivuus, kuten se on suunniteltu. Yleensä vialliset laitteet saadaan tuotannon tässä vaiheessa kiinni. Tuotantotestaus käsittää kaksi vaihetta, esitestauksen ja täystehotestauksen. /6/

4.2 Esitestausta

Esitestausta vaihe suoritetaan kokoonpanossa sekä esitestausta paikalla. Kokoonpanossa suoritetaan tehonmuokkaimen jäähdytysjärjestelmän painetestausta ja johdotusten tarkistus. Esitestausta paikalla tehonmuokkaimesta tarkastetaan kojeet, tarvittavat tunnukset ja sensorit sekä apusähköjärjestelmä. Tehonmuokkaimen ladataan myös tarvittavat testausapplikaatiot ja parametrit. /6/



Kuva 7. Kuva testilaboratorion sisältä.

4.3 Täystehotestaus

Täystehotestaus on tehonmuokkaimien koekäyttö, jossa tehonmuokkain kytketään testijärjestelmään ja sille suoritetaan koekäyttö. Täystehotestaus tapahtuu DC-syöttöisellä testausmenetelmällä, jossa ei ole pyöriä koneita mukana. Testausasemassa on käytössä kaksi erillistä testauslaboratoriota, joissa testausoperaattori suorittaa testauksen automaatiojärjestelmän ohjaamana. Virhetilanteissa tehonmuokkain osaa ajaa itsensä alas, jos näin tapahtuu. Tehonmuokkainta kuormitetaan täydellä teholla kahden tunnin ajan ja sen täytyy läpäistä se virheettömästi. Koeajon aikana testausohjelmisto tallentaa tehonmuokkaimen arvoja minuutin välein SQL-tietokantaan. Mitattavia arvoja ovat esimerkiksi virta, lämpötila, teho ja jännite. Testauksen kannalta on oleellista saavuttaa tehonmuokkaimen nimellisteho. /6/



Kuva 8. Testauslaboratorio

5 TIETOKANNAT

5.1 Yleistä

Tietokanta on kokoelma yhteenliittyvää tietoa. Tiedolla tarkoitetaan tosiasioita, jotka voidaan kirjata ja joilla on jokin merkitys. Esimerkiksi reseptikokoelma tai videorekisteri voivat olla tietokantoja. Tietokannoilla on yleensä seuraavat ominaisuudet:

- Tietokanta esittää jotain reaali maailman, minimaailman (miniworld/ Universe of [Discourse), asioita. Minimaailmaan tehdyt muutokset heijastuvat tietokantaan.
- Tietokanta on loogisesti yhtenäinen kokoelma tietoa, jolla on jokin merkitys.
- Tietokanta on suunniteltu, rakennettu ja täytetty tiedolla jotain tiettyä tarkoitusta varten. Sillä on jokin tarkoitettu käyttäjäryhmä ja joitain ennalta laadittuja ohjelmia, joita käyttäjät käyttävät.

Toisin sanoen:

- Tietokannalla on jokin lähde, josta sen sisältämä tieto on peräisin.
- Tietokannalla on jotain tekemistä todellisen maailman tapahtumien kanssa.
- Tietokannalla on käyttäjiä, jotka ovat kiinnostuneita sen sisällöstä.

Tietokanta voi olla hyvinkin pieni ja yksinkertainen tai vastaavasti erittäin suuri ja monimutkainen. Esimerkiksi tavallisen Matti Meikäläisen puhelinnumeromuistio on hyvin pieni ja yksinkertainen tietokanta. Tallennettavaa tietoa on yleensä vain ihmisten nimet, puhelinnumerot ja mahdollisesti osoitteet. Tällainen tietokanta tarvitsee tallennustilaa vain joitakin kymmeniä kilotavuja, eikä vaadi kovinkaan erikoisia haku-, lisä- ja poistotoimintoja. Toisaalta taas Googlen (URL:

<http://www.google.com>) hakukone, joka yrittää ylläpitää hakusanastoa koko WWW:n sisällöstä, on vaatimuksiltaan hieman eri kokoluokkaa. Pelkkää levytilaa kuluu yli 200 gigatavua puhumattakaan muista laitteistovaatimuksista ja varsinaisen tietokantaohjelmiston toiminnoista. /7/

