

TEHOMUUNTAJAN PERUSHUOLTO

Pyykölä Petri

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Petri Pyykölä	Vuosi	2019
Ohjaaja	DI Tapani Ruokanen		
Toimeksiantaja	Stora Enso, Efora Ins. Mika Pesonen		
Työn nimi	Tehomuuntajan perushuolto		
Sivu- ja liitesivumäärä	41 + 16		

Opinnäytetyö tehtiin Stora Enson Eforalle Veitsiluodon tehtaalle selvityksenä tehomuuntajan perushuollon tarpeesta, siihen vaikuttavista tekijöistä ja mikä merkitys perushuollolla ja kunnonvalvonnalla on muuntajan toimintaikään.

Opinnäytetyön aihe tuli Stora Enso Veitsiluodon tehtaiden Eforan sähkötöiden johtajalta ja sähköjakelun projekti-insinööri Mika Pesoselta. Opinnäytetyö sisällystään keskusteltiin Mika Pesosen kanssa, minkä tuloksena sisällöksi muodostui tehomuuntajan perushuolto.

Opinnäytetyöhön liittyvää aineistoa saatiin Stora Enson Eforalta, laitevalmistajilta sekä alan julkaisuista. Aineistoa kerättiin myös arkistoista, prosessijärjestelmästä kenttätyönä sekä käytännön kokemuksen perusteella. Lisäksi aineistoa kerättiin alan oppikirjallisuudesta sekä opinnäytetyöhön aiheeseen liittyvistä insinööri- ja diplomi insinööritöistä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin koostettua tehomuuntajan ikääntymiseen vaikuttavista tekijöistä, perushuollon prosessista ja sen merkityksestä muuntajan toimintatavalle, sekä katsaus on-line kunnonvalvonnan mittareista.

Avainsanat

tehomuuntaja, perushuolto, ikääntyminen

Technology, Communication and Transport
Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Petri Pyykölä	Year	2019
Supervisor	Tapani Ruokanen, M.Sc.		
Commissioned by	Stora Enso, Efora Mika Pesonen, Eng.		
Subject of thesis	Basic Maintenance of Power Transformer		
Number of pages	41 + 16		

The thesis was made for Efora at Stora Enso Veitsiluoto Mill as a survey of the need for basic power transformer maintenance, the factors affecting it, and what is the importance of basic maintenance and condition monitoring of the transformer's lifespan.

The subject of the thesis came from Mika Pesonen, Electricity Distribution Project Engineer and Electricity Manager at Efora at Stora Enso Veitsiluoto mills. The content of the thesis was discussed with Mika Pesonen, and it resulted in the basic maintenance of the power transformer.

The material related to the thesis was obtained from Stora Enso Efora, equipment manufacturers and publications. The material was also collected from archives, the process system as fieldwork and practical experience of the subject. In addition, Bachelor and Master theses and academic literature of the field related to the subject were used as materials.

The result of the thesis was a compilation of the factors affecting the aging of the power transformer, the basic maintenance process and its importance for the operating life of the transformer, as well as an overview of the on-line condition monitoring indicators.

Key words

power transformer, basic maintenance, aging

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	MUUNTAJA	7
2.1	Muuntajan toiminta ja rakenne	7
2.2	Tehomuuntaja	7
2.3	Tehomuuntajan käyttöikä ja vanheneminen	9
2.3.1	Montsingerin laki	9
2.3.2	Paperieriste	10
2.3.3	Muuntajaöljy	12
2.3.4	Vanhenemisen vaikutus oikosulkukestoisuuteen	13
3	TEHOMUUNTAJAN PERUSHUOLTO	14
3.1	Kiinteät eristeet	14
3.1.1	Kerosiini kuivauksen edut	15
3.2	Muuntajaöljy	15
3.3	Muuntajan mekaaninen kunto	18
4	PM8 PERUSHUOLTO	20
5	MUUNTAJAN KUNNONVALVONTA	33
5.1	CoreSense	35
5.2	Vaisala Optimus	37
6	POHDINTA	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	41

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

PM	Päämuuntaja, tehomuuntaja
DP-luku	Degree of molecular polymerisation, polymerisointumisaste
DGA	dissolved gas analysis, liuenneet kaasut

1 JOHDANTO

Stora Enso Veitsiluodossa on 8 kpl tehomuuntajia käytössä, joista PM9 on jo 2014 perushuollettu ja PM8 huollettiin loppukesästä 2018. Seuraavana syksynä perushuoltoon lähtee PM5, jonka tilalle on hankittu uusi tehomuuntaja. PM5 huolletaan ja se toimii tulevaisuudessa aina seuraavan muuntajan perushuollon sijaisena. Tässä työssä käydään läpi muuntajan toimintaa ja perushuollon toimenpiteitä PM8:n osalta, sekä muuntajan kunnonvalvontaa.

