

Jani Närvänen

SÄHKÖASEMAN MITTAMUUNTAJIEN TESTAUS OMICRON-
TESTILAITTEELLA

Sähkötekniikan koulutusohjelma
2014

Sähköaseman mittamuuntajien testaus Omicron-testilaitteella

Närvänen, Jani
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2014
Ohjaaja: Lehtio, Ari
Sivumäärä: 35
Liitteitä: 4

Asiasanat: mittamuuntaja, jännitemuuntaja, virtamuuntaja, testaus

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, miten uusi Omicron CT-Analyzer -testilaitte muuttaa mittamuuntajien käyttöönottotarkastusta ABB Oy:ssä. Lisäksi tehtiin tiivistetty käyttäjän opas laitteesta. Nämä tehtiin, koska haluttiin selvittää analysaattorin vaikutus käyttöönoton mittauksiin. Haluttiin myös helpottaa laitteen käyttöönottoa työmailla.

Aluksi työssä käytiin läpi käyttöönottomittausten suorittaminen ennen uutta testilaitetta. Tämän jälkeen käytiin läpi mittalaitetta sekä tehtiin virtamuuntajan testaus Omicron CT-Analyzer -testilaitteella. Mittaus suoritettiin ABB Oy:n Ulvilan sähköasematyömaalla.

Mittaustyön avulla voitiin todeta, että itse mittaustyöhön kuluva aika pienenee huomattavasti, kun taas esivalmisteluihin kuluva aika kasvaa. Tulosten perusteella saatiin käsitys siitä, miten työskentely muuttuu uuden laitteen myötä. Opinnäytetyön tuloksena saatiin myös käyttöohjekirja, joka on tarkoitettu laitteen uusien käyttäjien tueksi ABB:n projekteissa.

Testing of instrument transformers with Omicron CT-Analyzer

Närvänen, Jani

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

April 2014

Supervisor: Lehtio, Ari

Number of pages: 35

Appendices: 4

Keywords: instrument transformer, voltage transformer, current transformer, testing

In this thesis was studied, how the new Omicron CT-Analyzer test equipment changes commissioning of instrument transformers at ABB Oy. In addition to it was made a condensed user's guidebook for the testing device. This was done because of wanting to define how this new testing device will affect the testing and make it easier to use the device on site.

Firstly it was introduced how the testing was carried out before the Omicron CT-Analyzer testing device. After this, was gone through the Omicron CT-Analyzer. After that was done a current transformer test with the Omicron CT-Analyzer at ABB Oy substation site at Ulvila.

The results made it possible to say that the work time of measurements is reduced significantly, while the preparatory work time increases. With the results was gained an understanding of how working is changed with the new device. As a result was also received a user's guidebook to new user for basic operations with the Omicron which is intended for new users support to ABB's projects.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ABB OY.....	6
3	MITTAMUUNTAJIEN TEHTÄVÄ JA VALINTA	7
3.1	Mittamuuntaja suojauksiin.....	8
3.2	Mittamuuntaja mittauksiin.....	9
4	MITTAMUUNTAJIEN RAKENNE	11
4.1	Virtamuuntaja	11
4.2	Jännitemuuntaja	13
4.2.1	Induktiivinen jännitemuuntaja.....	14
4.2.2	Kapasitiivinen jännitemuuntaja.....	15
5	MITTAMUUNTAJIEN TESTAUKSEN PERIAATTEET	16
5.1	Virtamuuntaja	16
5.1.1	Eristysvastusmittaus	17
5.1.2	Magnetointikäyrä.....	17
5.1.3	Käämin sisäinen resistanssi	18
5.1.4	Napaisuuden tarkistus.....	19
5.1.5	Muuntosuhde	19
5.1.6	Toision impedanssi.....	20
5.2	Jännitemuuntaja	20
5.2.1	Napaisuuden tarkistus.....	20
5.2.2	Muuntosuhde	21
6	OMICRON-TESTILAITE YLEISESTI.....	22
7	MITTAUKSET OMICRON CT-ANALYZERILLÄ	25
8	YHTEENVETO	31
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
9.1	Johtopäätökset tutkimuksesta.....	31
9.2	Opinnäytetyössä opittua.....	34
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan ABB Oy:n Vaasan Power Systems divisioonan Substations yksikköön hankitun Omicron CT-Analyzer -mittamuuntajatestilaitteen vaikutusta käyttöönottotyöhön. Testilaitte hankittiin kesällä 2013, eikä siitä ole aikaisempaa käyttökokemusta yksikössä.

Opinnäytetyössä perehdytään sähköaseman virta- ja jännitemuuntajiin sekä näiden valintaan. Työ käsittelee mittamuuntajille tehtävät käyttöönottomittaukset, tarvittavat välineet ja kytkennät sekä testilaitteen käytön. Lisäksi työssä tarkastellaan standardien asettamia virheraja-arvoja erilaisille mittamuuntajille.

Testilaitteen toiminnan kuvaamiseksi suoritetaan käyttöönottomittaus ABB:n 400/110/20kV:n sähköasematyömaalla Ulvilassa. Mittauksen teolla sekä työvaiheiden vertailulla aikaisempiin työskentelytapoihin voidaan vertailla uuden testilaitteen vaikutuksia työhön. Tulosten pohjalta voidaan tehdä päätelmiä hankinnan kannattavuudesta. Työn tuloksena saadaan myös liitteenä oleva käyttöopas (sisäiseen käyttöön).

2 ABB OY

ABB Oy:n tarina Suomessa alkoi vuonna 1889, kun sähkötekniikasta kiinnostunut Axel Gottfried Strömberg ryhtyi yrittäjäksi Helsingissä tuotteinaan tasavirtakoneet, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistukset ja asennukset. Vuosikymmenien aikana yhtiö laajentui ja laajensi toimintaansa muualle Suomeen. Tammikuussa 1988, kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdisti sähkötekniset liiketoimintansa, syntyi näiden Suomalainen tytäryhtiö ABB Oy. (ABB Oy:n www-sivut 2014.)

Nykyään ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka pääkonttori sijaitsee Sveitsissä Zürichissä. ABB toimii yli sadassa maassa ja työllistää noin 150 000 henkilöä. Sen liikevaihto Suomessa vuonna 2012 oli noin 2,3 miljardia euroa. (ABB Oy:n www-sivut 2014.)

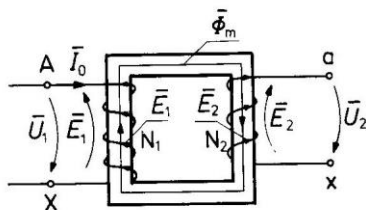
ABB:n liiketoiminta koostuu viidestä yhtymästä, divisioonasta, jotka jakautuvat osiin eri asiakasryhmien sekä teollisuudenalojen mukaan. Suomessa ABB toimii yli 30 paikkakunnalla. Suomen päätoimipisteet ovat Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa. ABB:n divisioonat Suomessa ovat Power Products, Power Systems, Discrete Automation and Motion, Low Voltage Products ja Process Automation. ABB on maailman johtava toimittaja teollisuuden moottorien, taajuusmuuttajien, tuuliturbiinigeneraattorien sekä sähköverkkojen alalla. (ABB Oy:n www-sivut 2014.)

Power Systems divisioonan Substations yksikkö toimittaa sähköasemia avaimet käteen -periaatteella. ABB:n sähköasemia löytyy ympäri maailman niin aavikoilta kuin suurkaupunkien keskustoista. (ABB Oy:n www-sivut 2014.)

3 MITTAMUUNTAJIEN TEHTÄVÄ JA VALINTA

Mittamuuntajat ovat virran- ja jännitteen mittaamiseen tarkoitettuja muuntajia, joiden tehtävänä on erottaa järjestelmän mittauspiiri galvaanisesti päävirtapiiristä sekä mahdollistaa virran ja jännitteen vienti mittaus- ja suojalaitteille ja suojella niitä ylikuormilta. Mittamuuntaja mahdollistaa näiden laitteiden sijoittamisen etäälle mittauspaikasta. Mittamuuntajien tulee toistaa mittaamansa virta tai jännite normaalioloissa mahdollisimman virheettömästi. Käytännön sovelluksissa muuntajan tyhjäkäyntivirta sekä käämien hajaimpedanssit aiheuttavat vääristymää, mikä tarkoittaa, että mittauksissa on aina pientä virhettä. (Elovaara & Haarla 2011, 198.)

Mittamuuntajien ominaisuuksia voidaan tutkia teoriassa käyttämällä avuksi yksivaihemuuntajan sijaiskytkentää. On kuitenkin muistettava, että käytännössä virtamuuntajan toisiokäämi on oikosuljettu ja jännitemuuntajan toisiokäämi on tyhjäkäynnissä. Kuvassa 1 on esitetty ihanteellisen häviöttömän yksivaihemuuntajan rakenne tyhjäkäynnissä. Siinä ensiökäämiin eli käämiin N_1 tuodaan sähköteho ja toisista eli käämistä N_2 otetaan sähköteho kuormalle rautasydämessä syntyvän magneettivuon Φ_m välityksellä. (Aura & Tonteri 1986, 11.)



Kuva 1. Häviötön yksivaihemuuntaja tyhjäkäynnissä (Aura & Tonteri 1989, 11.)

Yleisimmin mittamuuntajien toiminta perustuu sähkömagneettisen induktion käyttöön. Tämän lisäksi on kuitenkin käytössä kapasitiivisia jännitemuuntajia sekä virtamuuntajiin sijoitettuja kapasitiivisia ulosottoja. (Elovaara & Haarla 2011, 198.)

3.1 Mittamuuntaja suojauksiin

Suojareille ja häiriötallentimille siirrettävä tieto sähköverkossa ilmenevistä häiriöistä pitää siirtää muuntajan läpi suojalaitteille, jotta virta ja jännite saadaan muutettua mittalaitteille sopivan pieneksi. Verkon vikatilaa mittaaminen ja tuloksen luotettavuus korkeilla ylivirroilla vaatii mittamuuntajalta pientä tarkkuutta, mutta korkean kyvyn siirtää vikavirtoja suojalaitteille. Esimerkiksi ylivirtaa mittaavalle suojalaitteelle ei tarvita täysin tarkkaa virtatietoa vaan tärkeämpää on, että muuntaja kestää ylivirran hajoamatta. Suojausmittamuuntajien tarkkuusluokat ovat 5P, 10P, 5PR, 10PR ja PX. (Sjövall & Findell 2009, 45.) Taulukossa 1 on esitetty suojausvirtamuuntajien luokkien 5P ja 10P sallitut virherajat mitattujen virtojen arvoissa.