Tietokannalle asetetaan ainakin seuraavia vaatimuksia:

- Kukin tieto tallennetaan kannassa vain yhteen paikkaan eli tietokannassa ei esiinny turhaa toistoa (redundancy).
- Tietoja pystytään hakemaan joustavasti erilaisin perustein ja myös sellaisin, joita ei tietokantaa suunniteltaessa ole pystytty ennakoimaan.
- Tietokannan rakenteen muuttaminen on joustavaa.
- Hyväksikäyttö ja sovellusohjelmat ovat riippumattomia tietojen fyysisestä tallennusrakenteesta, mitä kutsutaan tietoriippumattomuudeksi.

5.2 Structured Query Language (SQL)

SQL (Structured Query Language) on standardoitu ja laajimmin käytössä oleva relaatiotietokantojen yhteydessä käytettävä kieli. Ensimmäinen versio SQL:stä syntyi jo vuonna 1974, kun IBM:n San Josen tutkimuslaboratoriossa kehitettiin SEQUEL-kieli. Myöhemmin SEQUELia uudistettiin ja sen nimi muutettiin SQL:ksi. Ensimmäinen virallinen standardi SQL:lle tuli vuonna 1986. Vuonna 1989 standardiin hieman lisäiltiin ominaisuuksia ja julkistettiin niin sanottu SQL92 viimein vuonna 1992. SQL99 on uusin vuonna 1999 julkistettu versio SQL-kielestä. /7/

SQL99 on vasta muutaman vuoden ikäinen, ja sille saadaan odottaa täydellistä tukea vielä vuosikausia. SQL99:n tärkeimmät uutuudet käydään kuitenkin lyhyesti läpi. Vastaavanlaisia ominaisuuksia on ollut tietokannanhallintajärjestelmissä jo

pitkään valmistajien omina versioina, mutta vasta SQL99 standardoi ne. SQL ei ole pelkästään kyselykieli, kuten voisi nimestä yrittää päätellä. /7/

Kieli sisältää seuraavat ominaisuudet:

- tietokannan rakenteen määrittelyn ja muuttamisen
- tekemisen
- tietojen lisäämisen, muuttamisen ja poistamisen
- valtuuksien ja turvallisuuden hoitamisen
- tapahtumankäsittelyn ohjaamisen
- upotetun SQL:n ja kohdistimien hallitsemisen.

Tietokannan rakenteen määrittely käydään huolella läpi heti seuraavissa jaksoissa. Rakenne on syytä saada kerralla määriteltyä oikein, koska jälkikäteen sen muuttaminen on työlästä, ja voi tietyssä tapauksessa aiheuttaa kaikkien tietokantaan kohdistuvien kyselyjen ja muiden operaatioiden muuttamista. Rakenteen muuttaminen jälkikäteen on vain merkki huonosti tehdystä suunnittelutyöstä. /7, 39-41/

Kyselyt ovat yleisin SQL-kielen käyttöalue. Suurin osa tietokannan käsittelystä on erilaisten kyselyjen, yhteenvetojen, koosteiden ja raporttien tekemistä tietokannan tiedoista. SQL-kieli on vahvimmillaan juuri näissä asioissa. Tehokkaat kyselyt edellyttävät kuitenkin myös hyvin laadittua tietokantaa ja ymmärtämystä joukko-operaatioista. /7/

Tietojen lisäämistä, muuttamista ja poistamista tehdään harvemmin suoraan SQL-kielillä muualla kuin tietokantaohjelmistoja rakennettaessa. Valtuuksien muuttaminen on yleensä tietokannan ylläpitäjän tehtävä ja hyvin usein nämä on joko näppärintä tai jopa aivan pakko tehdä SQL-kielillä. /7/

Tapahtumien eli transaktioiden käsitteleminen on erittäin tärkeää hiemankin monimutkaisemmissa tietokantasovelluksissa. SQL-kielessä onkin valmiit käskyt

transaktioiden päättämiseen ja peruuttamiseen. Erityisesti sovellusohjelmoijien on tärkeää opetella hallitsemaan tapahtumia. /7/