Tehomuuntaja, toiselta nimitykseltään päämuuntaja on yksi verkon tärkeimmistä komponenteista sähköntuotannossa ja siirrossa. Tehomuuntajan kunnonvalvonnassa suoritetaan öljynäytteiden ottoa yleensä 1-3 vuoden välein, mistä saadaan tietoa muuntajan sen hetkisestä kunnosta analysoimalla öljynäyte. Tehomuuntajassa on yleensä myös käämikytkin, joka huolletaan muuntajan luona yleensä 5-8 vuoden välein. Generaattorikäytössä tehomuuntajassa ei ole käämikytkintä ja sitä kutsutaan blokkimuuntajaksi, jolloin sähkötehoa säädetään generaattorilla.

Perushuolto suoritetaan tehomuuntajalle sen odotetun eliniän puolivälissä yleensä 25-30 vuotta käyttöönotosta. Perushuollossa muuntajasta otetaan eristepaperinäyte, josta saadaan tarkka muuntajan eristeiden kunto kartoitettua. Muuntaja puretaan, pestään, aktiiviosa kuivataan ja öljyt puhdistetaan, sekä muuntaja koestetaan, jolloin siitä saadaan tarkempi eliniän odote.

2 MUUNTAJA

2.1 Muuntajan toiminta ja rakenne

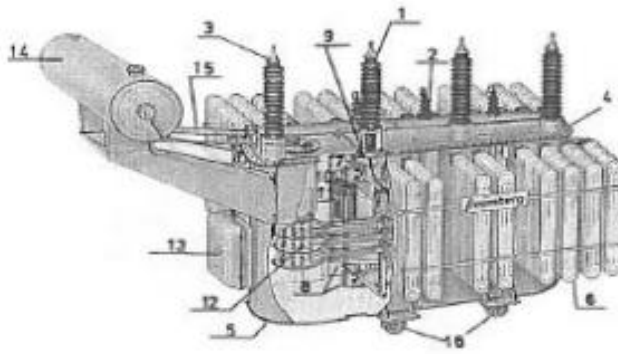
Muuntaja on sähkölaite, jolla voidaan vaihtosähköjärjestelmässä sähkömagneettista induktiota hyväksi käyttäen muuntaa ja myös säätää jännitteitä ja virtoja halutulle tasolle muuttamatta taajuutta. (Elovaara & Haarla 2011, 141.)

Muuntajan sisällä on rautasydän, jonka ympärillä on useista johdinkierroksista valmistettu käämitys. Niitä kutsutaan muuntajan aktiiviosiksi, jotka suorittavat varsinaisen muuntamisen. Rautasydän suunnitellaan ja rakennetaan tarkoin valmistetuista laminoiduista levyistä vaihtokentän synnyttämien niin sanottujen pyörrevirtahäviöiden minimoiseksi. Muuntajat ovat yksi- tai monivaiheisia, mutta enintään käytössä on kolmivaihemuuntajia. (Hietalahti 2011, 4.)

Muuntajalla voidaan muuttaa sähköisten järjestelmien jännitetasoa vaikuttamatta taajuuteen. Jännitettä voidaan nostaa esimerkiksi 6 kV:sta 110 kV:in tai 10 kV:sta 220 kV:iin siirtoverkon tarpeisiin tai sitä voidaan laskea esimerkiksi 110 kV:sta 20 kV:in ja siitä aina 400 V:in jakeluverkon tarpeisiin. Suomessa siirtoverkon jännitteet ovat 400, 220 ja 110 kV. (Hietalahti 2011, 4.)