Taulukko 1. Suojausvirtamuuntajien tarkkuusvaatimukset luokilla 5P ja 10P (IEC60044-1)

Table 14 – Limits of error for protective current transformers

Accuracy class	Current error at rated primary current %	Phase displacement at rated primary current		Composite error at rated accuracy limit primary current %
		minutes	centiradians	
5P	±1	±60	±1,8	5
10P	±3	–	–	10

Suojaukseen tarkoitetuille jännitemuuntajille ilmoitetaan samanlainen tarkkuusluokka kuin mittaukseen tarkoitetuille virtamuuntajille. Tämän lisäksi näille määritellään suojausluokat 3P ja 6P sekä mitoitusjännitekerroin, josta ilmenee korkein mahdollinen käyttöjännite jonka muuntaja kestää: 1,2, 1,5 tai 1,9. (IEC60044-2, 75.) Taulukossa 2 on esitetty näiden kahden suojausluokan sallitut virherajat mitatussa jännitteessä.

Taulukko 2. Jännitemuuntajan tarkkuusvaatimukset luokilla 3P ja 6P (IEC60044-2)

Table 12 – Limits of voltage error and phase displacement for protective voltage transformers

Class	Percentage voltage (ratio) error + or –	Phase displacement + or –	
		Minutes	Centiradians
3P	3,0	120	3,5
6P	6,0	240	7,0

NOTE When ordering transformers having two separate secondary windings, because of their interdependence, the user should specify two output ranges, one for each winding, the upper limit of each output range corresponding to a standard rated output value. Each winding should fulfil its respective accuracy requirements within its output range, whilst at the same time the other winding has an output of any value from zero up to 100 % of the upper limit of its output range. In proving compliance with this requirement, it is sufficient to test at extreme values only. If no specification of output ranges is supplied, these ranges are deemed to be from 25 % to 100 % of the rated output for each winding

3.2 Mittamuuntaja mittauksiin

Mittamuuntajia käytetään esimerkiksi sähköverkon kW-, kvar- ja virtamittauksiin. Virran mittaamisessa vaaditaan muuntajalta korkeaa mittaustarkkuutta luotettavien arvojen saamiseksi. Toisaalta muuntajan mittaussydämen ylivirran kestoisuus on matalampi. Mittaussydänten tarkkuusluokkia ovat virtamuuntajilla 0,1, 0,2, 0,2S 0,5, 0,5S, 1, 3 ja 5. Virtamuuntajille määritetään myös mittarivarmuuskerroin F_s , joka kertoo kuinka suurella kertoimella muuntajan toistaa virtaa nimellisvirtaansa nähden. Tämä kerroin on 5 tai 10. (Sjövall & Findell 2009, 42–43.) Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty mittausvirtamuuntajien tarkkuusluokkien virherajat.

Taulukko 3. Mittausvirtamuuntajan tarkkuusvaatimukset, luokat 0.1-1 (IEC60044-1)

Table 11 – Limits of current error and phase displacement for measuring current transformers (classes from 0.1 to 1)

Accuracy class	± Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below				± Phase displacement at percentage of rated current shown below							
					Minutes				Centiradians			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0.2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0.5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1.0	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Taulukko 4. Mittausvirtamuuntajan tarkkuusvaatimukset, luokat 3 ja 5 (IEC60044-1)

Table 13 – Limits of current error for measuring current transformers (classes 3 and 5)

Class	± Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below	
	50	120
3	3	3
5	5	5

Mittauskäyttöön tarkoitetuille yksivaiheisille jännitemuuntajille ilmoitetaan tarkkuusluokat 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 ja 3,0. Tarkkuusluokkien tulee päteä jännitemuuntajalla kun nimellijännite vaihtelee arvoilla 80 % – 120 % ja nimelliskuorma arvoilla 25 %– 100 % (IEC60044-2, 71). Taulukossa 5 on esitetty mittausjännitemuuntajien sallitut mittauksen virherajat.

Taulukko 5. Mittausjännitemuuntajan tarkkuusvaatimukset luokille (IEC60044-2)

Table 11 – Limits of voltage error and phase displacement measuring voltage transformers

Class	Percentage voltage (ratio) error ±	Phase displacement ±	
		Minutes	Centiradians
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Not specified	Not specified

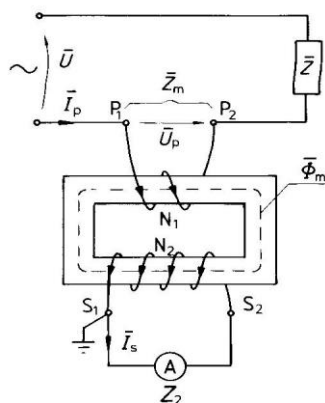
NOTE When ordering transformers having two separate secondary windings, because of their interdependence, the user should specify two output ranges, one for each winding, the upper limit of each output range corresponding to a standard rated output value. Each winding should fulfil its respective accuracy requirements within its output range, whilst at the same time the other winding has an output of any value from zero up to 100 % of the upper limit of the output range specified for the other winding. In proving compliance with this requirement, it is sufficient to test at extreme values only. If no specification of output ranges is supplied, these ranges are deemed to be from 25 % to 100 % of the rated output for each winding.

If one of the windings is loaded only occasionally for short periods or only used as a residual voltage winding, its effect upon other windings may be neglected.

4 MITTAMUUNTAJIEN RAKENNE

4.1 Virtamuuntaja

Virtamuuntaja on mittamuuntaja, joka muuntaa sähköverkon suuren virran pienemmäksi sen toisiopuolella oleville suojalaitteille. Kuvasta 2 nähdään, kuinka muuntajan primääripuolelle tuotu sähköverkon jännite johdetaan muuntajan rautasydämen läpi toisiopiiriin laitteille. Ensiökäämi merkitään tunnuksilla P_1 - P_2 ja toisiokäämi S_1 - S_2 . Virtamuuntajien rakenteita on kahta eri päätyyppiä, jotka ovat rakenteeltaan erilaisia. (Sjövall & Findell 2009, 77.)



Kuva 2. Virtamuuntajan kytkentä ja rakennekuva (Aura & Tonteri 1986, 100.)

Yhdessä virtamuuntajassa voi olla useampia muuntajasydämiä mittaus- ja suojaustarkoituksiin, koska virtamuuntajan eri sydämet eivät häiritse toisiaan. Tämän ansioista erilliset muuntajat mittauksista ja suojausta varten eivät ole tarpeellisia. (Elovaara & Haarla 2011, 211.)

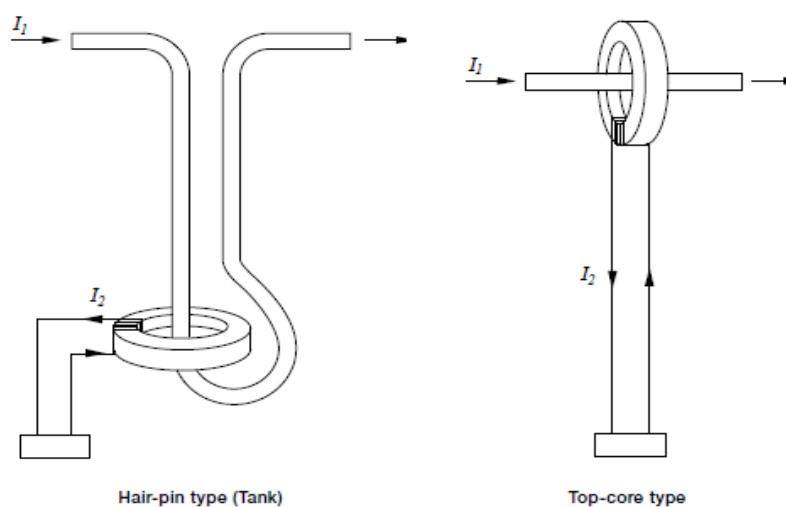


Figure 5.1

Kuva 3. *Hair-pin* ja *Top-core* – rakenteiden erot (Sjövall & Findell 2009, 77.)

Hair-pin-rakenteen etuna on, että kojeen painopiste on alhaalla eikä sen paino silloin rasita eristintä. Myös uusien sydänten lisääminen muuntajaan onnistuu helposti. Toisaalta rakenteelle ominainen pitkä ensiöjohdin aiheuttaa suuret häviöt, mikä pienentää muuntajan kuormitettavuutta. (Elovaara & Haarla 2011, 211.)

Top-core-rakenteen ongelmana on sen korkealla oleva painopiste, joka rajoittaa sydänten määrän ja rasittaa eristintä. Sen etuina ovat taas lyhyt ensiöjohdin, jonka ansiosta muuntajan häviöt ovat pienemmät ja kuormitettavuus suurempi. (Elovaara & Haarla 2011, 212.) Ulvilan 400 kV:n sähköaseman virtamuuntajat ovat *Top-core*-tyyppisiä juuri niiden paremman kuormitettavuuden ansiosta.

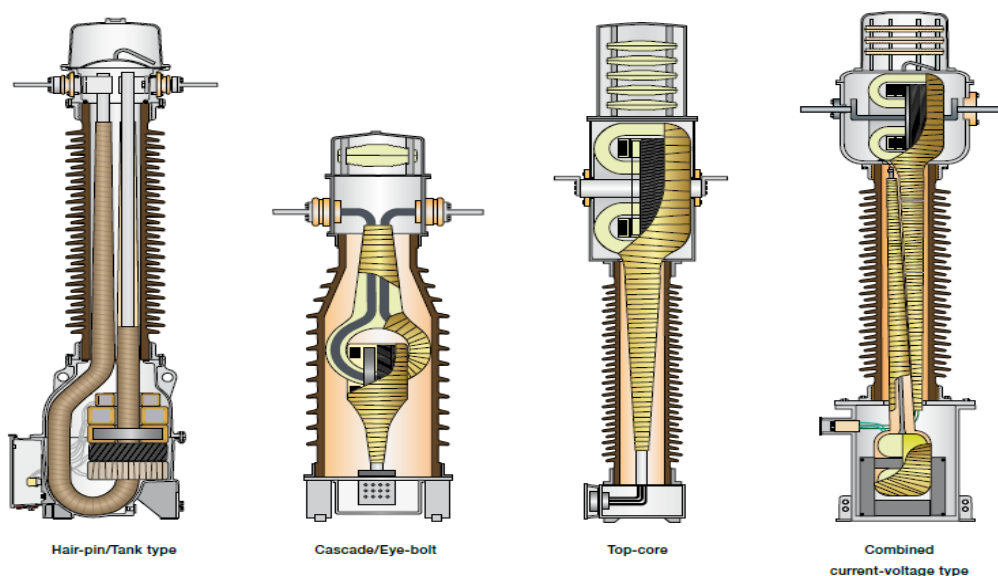


Figure 5.2
Typical designs of CTs

Kuva 4. Poikkileikkauksia virtamuuntajien rakenteista (Sjövall & Findell 2009, 80.)