Upotettu SQL ja kohdistimet ovat ohjelmoijan työkaluja, joilla voi helposti ja tehokkaasti tuottaa tietokantapohjaisia sovelluksia. Upotettua SQL:ää tutkitaan lähinnä SQLJ:n avulla. Kohdistimia taas joutuu käyttämään kaikissa tietokantasovelluksissa kielestä ja ympäristöstä riippumatta. SQL:ää käytetään mm. seuraavin monin eri tavoin ja eri yhteyksissä:

- Vuorovaikutteista SQL:ää (interactive SQL), käytetään antamalla SQL-käskyjä omassa ikkunassaan ja vastaukset saadaan suoraan omaan ikkunaan. SQL:n testaaminen ja opettelu tapahtuu yleensä juuri vuorovaikutteisella SQL:llä.
- Upotetussa SQL:ssä (embedded SQL), jossa SQL-käskyt upotetaan ohjelmointikielen tai sovellus/raporttikehittimeen. Vastaukset saadaan suoraan ohjelmointikielen muuttujiin.
- Dynaamisessa SQL:ssä (dynamic SQL), jossa SQL-käskyjä luodaan dynaamisesti ohjelmakoodissa ja lähetetään generoitu SQL-käsky tietokantajärjestelmälle käännettäväksi ja suoritettavaksi.

5.3 SQL-kielen esitystapa

SQL-kielessä käytettyyn merkistöön kuuluvat kirjaimet a-z, A-Z, numerot 0-9 ja seuraavat erityismerkit mukaan lukien välilyönti: " % & ' () ° + , - . / : ; < = > ? _ |.

SQL-kielen omaan käyttöön on varattu avainsanoja.. Näitä avainsanoja ei pidä taulujen tai kenttien niminä. Isoilla ja pienillä kirjaimilla ei SQL-kielessä ole erillistä merkitystä, kuin merkkijonojen sisällä. Yleinen tapa on kuitenkin kirjoittaa SQL:n omat komentosanat isoilla kirjaimilla. Taulujen nimet kirjoitetaan usein

alkaen isolla alkukirjaimella ja kenttien nimet kokonaisuudessaan pienillä kirjaimilla. Tämän kirjoitustavan noudattaminen selkiyttää huomattavasti SQL-lauseiden ymmärrettävyyttä. Taulujen ja muiden objektien nimet eivät saa alkaa numerolla, mutta numeroita saa muuten esiintyä nimissä. Standardin määrittämä maksimipituus nimille on 128 merkkiä. /7/

5.4 Tietokannan rakenteen määrittely

SQL ei ole pelkkä kyselykieli, vaan sillä voidaan hoitaa myös taulujen määrittely ja luominen. Tietokannan rakenteen määrittelyyn liittyvät SQL-komennot ovat SQL-kielen Data Definition Language (DDL)-osaa. Uusia tauluja luotaessa täytyy määritellä taulun nimi ja siihen tulevat sarakkeet. Jokaiselle sarakkeelle voidaan määritellä seuraavat tiedot:

- sarakkeen nimi
- tietotyyppi
- maksimipituus
- numeerisille tietotyypeille tarkkuus
- pakollisuus
- sallittujen arvojen rajoitukset
- oletusarvo.

Tauluille pystytään määrittelemään myös perusavaimet, viiteavaimet ja toissijaiset indeksit. Taulujen lisäksi voidaan määritellä myös näkymiä. Tauluja, rajoituksia, avaimia ja näkymiä voidaan tarvittaessa myös poistaa tai niiden ominaisuuksia jälkikäteen muuttaa. /7/

6 MITTAUSDATAN ANALYSOINTI

6.1 Testaustietokannan esittely

Työ aloitettiin tutustumalla tietokannan sisältöön ja arvioitiin onko kerätty data tarkoituksenmukaista, oikeaa ja riittävän luotettavaa. Kyseessä oli uusi järjestelmä, joka oli otettu käyttöön vuoden 2011 alussa. Projekti oli toteutettu tiukalla aikataululla, joten mittausdataan ei oltu perehdytty tarkemmin.