2.2 Tehomuuntaja

Siirtoverkon ja voimalaitosten tehomuuntajista käytetään nimitystä päämuuntaja. Siirtoverkossa päämuuntaja sijaitsee sähköasemalla ollen toiminnan tärkein komponentti muuntaen 110 kV:n jännitteen jakeluverkkoon sopivaksi 20 kV:n jännitteeksi, kun taas voimalaitoksen tuottamaa sähköä muunnetaan päämuuntajalla sähköverkolle sopivaksi. Tehomuuntajat ovat yleisesti paisuntasäiliöllisiä ja käämikytkimellä varustettuja muuntajia, jotka ovat öljyeristeisiä ja -jäähdytteisiä. Toisaalta voimalaitoskäytössä käämikytintä ei tarvitse, koska säätö tapahtuu generaattorilla, tällöin puhutaan tehomuuntajasta usein myös nimellä blokkimuuntaja. Seuraavassa on esitettyä eräs paisuntasäiliöllinen tehomuuntaja ja sen osat (Kuva 1).



Esimerkki suurtehomuuntajasta.

1. Yläjänniteläpivienti
2. Alajänniteläpivienti
3. Tähtipisteläpivienti
4. Muuntajan kansi
5. Muuntajan öljysäiliö
6. Radiaattori (jäähdytin)
7. Yläkeeen puristuspaalkki
8. Alaikkeen puristuspaalkki
9. Muuntajan rautasydän
10. Alajännittekäämi
11. Yläjännittekäämi
12. Käämikytkin
13. Käämikytkimen ohjain
14. Paisuntasäiliö
15. Öljyastian ja paisuntasäiliön yhdistysputki
16. Kuljetuspyörät

Kuva 1. Tehomuuntaja ja sen osat (Aura & Tonteri 1996, 283.)

Kuvassa 1 oleva tehomuuntaja on kaksikämmimuuntaja, joka on varustettu jäähdytysradiaattoreilla. Lisäksi osittainen poikkileikkaus auttaa näkemään muuntajan aktiiviosaa, käämikytkintä sekä yläjänniteläpiviennin. (Aura & Tonteri 1996, 284.)

Useat tehomuuntajat on varustettu käämikytkimellä, kuten kuvan 1 muuntaja. Tällöin voidaan vähentää sähköverkossa tapahtuvia jännitevaihteluja. Käämikytkin on laite, jolla voidaan säätää jännitettä muuntajan muuntosuhdetta muuttamalla muuntajan ollessa kuormitettuna. Käämikytkin yleensä muuntaa yläjännitepuolen kierroslukua, sillä virta on siellä pienempi. Käämikytkimen ohjaus suoritetaan moottorilla, jota ohjaa toisipuolta tarkkaileva rele. Rele tarkkailee toisipuolen jännitettä ja säätää käämikytkintä sille asetettujen raja-arvojen mukaan. Käämikytkin on muuntajissa ainoa liikkuva osa, joka vaatii huoltoa noin 5 vuoden välein tai kun sen käyntikerrat tulevat täyteen. (Elovaara & Laiho 2005, 121.)

2.3 Tehomuuntajan käyttöikä ja vanheneminen

Tehomuuntajan käyttöiän on odotettavissa olevan noin 40-50 vuotta tai mahdollisesti enemmän, mihin vaikuttavat monet eri asiat, siksi jokaisen muuntajan kunto on tarkasteltava ja arvioida yksilönä.

Tekninen elinikä määritellään teknisestä kunnosta, kun taas taloudellinen elinikä määritellään käyttökustannuksien perusteella. Muuntajan käyttöiän selvittäminen perustuu vanhenemisprosessiin, johon pääasiallisesti vaikuttavat kosteus, lämpökuormitus ja ympäristöolosuhteet.

2.3.1 Montsingerin laki

IEC määrittelee muuntajan vanhenemiselle seuraavat säännöt:

- Eristeen vanheneminen katsotaan normaaliksi, kun käämin kuumimman pisteen lämpötila on 98°C.
- Eristeen vanheneminen kiihtyy kaksinkertaiseksi lämpötilan noustessa 6°C:lla.