Kuvasta 4 nähdään virtamuuntajien päätyyppien rakenteelliset erot. Säiliömäisessä rakenteessa muuntajan toisiokäämi on sijoitettu säiliöön lähelle maan pintaa ja ensiöjohdin on U-muotoinen. Tämä on yleisin rakenne. Toinen malli on kaskadimallinen hybridirakenne kahden päätyypin välillä. Kolmas malli esittää toista päärakennetta, jossa molemmat sydämet sijaitsevat muuntajan yläosassa ja ensiöjohdin on yleensä sauvan muotoinen. Viimeinen rakenne yhdistää virta- ja jännitemuuntajan toiminnot samaan rakenteeseen. (Sjövall & Findell 2009, 77–80.)

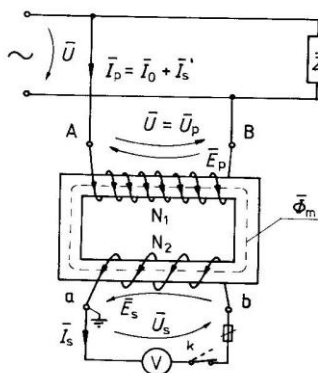
Valtaosa markkinoilla olevista virtamuuntajista on öljyeristeisiä. Öljyeristeisessä muuntajassa muuntajan sydämet ovat säiliöissä, jotka on täytetty eristeaineella eli öljyllä.

Muovieristetyissä virtamuuntajissa sekä muuntajan ensiökäämi että toisiosydämet on valettu epoksin ja kvartsin sekoitteesen. Tämäntyyppisten virtamuuntajien käyttöön ulkotiloissa vaikuttavat etenkin ilmastolliset olosuhteet, joiden vaikutus muovieristeen eristeominaisuuksiin tulee huomioida. (Sjövall & Findell 2009, 77.)

Kaasueristeisten virtamuuntajien eristeaineena käytetään SF₆:ta eli rikkiheksafluoridikaasua. Kaasueristeellä korvataan käytössä olevaa öljyeristettä. Kaasulla on hyvät eristeominaisuudet, se ei syty ja se kestää lämpötilojen muutoksia. Eristeenä kaasu asettaa omat vaatimukset testauksille koska kaasulla on korkea paine muuntajassa. (Sjövall & Findell 2009, 78.)

4.2 Jännitemuuntaja

Jännitemuuntaja on mittamuuntaja, joka muuntaa sähköverkon jännitteen pienemmäksi mittalaitteille. Jännitemuuntajan rakenne ja kytkentä on esitetty kuvassa 5. Jännitemuuntajia on olemassa kahdenlaisia, induktiivisia sekä kapasitiivisia. Kapasitiivisia jännitemuuntajia käytetään yleisesti nimellisjännitteeltään 145 kV:n ja suuremmilla jännitetasoilla. Matalammilla jännitetasoilla taloudellisista syistä käytetään induktiivisia jännitemuuntajia. (Sjövall & Findell 2009, 63.) Induktiivisia jännitemuuntajia käytetään myös yli 145 kV:n jännitteellä, kun tarvitaan hyvää taajuusvastetta esimerkiksi sähkön laadun mittauksiin. Näin on muun muassa ABB:n rakentamalla Ulvilan 400 kV:n sähköasemalla. (Hirvonen sähköposti 27.2.2014.)



Kuva 5. Jännitemuuntajan kytkentä- ja rakennekuva (Aura & Tonteri 1986, 117)

4.2.1 Induktiivinen jännitemuuntaja

Induktiivinen jännitemuuntaja toimii tavallisen muuntajan tavoin. Muuntajan ensiökäämiin syötetty jännite johdetaan muuntajan rautasydämen läpi muuntajan toisioon. Jännitemuuntajan ensiöjännite riippuu verkon nimellisjännitteestä. Jos jännitemuuntaja kytketään vaiheen ja maan väliin, mitoitusjännite on vaihejännite, esimerkiksi $110000:\sqrt{3}\text{V}$. Toisiokäämissä käytetty mitoitusjännite on $100:\sqrt{3}\text{V}$. Induktiivinen jännitemuuntaja on toimintaperiaatteeltaan ja rakenteeltaan samanlainen kuin magneettinen virtamuuntaja. (Elovaara & Haarla 2011, 217–218.)

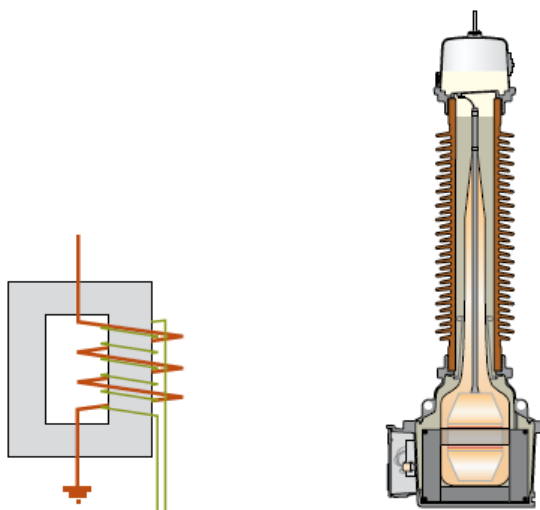


Figure 6.1
Inductive voltage transformer

Kuva 6. Induktiivinen jännitemuuntaja (Sjövall & Findell 2009, 83.)

4.2.2 Kapasitiivinen jännitemuuntaja

Kapasitiivinen jännitemuuntaja on yleisin mittamuuntajatyyppeä yli 100 kV:n jännitteillä. Jännitemuuntaja sisältää kaksi osaa: kapasitiivisen jännitteenjakajan, induktiivisen jännitemuuntajan sekä sähkömagneettisen yksikön, joka suojaa muuntajaa resonoinnilta. Kapasitiivisen jännitemuuntajan yhteyteen voidaan myös kytkeä PLC-laitteita (PLC, *power line carrier*) esimerkiksi kaukokäyttöä varten. (Sjövall & Findell 2009, 23.)



Kuva 7. ABB kapasitiivinen jännitemuuntaja EMF 52-170 kV. (ABB AB High Voltage Products, 33.)

Jos posliinikuorinen kapasitiivinen jännitemuuntaja likaantuu, se voi kosteissa tiloissa aiheuttaa vuotovirtojen kulkemista muuntajan pinnalla. Mikäli muuntajassa on sarjassa useampia osia, ulkopinnalla kulkevat vuotovirrat aiheuttavat suoraan mittausvirhettä jännitteenjakajassa muuntajan sisällä. (Elovaara & Haarla 2011, 218.)

5 MITTAMUUNTAJIEN TESTAUKSEN PERIAATTEET

Tässä opinnäytetyössä käsittelen virta- ja jännitemuuntajille käyttöönottotarkastuksessa suoritettavia mittauksia erityisesti Omicron CT-Analyzer -testilaitteella. Testilaitte on tarkoitettu ensisijaisesti virtamuuntajien testaukseen. Kuitenkin joitakin jännitemuuntajien mittauksia on mahdollisuus suorittaa. Nämä mittaukset eivät pelkästään riitä jännitemuuntajan käyttöönottotarkastukseksi.

Jotta voidaan tarkastella laitteen hyviä ja huonoja puolia, tulee kuitenkin tietää, kuinka nämä mittaukset voidaan suorittaa ilman analysointia. Myös kohteen visuaalinen tarkastelu on tärkeä osa käyttöönottotarkastusta, eikä sitä tule unohtaa. Mittamuuntajan tarkastus suoritetaan aina tarkastuslistan mukaan, joka rakennetaan standardien sekä tilaajan vaatimusten mukaisesti. Mittauksia suoritetaan käyttöönoton eri vaiheissa. (Fingrid Oyj, 4.) Opinnäytetyön liitteenä ovat virta- ja jännitemuuntajan tarkastuspöytäkirjat. (Liite 1 ja 2)

Mittamuuntajille, kuten muillekin sähköaseman laitteille, tehdään aina asennuksen yhteydessä käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksessa mitataan ja tarkastetaan visuaalisesti, että laite on ehjä ja laitteen kilpiarvot vastaavat mittauksia. Laitteen tulee täyttää myös valmistajan sille asettamat vaatimukset. (Rintamäki 2002, 11.)

5.1 Virtamuuntaja

Virtamuuntajan testaukseen tarvittava laitteisto on seuraava:

- ensisijainen virransyöttölaite sekä kaapelit (0-500A AC)
- väliotolla varustettu jännitemuuntaja (0-240 V, 0-1000 V)
- pihtivirtamittari
- yleismittari (resistanssi, jännite: 0-1 kV)
- analoginen yleismittari (mA ja mV)
- eristysvastusmittari (1 kV ja 5 kV:n alueet)
- 4kpl paristoja (litteitä 4,5V kpl)

- työkaluja
- liitäntäpäitä sekä kytkentäkaapelia.