Testaustietokanta koostuu kahdesta eri taulusta. Ensimmäiseen tauluun on tallennettu tehonmuokkaimen perustiedot. Se sisältää id-numeron, testaajan nimen, tehonmuokkaimen sarjanumeron, tuotekoodin, revisionumeron, testauspaikan, aloitus- ja lopetusajan ja aikaleiman. Toinen taulukko sisältää id-numeron, mittauksen nimen, arvon, tyypin ja aikaleiman. Nämä taulut on edelleen yhdistetty yhdeksi tietokantanäkymäksi ja niistä on tehty linkitys Exceliin, josta tietoa voidaan helposti lukea ja käsitellä.

Tuotantotestausjärjestelmä kirjoittaa testidataa SQL-serverin tietokantaan. Tietokantaa alettiin tutkia Microsoft SQL Management Studiolla ja Microsoft Excel 2010-ohjelmalla. Exceliin oli tehty linkitys, jolla se pystyi avaamaan tietokannan. Mittausdataa tutkittaessa havaittiin, että mittauksissa on puutteita. Muutamia mittauksia puuttui kokonaan, osassa mittauksia oli skaalausvirheitä ja jotkin mittaukset ei olleet kovin oleellisia. Näihin tietoihin perustuen luotiin muutosdokumentti, johon kirjattiin tehtävät muutokset ja korjaukset.

The screenshot shows a Microsoft SQL Server Enterprise Manager window with the following SQL queries:

```

select * from PRODUCT where SERIAL_NUMBER ='31c01780-1'
select ID,PRODUCT_ID,NAME,value,type,stamp from NUMERIC_PARAMETER where PRODUCT_ID='1916' order by STAMP desc
select * from DCtest_measurements where SERIAL_NUMBER ='31c01780-1'

```

The Results grid displays the following data:

ID	USER	SERIAL_NUMBER	CODE	REVISION	TESTING_STATION_ID	START_TIME	STOP_TIME	STAMP
1	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	2011-07-25 07:14:57.550

ID	PRODUCT_ID	NAME	value	type	stamp
1	3150988	1916	Current limit 2U1	600 A	2011-07-25 09:30:23.000
2	3150989	1916	Current limit 3U1	600 A	2011-07-25 09:30:23.000
3	3150990	1916	Voltage reference	95 %	2011-07-25 09:30:23.000
4	3150991	1916	Frequency reference	50 Hz	2011-07-25 09:30:23.000
5	3150992	1916	Inverter current 1U1	1255 A	2011-07-25 09:30:23.000
6	3150993	1916	Inverter voltage 1U1	638 V	2011-07-25 09:30:23.000
7	3150994	1916	Inverter current 2U1	593 A	2011-07-25 09:30:23.000
8	3150995	1916	Inverter voltage 2U1	621 V	2011-07-25 09:30:23.000

ID	USER	SERIAL_NUMBER	CODE	REVISION	TESTING_STATION_ID	START_TIME	STOP_TIME	PRODUCT_ID	STAMP	ACTIVE	3phase c
1	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:17:56.000	1	NULL
2	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:17:57.000	1	NULL
3	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:21:45.000	1	NULL
4	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:31:14.000	1	850
5	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:33:14.000	1	850
6	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:35:14.000	1	850
7	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:37:14.000	1	850
8	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:38:14.000	1	850
9	1916	KroNi	31C01780-1	1110000009 #2	DC1	2011-07-25 07:12:03.000	2011-07-25 09:31:44.000	1916	2011-07-25 07:39:14.000	1	850

Kuva 9. Kuva tietokannan sisällöstä

6.2 Haku-suodattimien luonti

Toisessa vaiheessa alettiin tutkia tietokantaa Microsoft SQL Server management Studiolla. Ohjelmalla täytyi tehdä tietokantaan haku-suodattimia, joilla saatiin suodatettua haluttu testausdata esiin. Tämä täytyi tehdä siksi, koska Excel ei pysty käsittelemään kuin tietyn määrän rivejä ja rajoitus tulee jossain aiheessa vastaan.

Suodattimien avulla pystytään ottamaan Exceliin tietty määrä dataa ja näin käsittelemään sitä. Suodattimet ovat tässä tietokannassa erittäin tärkeitä, koska tietokanta sisältää miljoonia rivejä dataa. Esimerkiksi yhden tehonmuokkaimen kahden tunnin testiajon jälkeen syntyy noin kuusituhatta riviä testausdataa.