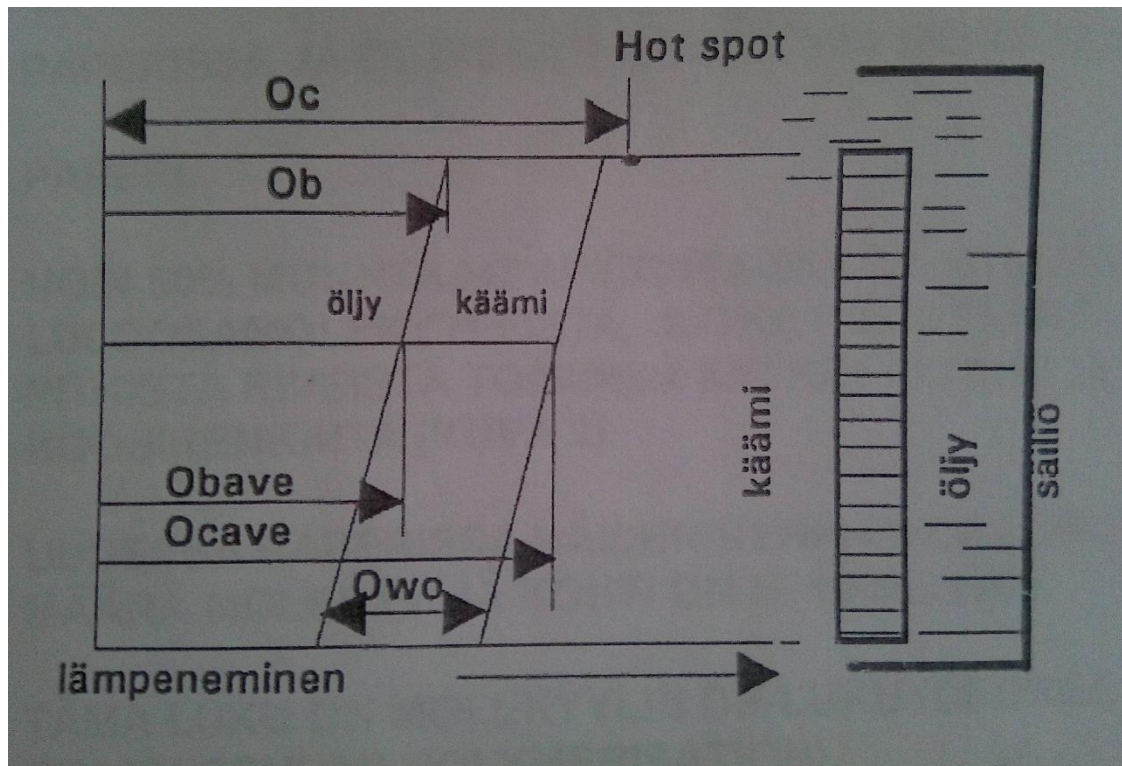
Säännölle on asetettu ylärajaksi 140°C, jota korkeammassa lämpötiloissa eristeen vanheneminen saattaa kiihtyä nopeammaksi. Näiden sääntöjen perusteella saadaan muuntajan vanhenemiselle lauseke:

$$V = e^{0,693(O_c - O_{cr})/6} \quad (1)$$

missä,

O_c = Käämin kuumimman pisteen lämpötila

$O_{cr} = 98^\circ\text{C}$ = Standardimuuntajan käämin kuumimman pisteen lämpötila nimelliskuormalla, ympäristön lämpötilan ollessa 20°C. Lauseke (1) on muodostettu kuvaamaan paperi-öljy-yhdistelmän vanhenemista.



Kuva 2. Muuntajan lämpötilajakauma käämin korkeuden funktiona (Lillqvist, 2008.)

O_c = Käämin kuumimman pisteen lämpötila.

O_b = Huippuöljyn lämpötila.

O_{bave} = Öljyn keskimääräinen lämpötila.

O_{cave} = Käämin keskimääräinen lämpötila.

O_{wo} = Käämin ja öljyn keskimääräisten lämpötilojen erotus.

Edellisessä esitetään lämpötilojen jakautumista muuntajan sisällä, lämpötilojen vaihtelu saa öljyn kiertämään (Kuva 2).