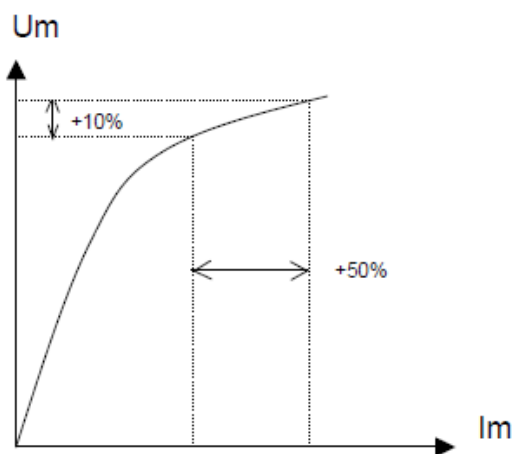
(Rintamäki 2002, 11.)

5.1.1 Eristysvastusmittaus

Mittamuuntajien asennuksen jälkeen aloitetaan mittaukset eristysvastusmittauksilla. Eristysvastusmittauksilla varmistetaan, että muuntajien ensiöpuolet on riittävästi eristetty maasta ja toisiopuolet toisistaan sekä maasta. Eristysvastus tulee mitata aina ennen kaapelointia, koska tarkoitus on mitata muuntajan eristysresistanssi, eikä koko kytkennän eristysresistanssi. (Rintamäki 2002, 12.)

5.1.2 Magnetointikäyrä

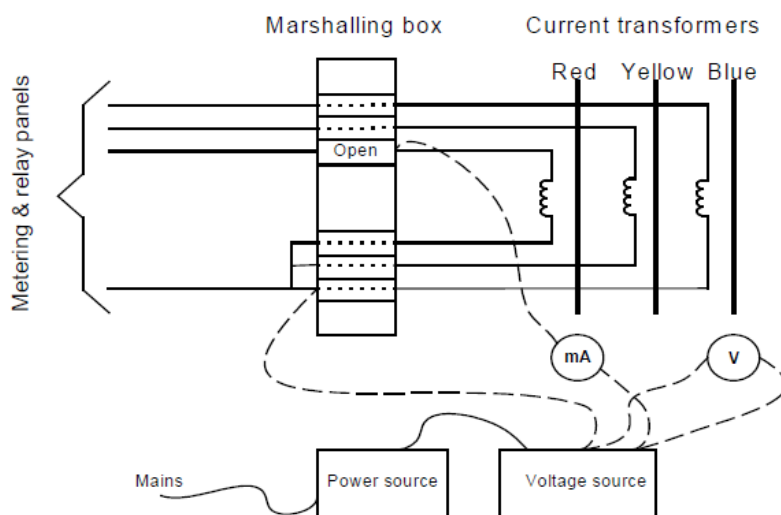
Kuva 8 esittää virtamuuntajan magnetointikäyrää. Magnetointikäyrä esittää magnetointivirran magnetoivan jännitteen funktiona. Mittauksella selvitetään sydämen ”knee-point” kohta käyrällä, jossa 10 %:n kasvu jännitteessä vastaa 50 %:n kasvua virrassa. Testeissä ollaan yleensä kiinnostuneita jännitteen arvosta. Käyrä on erilainen suojaus- ja mittaussydämillä. (Rintamäki 2002, 13.)



Kuva 8. Mittamuuntajan magnetointikäyrä (Rintamäki 2002, 13.)

Tällä mittauksella varmistetaan siitä, että muuntajaan asennettu ja kytketty sydän on oikeanlainen. Kuva 8 esittää mittauskytkennän ”knee-point”-kohdan mittauksen. Mittaus tehdään ulkotiloissa kentän jakokaapista. Ennen mittausta tiedetään jo kilpiarvoista sekä tyypistä, millainen ”knee-point”-arvo sydämellä on. (Rintamäki 2002, 13.)

Yleensä mitataan vain yksi piste magnetointikäyrältä joka mitataan mahdollisimman läheltä ”knee-point”-jännitteen arvoa. Suojaussydämillä ”knee-point”-jännite vaihtelee 250–800 V:n alueella ja mittaussydämillä 100 V:n lähellä. Nämä arvot pätevät muuntajilla, joiden toisiovirta on 1 A. (Rintamäki 2002, 13.)



Kuva 9. Magnetointikäyrän mittauskytkentä (Rintamäki 2002, 14.)

5.1.3 Käämin sisäinen resistanssi

Käämin sisäisellä resistanssimittauksella määritetään muuntajan toisiokäämitysten tasavirtaresistanssi. Mittaukset tehdään yleismittarilla tai Wheatstonen mittasillalla. Mittauksen aikana kaikki ulkoiset piirit tulee olla irtikytketty.

Saatuja tuloksia tulee verrata tehdastestien tuloksiin. Mitatut arvot voivat erota hieman tehdastestien arvoista. Arvoja muuttavat mittapäiden resistanssi sekä lämpötila mittauksen aikana. (Rintamäki 2002, 14.)

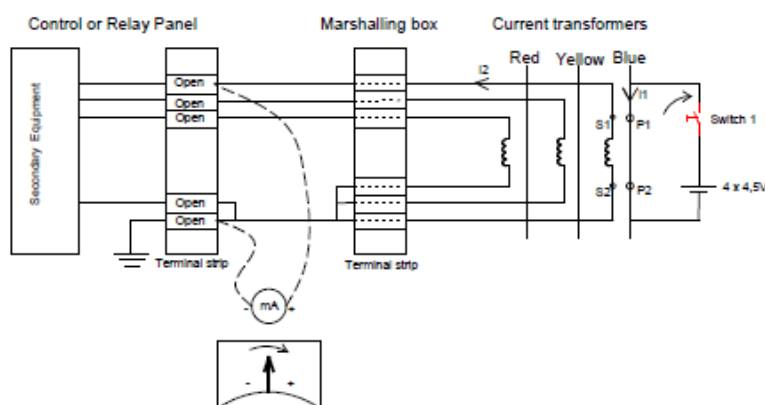
5.1.4 Napaisuuden tarkistus

Virtamuuntajan napaisuuden tarkistuksella varmistetaan siitä, että virtamuuntajan sydämet on kytketty oikein toisioliittimiltä aina relepaneeliin asti. Mittauksen idea on se, että muuntajan napoihin syötetään virtapulssi ennalta määrättyllä suunnalla. Samalla tarkastetaan relekaapilta sekä kaikilta välissä olevilta kytkentäpisteiltä, että pulssin suunta on sama. Mittaus tehdään jokaisella vaiheella erikseen jokaiselle sydämelle. (Rintamäki 2002, 15.)

Kuvasta 10 nähdään kytkentä mittausta varten. Kun kytkin 1 suljetaan, analogisen virtamittarin osoittimen pitäisi liikkua positiiviseen suuntaan. Kun kytkin avataan, mittarin tulisi liikkua negatiiviseen suuntaan. (Rintamäki 2002, 15.)

Connection for "pulsing" #1

(Figure: 3.3)



Kuva 10. Mittauskytkentä napaisuuden tarkastamiseen (Rintamäki 2002, 15.)

5.1.5 Muuntosuhde

Muuntosuhdemittauksella tarkistetaan, että muuntajan ensiö- ja toisiovirrat ovat oikeassa suhteessa toisiinsa nähden. Mittaus suoritetaan syöttämällä ensiöpiiriin korkeaa, 100–200 ampeerin virtaa. Virheellinen muuntosuhde saattaa johtua väärästä kytkennästä, virheellisestä tilauksesta tai väärästä tuotteesta. Toisiopiiriin virta mitataan ja suhde lasketaan kaavalla 1:

$$\frac{I_p N}{I_s N} \approx \frac{I_p}{I_s} = \text{Ratio} \Rightarrow I_s \approx \frac{I_p \times I_s N}{I_p N}$$

$I_p N$ = Nimellinen ensiövirta

$I_s N$ = Nimellinen toisiovirta

I_p = Syötetty ensiövirta

I_s = Mitattu toisiovirta

Kaava 1. Muuntosuhteen laskukaava (Rintamäki 2002, 18.)

5.1.6 Toision impedanssi

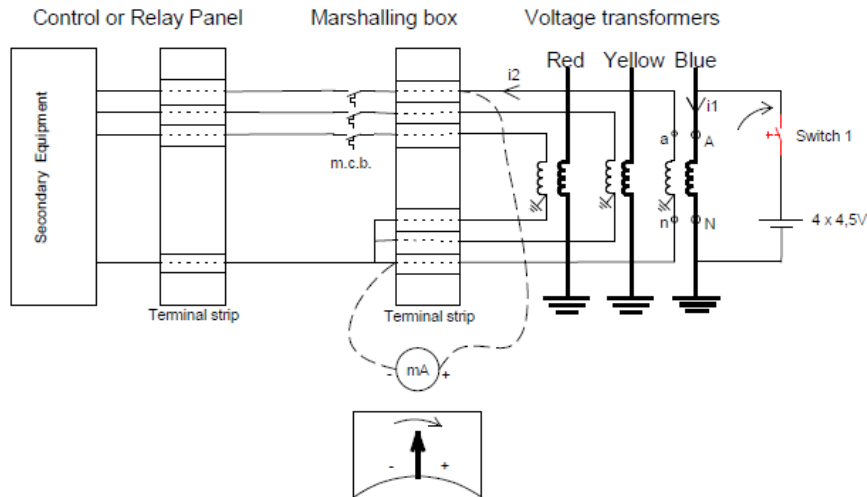
Samaan aikaan kun virtamuuntajalle tehdään primäärikoestusta, mitataan yleismittarilla muuntajan toisiojännite sekä -virta. Saatujen arvojen avulla voidaan laskea muuntajan toision impedanssin arvo. (Rintamäki 2002, 18.)

5.2 Jännitemuuntaja

Omicron CT-Analyzer on tarkoitettu ensisijaisesti virtamuuntajien testaukseen. Laitteella on kuitenkin mahdollista testata jännitemuuntajien käämiresistanssi ja muuntajan muuntosuhde. Jännitemuuntajalle tehdään eristysresistanssin mittaus samalla lailla kuin virtamuuntajille. Samanlainen mittaus on myös induktiivisen jännitemuuntajan napaisuuden testaus, lukuun ottamatta kapasitiivista jännitemuuntajaa.

5.2.1 Napaisuuden tarkistus

Induktiivisen jännitemuuntajan napaisuus voidaan tarkistaa samoin periaattein kuin virtamuuntajien. Kuvasta 11 selviää kytkentä jännitemuuntajan napaisuuden tarkastamiseen. Kun kytkin suljetaan, analogisen virtamittarin osoittimen tulisi liikahtaa positiiviseen suuntaan ja negatiiviseen suuntaan avattaessa kytkin. Mittaus tehdään kentän jakokaapilta. (Rintamäki 2002, 21.)