Tietokantaan tehtiin Microsoft SQL Server Management Studiolla erilaisia SQL-hakuja, joilla voitiin hakea tiettyä testausdataa. Kun haluttu testausdata oli saatu

suodatettua esiin, se voitiin kopioida Exceliin jatkokäsittelyä varten. Excelissä on myös hyviä suodatustyökaluja, joita käytettiin tässä työssä apuna.

6.3 Raportointityökalut

Kolmannessa vaiheessa alettiin luoda raportointityökalujen prototyyppejä Excelillä. Excelissä on pivot-tilakotoiminto, jolla saadaan luotua suuresta tietomäärästä taulukoita. Taulukkoon pystyy esimerkiksi hakemaan tehonmuokkaimen sarjanumeron perusteella testiajon kaikki mittaukset. Taulukkoon voi myös hakea joi-tain yksittäisiä mittauksia. Tämän jälkeen siitä voidaan tehdä graafinen esitys, jos-ta näkee helposti, onko testiajon aikana ollut jotain poikkeamia.

Toimeksiantona oli laatia raportti, johon haetaan sarjanumeron perusteella kaikki-en mittausten trendit. Tämä raportti luotiin Microsoft Excelin pivot toiminolla. Excelin asetuksista täytyi myös laittaa päälle automaattinen päivitys, joka haki tietokannasta esimerkiksi minuutin välein päivitettyt tiedot. Lisäksi Excelistä täy-tyi laittaa makrot päälle ja tehdä pieni makro-koodin pätkä, joka päivitti pivot-tilakot, kun tiedot muuttuivat. Raportissa on viisi eri näkymää, joista tehtiin graafinen esitys. Näkymät ovat: lämpötilat, virrat, jännitteet, jäähdytys ja taajuus. Tällä työkalulla voidaan tarkastella yksityiskohtaisesti testiajon tapahtumia. Työn lopussa olevista liitteistä selviää, minkälaista dataa saatiin työkalulla suodatettua esiin.

7 YHTEENVETO

Tuotantotestauksen mittausdatan analysoinnilla oli tarkoitus selvittää, oliko tietokantaan tallennettu data tarkoituksen mukaista. Työ soveltui minulle hyvin, koska olin aikaisemmin toiminut testaajana. Pystyin helposti havaitsemaan testausaseman puutteet ja virheet. Mittausdatassa oli myös puutteita ja niiden korjaamiseksi aloitettiin toimenpiteet. Puutteista ja virheistä luotiin raportti, jonka perusteella toimenpiteet tullaan tekemään. Tietokantaan saatiin tehtyä hakusuodattimia, jotka helpottivat huomattavasti tiedon etsimistä laajasta tietokannasta. Tieto voitiin tämän jälkeen siirtää Exceliin jatkokäsittelyä ja raportointia varten. Raporteilla pystyttiin seuraamaan kuinka paljon testattuja tehonmuokkaimia meni testeistä läpi ja seuraamaan tehonmuokkaimen mittausten käyttäytymistä testin aikana.

LÄHTEET

/4/ Ackerman, T. 2005. Wind Power in Power Systems. England. John Wiley & Sons Ltd.

/3/ DI-työ Petteri Palmumaa. 2010. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta. Lappeenranta.

/5/ Laaksonen H, Repo S. 2003. Tuulivoimateknologia sähköjakaiverkossa. Tampere. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

/7/ Lahtonen, T. 2002. SQL Toolkit. 1. Painos. Jyväskylä. Docendo.

/1/ The Switch 2011. [online]. [viitattu 5.9.2011]. Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.theswitch.com>](http://www.theswitch.com).

/6/ The Switch 2011. GW 1,5 DC-Test instruction.

/2/ The Switch 2011. The Switch HPC internal company and product introduction.

Pivottyökalussa käytetty makro-koodi taulukon päivitystä varten.

```
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)
```

```
Worksheets("pivot").PivotTables("PivotTable1").PivotCache.Refresh
```

```
End Sub
```