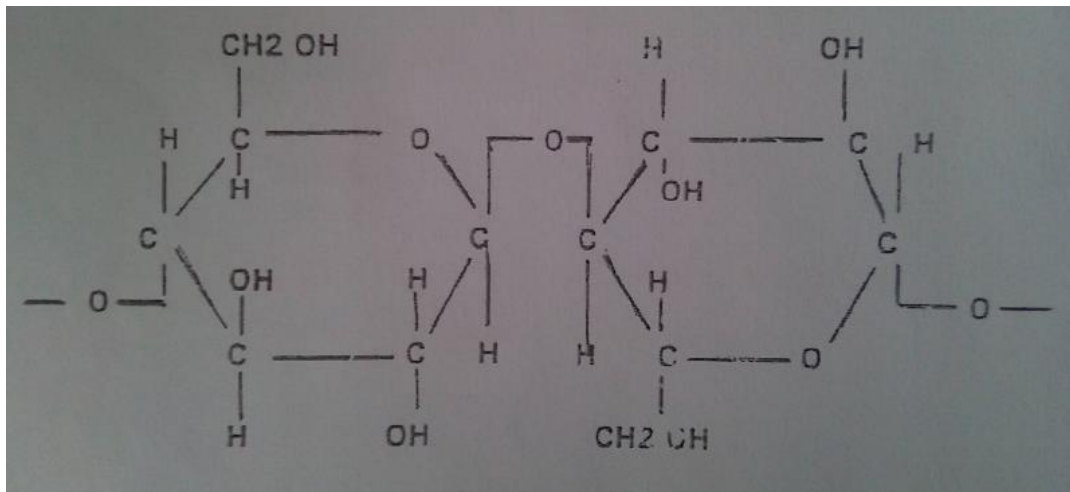
2.3.2 Paperieriste

Tehomuuntajan kunnon tarkastelussa määräävin arvio muuntajan vanhentumisesta saadaan paperieristyksestä otettavalla näytteellä, josta mitataan paperin selluloosamolekyylien glykoosirenkaiden määrä eli DP-luku (Degree of molecular

polymerisation). Paperieristeen kunnan heikentyminen ja siitä johtuva läpilyönti on yleisin syy muuntajan hajoamiselle.

Noin 90% muuntajapaperista muodostuu selluloosamolekyyleistä, jotka koostuvat pitkistä riveistä toisiinsa kytkettyjä glukoosirenkaita (Kuva 3). Uudessa paperieristeessä näiden renkaiden lukumäärä molekyyliä kohti on noin 1000-1300.

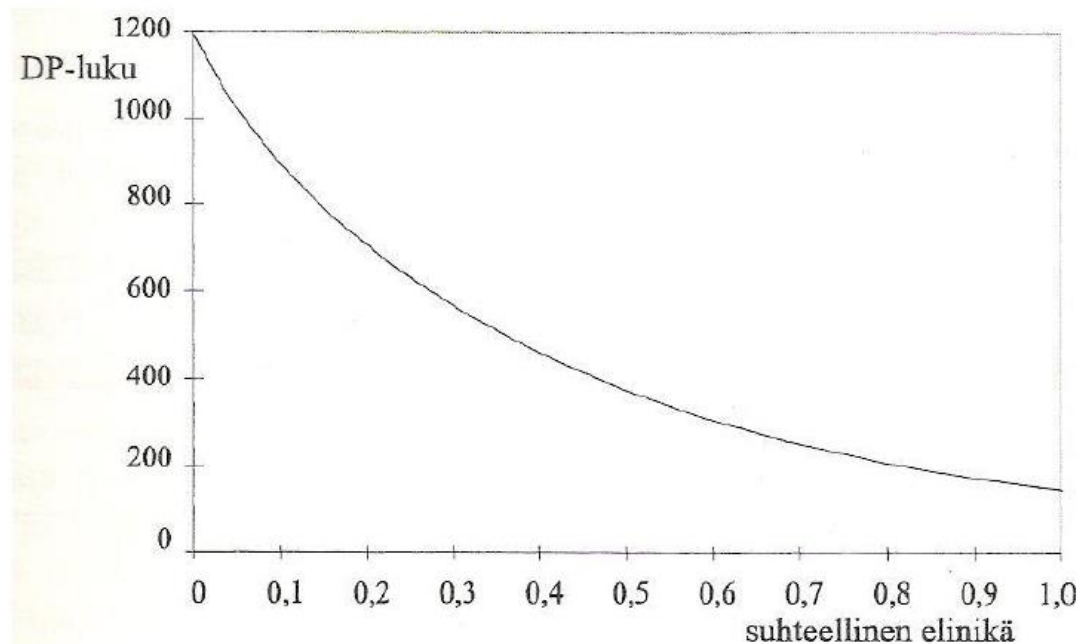
Paperin vanhetessa sen molekyylit murtuvat ja loppuun vanhentuneessa paperissa DP-luku on enää vain 50-100. Eristys on tuolloin muuttunut hauraaksi, eikä enää kestä esimerkiksi oikosulkuvoimia. (Lillqvist 2008.)