Kuva 11. Mittauskytkentä napaisuuden tarkastamiseen (Rintamäki 2002, 21.)

5.2.2 Muuntosuhde

Jännitemuuntajan muuntosuhde mitataan syöttämällä muuntajan ensiöön niin suuri jännite, kuin mittarin kannalta on mahdollista. Kuvasta 12 selviää mittauksen kytkentä. Mittaukset suoritetaan ulkotiloissa, kentän jakokaapissa. Toisiojännite mitataan ja muuntosuhde lasketaan kaavalla 2:

$$\frac{U_{pN}}{U_{sN}} \approx \frac{U_p}{U_s} = \text{Ratio} \Rightarrow U_s \approx \frac{U_p \times U_{sN}}{U_{pN}}$$

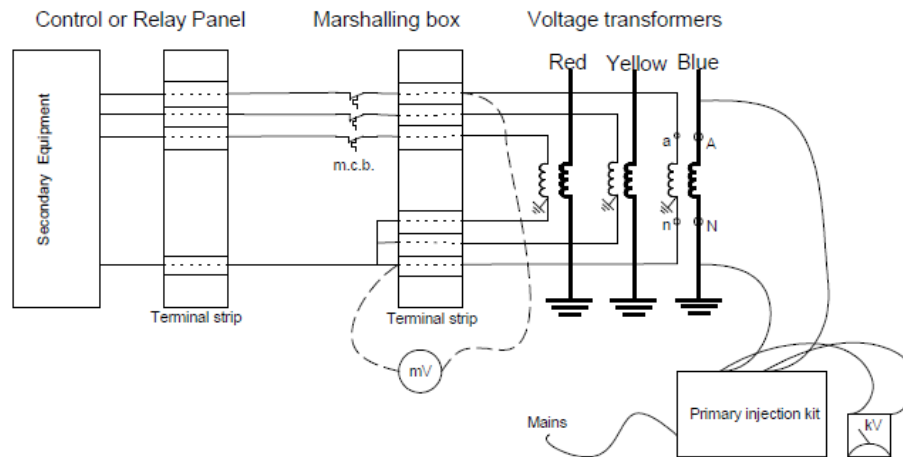
U_{pN} = Nimellinen ensiöjännite

U_{sN} = Nimellinen toisiojännite

U_p = Syötetty ensiöjännite

U_s = Mitattu toisiojännite

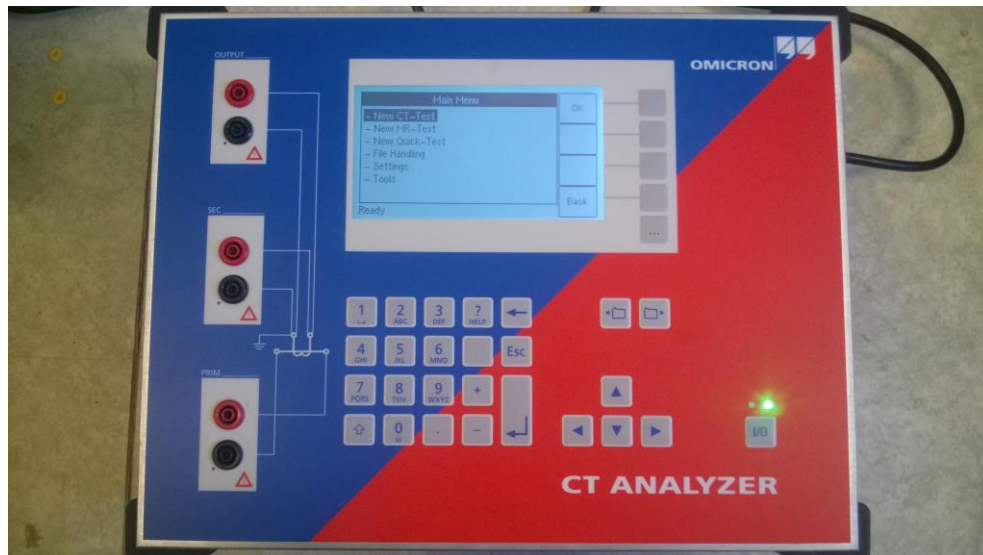
Kaava 2. Muuntosuhteen laskukaava (Rintamäki 2002, 22.)



Kuva 12. Mittauskytkentä muuntosuhteen tarkastamiseen (Rintamäki 2002, 22.)

6 OMICRON-TESTILAITE YLEISESTI

Tämän opinnäytetyön mittauksissa käytettiin Omicron CT-Analyzer -testilaitetta. Opinnäytetyön liitteenä laadittiin myös suomenkielinen käyttöohje laitteelle. Omicron CT-Analyzer hankittiin kesällä 2013 ABB Oy:n Power Systems divisioonan Substation-yksikölle virtamuuntajien kenttätestauksia varten. Mittarilla voidaan tehdä myös jännitemuuntajien muuntosuhte- sekä jännitteen napaisuusmittaukset. Hankinta kohdistui Ulvilan 400/110/20 kV:n sähköasemaprojektiin, jossa tuolloin työskentelin. Laite oli yritykselle aivan uusi, ja olin yksi ensimmäisistä käyttäjistä.



Kuva 13. Omicron CT-Analyzer -testilaitte. (Närvänen 2014.)

Hankitun testilaitteen mukana tulivat valmistajan perustarvikkeet, joihin kuuluvat:

- virtajohto
- kantolaukku sekä käyttöopas
- akkukaapelipihdit 2 kpl sekä krokotiilipihdit 4 kpl
- liitinterminaaliadaptoreja
- mittauskaapeleita
- muistikortti sekä muistikortinlukija
- maadoituskaapeli
- virtamuuntaja calibrointia varten
- PC Software Toolset -tietokoneohjelma.

Tällä peruspaketilla pystytään suorittamaan virtamuuntajatestaukset lukuun ottamatta napaisuuden tarkistusta. Tätä ominaisuutta varten tarvitaan erillinen CPOL-koetinkynä. (Omicron Oy:n www-sivut.)

Omicron CT-Analyzer -testilaitte on virtamuuntajien testaukseen kehitetty analysaattori. Laitteella mitataan kerralla keskeisimmät virtamuuntajan arvot, kuten

- napaisuus
- induktanssi
- käämin sisäinen resistanssi
- taakan impedanssi
- magnetointikäyrä

- muuntosuhde
- tarkkuusraja- ja mittarivarmuuskerroin.

Nämä arvot saadaan analysaattorilla automaattisesti. Asiakkaasta riippuen näitä mittaustuloksia kirjataan mittauspöytäkirjaan. Tärkeä mittaus on myös eristysvastusmittaus, joka tulee kirjata ylös (Liite 1). Tätä mittausta ei voi suorittaa analysaattorilla, vaan siihen tarvitaan oma mittalaite.

Analysaattori vertaa saatuja arvoja automaattisesti valittuun, käytössä olevaan, IEC- tai IEEE -standardiin sekä käyttäjän laitteelle syöttämiin kilpiarvoihin.

Laitteen etuihin kuuluu pieni koko, joka mahdollistaa suojaus- ja mittaussvirtamuuntajien testaamisen asennuspaikalla. (Omicron Oy:n [www-sivut](http://www.omicronenergy.com).)

Mittausta varten laitteeseen tulee tehdä mittauspohja, joka sisältää mitattavan kohteen kilpiarvot. Nämä pöytäkirjat voidaan tehdä laitteesta käsin, mutta käytännössä työ kannattaa tehdä tietokoneelle asennetulla ohjelmistolla, joka nopeuttaa työskentelyä. Mittauksen tekijälle tämä ei ole ongelma, koska jokaisella ABB Oy:n työntekijällä on käytössään tietokone myös työmaalla ja ohjelmisto voidaan asentaa useaan tietokoneeseen. Ohjelmiston käytöstä kerrotaan tarkemmin lisää liitteenä olevassa käyttöohjeessa.

Mittausten valmistuttua suoritetaan tulosten analysointi tietokoneella laitteen mukana tulevalla ohjelmistolla. Analysaattorilla voidaan kyllä selata läpi mittausten tulokset sekä esimerkiksi magnetointikäyrä. Analysointi itsessään tapahtuu kuitenkin tietokoneella. Tietokoneella saadaan tehdystä testistä monta sivua yksityiskohtaisia mittauksia sekä tulokset. Näin voidaan valita halutut tiedot tarkastuspöytäkirjoihin.

Käytössä tulee ottaa huomioon ympäristön vaikutukset mittauksiin. Laitteen etuna on se, että sen käyttö ei vaadi erillistä virransyöttölaitetta. Tästä haittana isoilla työmailla saattaa olla se, että laite on liikuteltava, ja usein etäisyys sähköliityntään on pitkä. Laitteen toiminnassa käytössä olevien voimalinjojen läheisyydessä ei havaittu ongelmia lukuun ottamatta niitä jännitemuuntajia, jotka olivat jännitteisiä. Tämä johtui siitä, että 400 kV:n voimalinjat lähellä muodostivat voimakkaan sähkökentän,

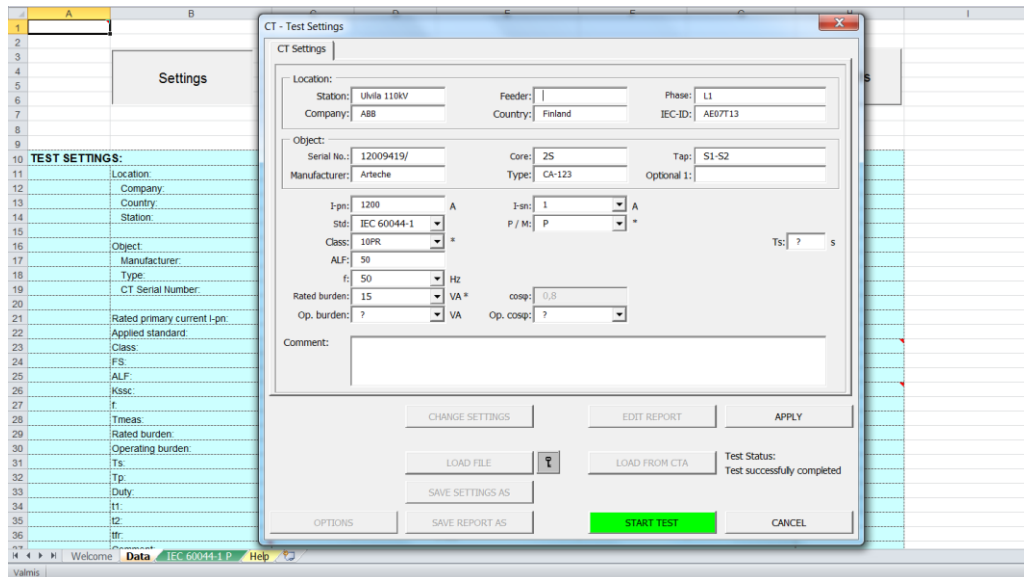
jonka ansiosta jännitemuuntajiin siirtyi sähkövaraus, joka häiritsi mittauksia. Mikäli mittamuuntajien liittimissä on havaittavissa potentiaaliero, tulee se poistaa esimerkiksi maadoittamalla ennen analysaattorin kytkentää.