Kuva 3. Selluloosamolekyyliden glukoosirenkaita (Lillqvist 2008.)

Aiemmin todettiin paperieristeen kunnan olevan määräävin tekijä muuntajan teknisen eliniän kannalta. Paperin hajoamiseen vaikuttavia tekijöitä olivat korkea lämpötila, kosteus ja happamat yhdisteet. Uuden muuntajan paperin DP-luku vaihtelee välillä 1000-1300 ja täysin vanhentuneen paperin DP-luku on 50-100. Vanhentunut paperi heikentää muuntajan mekaanista kestävyyttä ja oikosulkukykyä. Vanhentunutta muuntajan eristepaperia ei voida vaihtaa, joten kun paperi on täysin vanhentunut, muuntajalle täytyy suorittaa joko uudelleen käämintä tai hävittää. Uudelleen käämintä on kuitenkin vanhassa muuntajassa taloudellisesti ajateltuna huono sijoitus, koska uudelleenkääminän arvo voi ylittää uuden

muuntajan arvon. Seuraavassa on esitetty eristyspaperin DP-luvun periaatteellinen muuttuminen muuntajaeristyksen ikääntyessä (Kuvio 1).

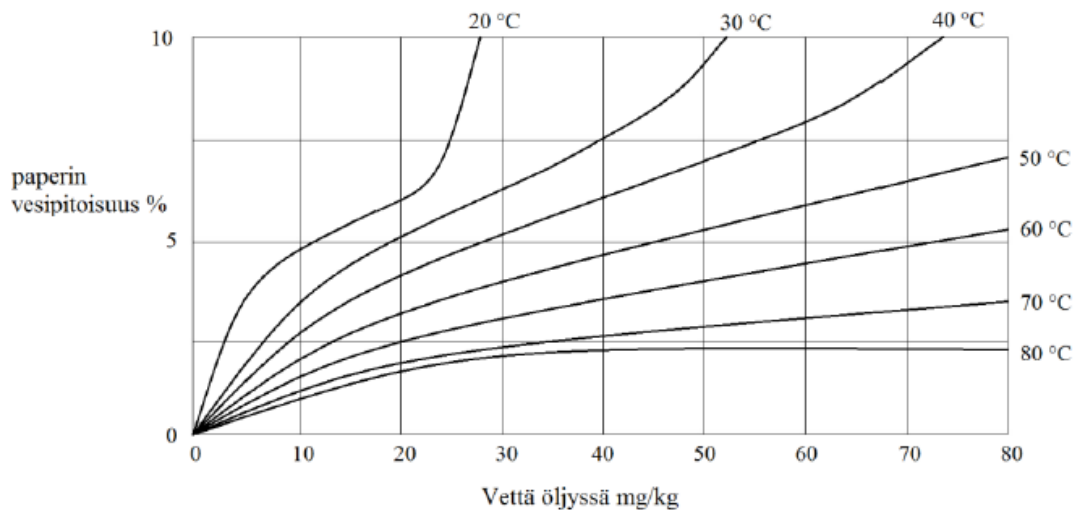


Kuvio 1. Eristyspaperin DP-luvun muuttuminen muuntajan termisen eliniän aikana (Aro ym. 2003 179.)

2.3.3 Muuntajaöljy

Muuntajaöljy on orgaaninen aine, joka koostuu nestemäisistä hiilivedyistä ja hapettuu vanhetessaan. Yleisimpänä öljytyyppinä on käytössä mineraaliöljy. Öljyn tehtävänä on muuntajassa toimia eristeenä ja jäähdytysnesteenä. Vanhetessaan öljy muodostaa osittain happamia yhdisteitä, osittain se saostuu. Saosteet estävät öljyn kiertoa muuntajassa, mistä seuraa, että muuntaja lämpenee ja vanheminen kiihtyy. (Lillqvist 2008.)