Käytön kannalta huomionarvoista on lämpötila. Laitteen käyttölämpötilan ollessa -10 ... +50 °C (Omicron electronics GmbH, 167). Talvikäyttö ulkona Suomen oloissa on vähäistä. Kesällä kuumuus vaikuttaa laitteen käyttöön. Laitteen käyttölämpötila ylittyy helposti helteisenä kesäpäivänä, jos käyttöpaikka on kuuma ja laitetta käytetään paljon. Tämä aiheuttaa laitteen kuumenemisen ja sammumisen.

7 MITTAUKSET OMICRON CT-ANALYZERILLÄ

Opinnäytetyön osana tehtiin käyttöönottomittaus Fingrid Oyj:n sähköasematyömaalla Ulvilassa, jonka ABB Oy rakentaa. Työhön tehtiin sähköaseman 110 kV:n ulkokentän virtamuuntajan mittaukset Omicron CT-Analyzer -testilaitteella. Mittaus on osa sähköaseman rakentamista keväällä ja kesällä 2014, jonka aikana uusi 110 kV:n ulkokenttä otetaan käyttöön.

Ennen kuin päästiin suorittamaan mittausta, oli kerättävä mittaustiedot kohteesta CT-Analyzeriin. Mittaustiedot kirjoitettiin tietokoneella valmiille mittauspohjalle, joka tallennettiin laitteen mukana tulleelle muistikortille (Kuva 14). CT-Analyserin ei tarvitse olla kytkettynä tietokoneeseen, vain muistikortin lukijan tulee olla yhdistettynä. Tiedot ovat suoraan mittalaitteen ymmärtämässä muodossa, joten mitään muita toimenpiteitä ei tarvitse tehdä.



Kuva 14. Omicron mittauskohdekortti (Närvänen 2014.)

Mittauskohde oli Artechin valmistama kapasitiivinen virtamuuntaja (Liite 2). Helposti saatavat mittautiedot olivat virtamuuntajan kilpiarvot, muun muassa ensiö- ja toisiovirta, käytettävä standardi, mittausydämen ja suojaussydämen tarkkuusluokat sekä virherajat. Hieman enemmän työtä vaativat kohdetietojen kerääminen. Tarvittavia tietoja ovat:

- virtamuuntajan kentän numero
- virtamuuntajan sarjanumero
- virtamuuntajan käytettävä ensiövirta.

Mittauskorttiin kirjattavien tietojen tulee olla kunnossa ennen mittauksen aloittamista, jolloin aikaa ei kulu kortin tietojen korjaamiseen. Ennen kuin mittaus päästiin aloittamaan, piti kiertää kentän laitteet läpi ja selvittää, mikä sarjanumero milläkin kentälle asennetulla virtamuuntajalla oli. Jos tätä vaihetta ei tehdä kunnolla eikä mahdollisia virheitä esimerkiksi kentätiedoissa huomata, mittauspöytäkirjaa ei voi muokata mittauksen jälkeen, vaan pitää suorittaa uusi mittaus. Tähän pitääkin käyttää aikaa, jotta mittautyö sujuu ilman viivästyksiä.

Pääkaaviosta (Liite 3) nähtiin ensiövirta, joka vaikuttaa virtamuuntajien ensiöissä. Käytössä olevia asetuksia oli kolme: 1500 A, 1200 A sekä 600 A. Kenttien virtamuuntajien asettelu oli vakiona 1200 A. Tämä tarkoittaa sitä, että

virtamuuntajille joissa halutaan käyttää pienempää muuntosuhdetta, pitää primääripuolen kytkentä mekaanisesti muuttaa. Tällä tavoin virtamuuntajan nimellisen ensiövirran arvo voidaan asettaa pienemmäksi. Tätä toimenpidettä ei kuitenkaan tarvinnut tehdä virtamuuntajalla, joka testattiin, koska sen nimellinen ensiövirran arvo oli 1200 A.

Kun virtamuuntajalle oli tehty eristysvastusmittaukset, ja virtamuuntajan lähtötiedot oli kirjattu, otettiin CT Analyzerin muistikortti, laite sekä mittakaapelit ja työkalut ja aloitettiin mittaukset. Mittaukseen tarvittava välineistö oli:

- kaksi mittakaapelia
- kaksi kappaletta hauenleukoja
- 8 mm:n lenkkiavain tai porakone
- Laitteen 6 mm²:n PE-kaapeli

Koska virtamuuntajat ovat jalustojen päällä ja korkeita, mittaustyö suoritettiin henkilönostimesta käsin. Nostimella tulikin liikkua varoen, etteivät laitteet tai ihmiset vahingoitu. Koska virtamuuntajan mittauksissa tarkastettiin muun muassa muuntosuhde sekä tarkkuusluokat, kytkettiin muuntajan ensiöliittimiin hauenleuoilla mittajohdot. Punainen johto muuntajan liittimeen P1 ja musta muuntajan liittimeen P2 (kuva 15). Hauenleuat tulee kytkeä virtamuuntajan omiin liittimiin, ei kuitenkaan kiinnityspultteihin. Kaapeleita tulee varoa, koska johdot saattavat herkästi irrota.

Nämä kaapelit kiinnitettiin laitteeseen niille tarkoitetuille paikoille värillisiin liittimiin kohdassa ”Prim”. Koska virtamuuntaja oli kokonaan jännitteetön, ei maadoitusta tarvinnut kytkeä. Samalla katsottiin, että muuntaja oli kunnossa ja öljynosoittimesta nähtiin, että laitteessa on osoittimen mukaan oikea määrä öljyä.



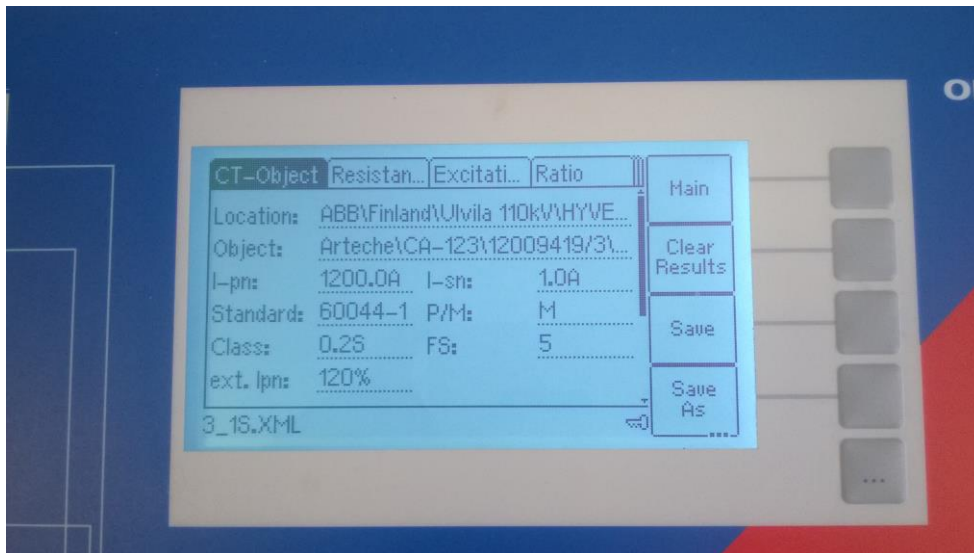
Kuva 15. Virtamuuntajan testaus (Närvänen 2014.)

Kun ensiöliittimien johdot oli kytketty laitteeseen, kytkettiin mittakaapeli muuntajan toisiopuolen liittimiin. Johtoja oli yhteensä neljä kappaletta, kaksi mustaa ja kaksi punaista. Testi tehtiin mittaussydämelle, jolloin mustat punaiset johdot kytkettiin liittimeen 1S1 ja mustat liittimeen 1S3 (kuva 16). Liittimet kiristettiin pulttien alle tukevasti. Huono liitos aiheuttaa häiriötä mittauksessa ja huono liitos saattaa keskeyttää mittauksen. Tarvittaessa kytkennän pystyi tarkistamaan laitteen päältä tai näytöstä.



Kuva 16. Virtamuuntajan testaus (Närvänen 2014.)

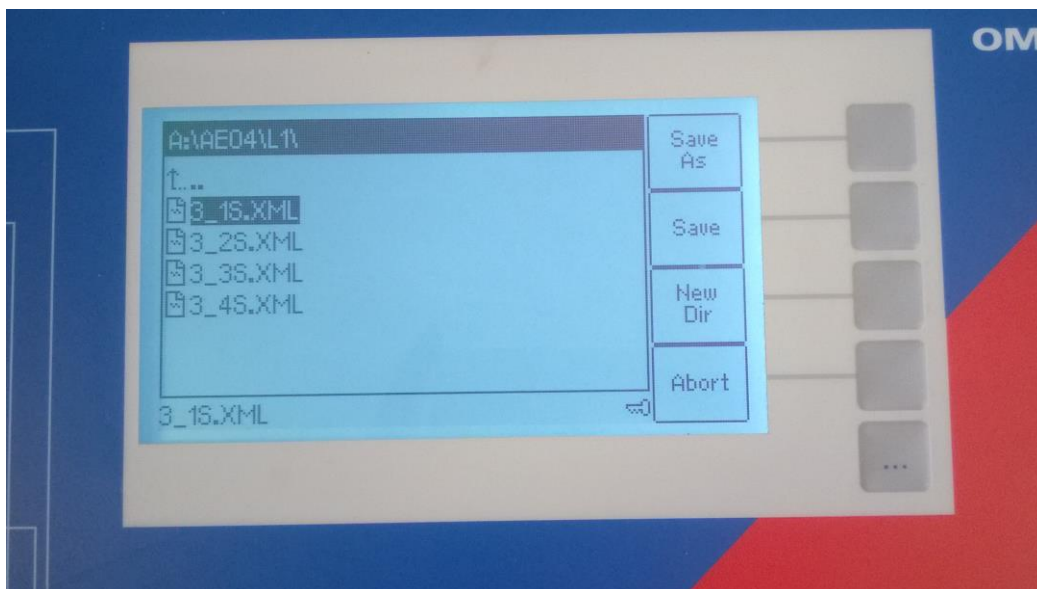
Kun kaikki oli valmiina, tarkistettiin paikan päällä vielä, että oikea mittauskortti oli avattu (Kuva 17). Mittauskortista luettiin, että muuntajan sarjanumero, kohdetiedot sekä mittausydämen arvot ovat oikein. Myös laitteen oma maadoituskaapeli kytkettiin.



Kuva 17. Mittauskortti (Närvänen 2014.)

Tämän jälkeen painettiin käynnistysnappia ”I/O”. Testilaitte suoritti mittausta parin minuutin ajan. Mittauksen aikana laitteen tilan ilmoittava led-valo vilkkui punaisena. Tämän aikana laitteen näytöstä oli mahdollista seurata mittauksen etenemistä kohta kohdalta. Kun mittaus valmistui, led-valo lakkasi vilkkumasta ja laite antoi ilmoituksen ”Test OK” ja ”Assesment OK”. Tämä tarkoitti sitä, että virtamuuntaja on

kunnossa, ja mitatuilla arvoilla voitiin laskea samat nimellisarvot, jotka ennen mittausta oli asetettu mittauskortille. Näin saadut tulokset tallennettiin uudestaan laitteen muistikortille samaan paikkaan, josta aikaisemmin mittauskortti avattiin. Tallennus tehtiin komennolla ”Save As” vanhan tiedoston päälle ”Overwrite” (Kuva 18).



Kuva 18. Mittauksen tallentaminen (Närvänen 2014).

Mittaustulosten tarkastelu on mahdollista suoraan laitteen näytöltä, mutta käytännössä se ei ole tarpeen, ellei ilmene jotain ongelmia. Toisaalta näytön kautta on helppo seurata reaaliajassa kuinka hyvin mitaustulokset vastaavat toisiaan. Tällainen ongelma olisi esimerkiksi se, että virtamuuntaja testi menee läpi mutta jonkin esiasetetuista tiedoista ei täsmää analysaattorin laskemien tulosten kanssa. Tämä ilmenee mittauksen jälkeen teksinä ”Assesment Failure”. Silloin voidaan heti nähdä laitteesta, mikä mitattu arvo ei täsmää standardien kanssa ja haluttaessa mittaus voidaan tehdä uudestaan.

Mittauksen suorituksen jälkeen muistikortti otettiin pois laitteesta ja siirrettiin tietokoneelle. Tämän tiedoston muuttaminen tekstitiedostoksi tehtiin Omicron CT-Analyzerin mukana tulleella muunnostyökalulla. Mittaus oli helppo muuttaa usean sivun tekstitiedostoksi, josta voitiin tutkia mitaustuloksia. Tiedostossa on kaikki virtamuuntajalle tehdyt mittaukset tuloksineen sekä merkinnä siitä, että kaikki on kunnossa. Tämä tiedosto voidaan lisätä suoraan osaksi virtamuuntajan tarkastusasiakirjoja (Liite 1).

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä käytiin läpi mittamuuntajien rakennetta sekä erilaisia käyttötarkoituksia sähköasemalla. Lisäksi esitettiin mittaukset, jotka mittamuuntajille tehdään ennen käyttöönottoa. Mittauksia on useita ja jokaiseen mittaukseen on oma kytkentänsä. Näitä mittauksia on muun muassa muuntosuhde-, magnetointikäyrä- sekä toision impedanssimittaus. Mittaajalla tulisi myös olla tietynlainen käsitys siitä, mitä tuloksia odotetaan ja miten mittauksiin tarvittavaa välineistöä käytetään.

Opinnäytetyössä tehtiin käyttöönottotarkastus virtamuuntajalle Ulvilassa 110 kV:n sähköasematyömaalla Omicron CT-Analyzer -testilaitteella. Opinnäytetyössä kuvattiin mittauksen eri työvaiheet sekä verrattiin työtapoja aikaisempiin.

Työn tuloksena saatiin tietoa Omicron CT-Analyzer -testilaitteen käytöstä. Se vaatii käyttäjältään vähemmän suorittamalla mittaukset ja vertaamalla tulokset haluttuihin standardeihin sekä mittamuuntajan kilpiarvoihin automaattisesti. Laitteen avulla mittausten suorittaminen helpottuu ja saatavat tulokset ovat tarkempia kuin aiemmin.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

9.1 Johtopäätökset tutkimuksesta

Työn tavoitteena oli tutkia Omicron CT-Analyzer -analysointilaitteen toimintaa, sekä vaikutuksia mittamuuntajien käyttöönottotarkastuksiin ja luoda ABB Oy:n käyttöön suomenkielinen käyttöopas laitteeseen. Opinnäytetyön tuloksina saadut mittaustulokset sekä käyttöopas antavat arvokasta tietoa yritykselle hankitusta laitteesta.

Työn tuloksia voidaan hyödyntää laajasti kaikissa sähköasemien mittamuuntajien käyttöönottotarkastuksissa. Vaikka tarkastelu tehtiin pääosin 110 kV:n virtamuuntajalle niin samat periaatteet pätevät suuremmillakin jännitetasoilla. Tehty

käyttöopas antaa myös helposti uudelle käyttäjälle kuvan testilaitteen perusominaisuuksista sekä käytöstä. Tuloksiin voidaakin olla tyytyväisiä ja lyhyellä tarkastelulla on vaikea löytää syytä mikä rajoittaisi tulosten luotettavuutta verrattuna aikaisempaan toimintatapaan. Päinvastoin uudella analyysointilaitteella tehtyjen mittausten tulokset ovat tarkempia ja luotettavampia, johtuen laitteen automaattisesta mittauksesta ja laskennasta.

Opinnäytetyön prosessin aikana selvisi myös muutamia kehittämismahdollisuuksia liittyen mittalaitteen koko kapasiteetin hyödyntämiseen niin käyttöönottopuolella, kuin esimerkiksi ABB Servicen toiminnoissa. Analyysointilaitteeseen saatavilla lisävarusteilla olisi mahdollista mitata ilman kytkennän muuttamista kaikki mittamuuntajan sydämet kerralla. Tämä tosin vaatisi laitteen mittauskohdekorttien täytön opettelun uudestaan. Analyysointilaitteeseen voitaisiin myös käyttää piirintestauslaitteena käyttöönottoaiheessa.

Itse mittausten tekemisen Omicron CT-Analyzer -testilaitteella muuttuu siten, että yksi laite riittää eristysvastusmittarin ohella käyttöönottotarkastuksen tekoon virtamuuntajille. Ulosasennettavat keski- ja suurjännitemittamuuntajat ovat isoja ja korkealla. Näin ollen mittausten teko tehdään Omicron CT-Analyzer -analyysointilaitteella kokonaan henkilönostimesta käsin. Analyysointilaitteeseen on pienikokoinen, minkä ansiosta nostokoriin mahtuu hyvin laite sekä kaksi miestä. Näin samalla kerralla virtamuuntajalle voidaan tehdä eristysvastus-, muuntosuhde-, magnetointi- sekä käämin sisäisen resistanssin mittaus ja napaisuuden tarkistus.

Kun opinnäytetyön edetessä käytiin läpi kaikki suoritettavat mittaukset, kiinnitettiin huomiota testilaitteen tehokkuuteen verrattuna aikaisempiin mittaustapoihin. Omien kokemusten perusteella voidaan sanoa, että noin kolmasosa Omicron CT-Analyzerilla työskentelyyn käytetystä ajasta kuluu itse mittauksen tekoon työmaalla. Loppuaika kuluu mittaustietojen luomiseen ja tallentamiseen testilaitteeseen sekä lopullisten testipöytäkirjojen luontiin. Kun laitteella tehtiin testit Ulvilan 400 kV:n sähköasematyömaalla, saatiin testattua yhden kahdeksan tunnin työpäivänä keskimäärin kolme virtamuuntajaa, joka tarkoitti 12 kappaletta muuntajasydämiä. Työni ohjaajan R. Hirvosen mukaan aikaisemmilla tavoilla työskenneltäessä työhön kuluva aika jakautuu esivalmistelujen ja mittausten suhteen melko tasan puoliksi.

Hieman työläämpää aikaisemmalla tavalla toimittaessa on mittaustietojen kirjaaminen. Arvion mukaan yhtä pitkän työpäivän aikana valmiiksi saataisiin keskimäärin yhdeksän kappaletta muuntajasydämiä eli kaksi kokonaista virtamuuntajaa. (henkilökohtainen tiedonanto 5.3.2014.) Vertailu molemmissa tilanteissa tehtiin oletuksella, että mittaustilanteessa voidaan testit tehdä vierekkäisille virtamuuntajille ilman ylimääräistä liikkumista henkilönostimella.

Sähköturvallisuuden kannalta laite on hyvin käyttäjäystävällinen. Laitteessa on pienet syöttöjännitteet ja -virrat, jolloin näistä ei aiheudu hengenvaaraa käyttäjälle. Laitteen valo ja tekstiä seurattaessa käyttäjä on tietoinen milloin mittaus on käynnissä siltä varalta, että kytkentää pitää muuttaa. Laitteen mukana tulevat mittausjohdot ja kaapelit ovat myös hyvin suojattuja. Kun käyttäjä on huolehtinut siitä, että mitattava kohde on maadoitettu oikein ja ettei laitteessa ole ulkopuolista sähkövarausta on käyttö turvallista. Käyttöturvallisuus on huomioitu myös laitteen näytössä näkyvillä huomioilla, varoituksilla sekä kytkentäkuvilla.

Käyttäjän kannalta hankalinta uudessa laitteessa on käytön opettelu. Uusi laite vaatii käyttäjältään jonkin verran tietotekniikan hallintaa. Analysaattorissa on useita ominaisuuksia ja monipuolinen näyttö reaaliaikaiseen tulosten seurantaan. Esivalmistelujen kanssa käyttäjän tulee olla tarkkana, koska jos lähtötiedoissa työn jälkeen havaitaan virheet, ei pöytäkirjojen korjaaminen onnistu vaan vaaditaan uusi mittaus. Ennen työn aloittamista on työn kannalta järkevää tutustua mittauskortin täyttämiseen tietokoneella.

Suurin hyöty mielestäni uudella mittalaitteella on se, että kalibroitu mittari sekä oikein tehty mittaus antavat tuloksena käyttövalmiin mittauspöytäkirjan käyttöönottoa ja kunnossapitoa varten. Käytännössä mittaajan vastuulla on kytkennän oikein tekeminen ja mittamuuntajan kilpiarvojen oikein kirjoittaminen analysaattorin mittauskorttiin. Tämän jälkeen laite hoitaa kaiken mittaustyön itsenäisesti. Käyttöönottomittauksissa ilman analysaattoria oli aina huomioitava mahdollisuus inhimillisiin virheisiin esimerkiksi muuntosuhdemittauksessa sekä pöytäkirjojen puhtaaksikirjoitusprosessissa mittausten jälkeen.

9.2 Opinnäytetyössä opittua

Kokonaisuutena katsoen opinnäytetyö oli samalla mielenkiintoinen sekä haastava projekti. Mielenkiintoista työssä oli uusiin työmenetelmiin sekä ihmisiin tutustuminen. Myös teoriaan paneutuminen syvensi tietojani sähkötekniikasta. Haastavinta projektissa oli lähdekriittisyys ja hyvien lähteiden hyödyntäminen. Koenkin että yksi suurimmista ammatillisista kasvuista on tapahtunut kohdallani juuri lähdekriittisyydessä.

Työn aikana opin uusia taitoja aikataulun hallinnasta, kun työskentelyssä on mukana useampia ihmisiä ja toimitaan yhdessä tilaajan kanssa. Pääsin myös hyödyntämään, sekä soveltamaan ammatillisissa opinnoissa saatuja teoretietoja työssäni vertailukohtina vanhojen ja uusien toimintapojen välillä.

LÄHTEET

ABB Oy: n www-sivut. 2014. Viitattu 5.2.2014. <http://new.abb.com/fi/>

ABB AB High Voltage Products. 2012. Buyers Guide Oil Insulated Outdoor Instrument Transformers Ed 7. Viitattu 25.5.2014. <http://www05.abb.com/>

Aura, L. & Tonteri, A.J. 1986. Sähkömiehen käsikirja 2. WSOY.

BA THS / BU Transmission Systems and Substations. n.d. MD-protection application. Västerås. Sweden.

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot II: Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press / Otatieto.

Fingrid Oyj. 2011. Testing of protection and control – S22403E1. ABB Oy:n intranet. Vain sisäiseen käyttöön

Hirvonen, R. Opinnäytetyö kommentointi. Vastaanottaja: jani.narvanen@student.samk.fi. Lähetetty 25.2.2014 klo 07.38. Viitattu 5.3.2014.

Hirvonen R. ABB Power Systems. Vaasa. Henkilökohtainen tiedonanto 5.3.2014.

IEC 60044-1. Instrument transformers – Part 1: Current transformers. Edition 1:1996 consolidated with amendments 1:2000 and 2:2002. International Electrotechnical Commission. Geneve. Viitattu 13.2.2014. <http://www.iec.ch/>

IEC 60044-2. Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers. Edition 1:1997 consolidated with amendments 1:2000 and 2:2002. International Electrotechnical Commission. Geneve. Viitattu 13.2.2014. <http://www.iec.ch/>

Omicron electronics GmbH. 2012. VESD0605 – Manual Version: CTAnalyzerUM.AE.3: OMICRON electronics GmbH. Vain sisäiseen käyttöön.

Omicron Oy: n www-sivut. 2013. Viitattu 4.2.2014. <https://www.omicron.at/>

Rintamäki O. 2002. Manual - Commissioning rev_A. ABB Oy:n intranet. Vain sisäiseen käyttöön.

Sjövall, K. & Findell M. 2009. Instrument Transformers Application Guide Ed3. LUDVIKA, Sweden.

LIITE 1

ASIAKAS:	ASIAKKAAN PROJEKTITUNNUS:
SÄHKÖASEMA:	ABB:N PROJEKTITUNNUS:
KENTTÄ:	LAITE:

Laitteen tiedot

TYYPPI:		VALMISTAJA:		SARJA NRT:	
NIMELLISTAAJUUS / HZ:		NIMELLISJÄNNITE		lth / ldyn / ts, kA:	
SYDÄN :	NIMELLISMUUNTOSUHDE / A :	NIMELLISTEHO / VA :	LUOKKA :	MUUT NIMELLISARVOT :	
1S					
2S					
3S					
4S					

Nimellisarvot ovat voimassa kaikilla muuntosuhteilla. Käyttöön tuleva on alleviivattu.

1. Yleinen tarkastus

Nr.	Tarkastettava kohde	Tarkastukset	OK	Huom.
a.	Palkeiden asento / Öljyn korkeus tarkastusikkunassa	Samalla asemalla kaikkien vm:n palkeiden asento / öljyn korkeus on suurinpiirtein sama eli noin puolessa välissä "MIN" ja "MAX" merkkejä. Asento / korkeus muuttuu lämpötilan vaihdellessa.	<input type="checkbox"/>	
b.	Toisiopiirien maadoitukset	Toisiopiirien maadoitukset on tehty oikein.	<input type="checkbox"/>	
c.	Napaisuudet	VM:t ovat oikein päin (P1-P2) ja napaisuus kaikissa sydämissä on oikein.	<input type="checkbox"/>	
d.	Suljetut toisiopiirit	Kaikki käyttämättömät vm:n sydämet on oikosuljettu.	<input type="checkbox"/>	
e.	Kapasitiiviset ulostulot	Kaikki käyttämättömät kapasitiiviset ulostulot on maadoitettu.	<input type="checkbox"/>	
f.			<input type="checkbox"/>	

2. Eristysvastuksen mittaus Meggerillä. Mitattava pystytyksen jälkeen, mutta ennen kytkentää.

Vaihe	KytKentä	R / GΩ 5000 VDC	KytKentä	R / GΩ 1000 VDC	Huom.
L1	P1-1S1		1S1-muut sydämet&E		
	P1-2S1		2S1-muut sydämet&E		
	P1-3S1		3S1-muut sydämet&E		
	P1-4S1		4S1-muut sydämet&E		
	P1-E				
L2	P1-1S1		1S1-muut sydämet&E		
	P1-2S1		2S1-muut sydämet&E		
	P1-3S1		3S1-muut sydämet&E		
	P1-4S1		4S1-muut sydämet&E		
	P1-E				
L3	P1-1S1		1S1-muut sydämet&E		
	P1-2S1		2S1-muut sydämet&E		
	P1-3S1		3S1-muut sydämet&E		
	P1-4S1		4S1-muut sydämet&E		
	P1-E				

- = väliltä & = kytketty yhteen E = maa

3. Magnetointikäyrän mittaus.

Katso liitteet (Omicron Test Report)

4. Muuntosuhteen, toisiokäämin tasavirtaresistanssin ja toisiokuorman vaihtovirtaimpedanssin mittaus, kun kaikki laitteet on asennettu. Mittaus tehdään jakokaapilla.

Ensiövirta: A

S	Ri / mΩ (dc)			ZL / mΩ (ac)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
1						
2						
3						
4						

HUOMAUTUKSIA:

Eristysvastusmittari: 5kV Megger MJ15

Tarkastanut : _____ Päiväys : _____

Hyväksynyt : _____ Päiväys : _____

ASIAKKAAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA ALLEKIRJOITUS

12009419

PROTOCOLO DE ENSAYOS
TEST REPORT



Modelo <i>Type</i>	Transformador de INTENSIDAD <i>CURRENT transformer</i>	CA-123	
Cliente <i>Customer</i>	ABB OY Transmission & Distribution		
Referencia cliente <i>Customer reference</i>	4501740027	Pedido <i>Order</i>	0010004471
Cantidad <i>Quantity</i>	27	Plano dimensiones <i>Dimensional drawing</i>	4284513
Normas/Especificaciones <i>Standards/Specifications</i>	IEC/CEI 60044-1:2003		

Secundario <i>Secondary</i>	Int. primaria asignada <i>I_{pn} (A)</i> <i>Rated primary current</i>	Int. sec. asignada I _{sn} <i>(A)</i> <i>Rated sec. current</i>	Carga de precisión <i>(VA)</i> <i>Rated output</i>	Clase de precisión <i>Accuracy class</i>	FS/FLP <i>FS/ALF</i>
1S1-1S3	600-1200	1	5	0.2S	5
1S1-1S2	300	1	5	0.2S	5
2S1-2S2	600-1200	1	15	10PR	50
3S1-3S2	600-1200	1	15	10PR	50
4S1-4S2	600-1200	1	15	10PR	50

Toma de tensión capacitiva (V-mA)	<i>Capacitive voltage tap</i>	110/√3 (±10%) - 10
Int.t nominal I _n (A)	<i>Rated current</i>	1200
Int. térmica permanente I _{cth} (%)	<i>Rated continuous thermal current</i>	150%
Int. térmica de cortocircuito I _{th} (kA/s)	<i>Rated short-time thermal current</i>	40/1
Int. dinámica I _{dyn} (kA)	<i>Rated dynamic current</i>	100
Frecuencia (Hz)	<i>Rated frequency</i>	50
Temperatura ambiente (°C)	<i>Range of ambient temperature</i>	-40/+40
Tensión más elevada U _m (kV)	<i>Highest voltage for equipment</i>	123
Nivel de aislamiento asignado (kV)	<i>Rated insulation level</i>	230/550

Fecha: 20/09/2013
Date

Revisado por:
Supervised by