Happi, kosteus ja happamuus nopeuttavat paperieristeiden termistä hajoamista eli paperin sekä prespaanin haurastumista. Hapettumisen hidastamiseksi öljyyn lisätään inhibiittia, joka sitoo syntyviä hapettumistuotteita pidentäen öljyn käyttöikää noin kaksinkertaiseksi. Kosteus nopeuttaa paperieristyksen hajoamista ja hajotessaan syntyy lisää vettä. Tällöin kosteus aiheuttaa kiihtyvän muutosprosessin eristeessä. Paperieristeen kosteus voidaan arvioida öljyn kosteuden ja lämpötilan avulla seuraavan mukaan (Kuvio 2). (Aro ym. 2003, 180.)



Kuvio 2. Öljyn ja paperin välinen kosteustasapaino (Aro ym. 2003, 180.)

2.3.4 Vanhenemisen vaikutus oikosulkukestoisuuteen

Muuntajan käämit ja aktiiviosa puristetaan ja tuetaan puristettuina suunnittelijan laskelmien arvojen mukaisesti valmistuksen aikana. Nämä puristusarvot on ilmoitettu muuntajan työpiirustuksissa.

Kun muuntajaa käyttöolosuhteissa kytetään verkkoon ja pois verkosta, siihen vaikuttaa nopeasti vaihteleva kuormitus, sekä jos ja kun verkossa tapahtuu pienempiä tai suurempia oikosulkuja, syntyy käämeihin ja niiden tukiosiin rasituksia. Tämä merkitsee sitä, että käämien tuenta löystyy ajan mittaan, jolloin muuntajan oikosulkulujuus ja muuntajan kyky selviytyä oikosuluista ja muista käyttörasituksista ilman vaurioitumista heikkenee. (Lillqvist 2008.)

3 TEHOMUUNTAJAN PERUSHUOLTO

Tutkimusten perusteella suositellaan muuntajan kuivaus ja huoltokäsittely noin 25-30 ikävuoden jälkeen. Muuntajatehtaalla ovat alkuperäiset piirustukset käytävissä, korkealaatuiset kuivaus- ja puhdistuslaitteet, asialliset tilat, ammattitaitoiset työntekijät ja mahdollisuus suorittaa täydellinen koestus.

Suorittamalla muuntajan kiinteän eristysaineen DP-arvon, sekä öljyanalyysi saadaan kuva siitä, missä kunnossa muuntaja tulee olemaan käsittelyn jälkeen ja tästä voidaan muodostaa käsitys muuntajan jäljellä olevasta turvallisesta käytöstä. (Lillqvist 2008.)

3.1 Kiinteät eristeet

Muuntajan aktiiviosan täydellisellä puhdistuksella ja kuivauksella hidastetaan seluloosamolekyylien pilkkoutumisnopeutta. Puhdistus suoritetaan muuntajaöljyllä huuhtelemalla. Lisäksi aktiiviosa pestään kuivausprosessin yhteydessä kerosiiniuunissa. On tärkeää, että käämien sisäkanavista saadaan epäpuhtaudet ja saosteet pois.

Käämien puristusvaiheessa tehtaalla sekä myöhemmin muuntajan täristessä käytön aikana jäähdytyskanavat ovat saattaneet supistua ja öljyn vanhenemisesta kehittynyt saoste on aiheuttanut tukkiutumisia. Kerosiinikäsittely on ainoa keino, jolla jäähdytyskanavat saadaan puhtaksi. Samalla vältetään paikallisten ylikuumenemisten esiintyminen, joka haurastaa eristyspaperia. (Lillqvist 2008.)

3.1.1 Kerosiinikuivauksen edut

Hapettomassa tilassa voidaan käyttää suurempia lämpötiloja, joten eristeet eivät vanhene niin paljon kuin perinteisillä menetelmillä, koska kuivausprosessi on lyhyt.

Uusi eriste	DP = 1000 – 1300
Kerosiinikuivattu	DP ≈ 950 – 1250
Perinteinen kuivaus	DP ≈ 850 – 1150

Kun DP = 350 – 400 on eriste melko vanhentunut.

Kun DP = 50 – 150 on eriste täysin vanhentunut.

Korjattavien ja huollettavien muuntajien todella tehokas kuivaus on kerosiinikuivaus, koska tiivistynyt kerosiini liuottaa pois vanhan muuntajaöljyn, jonka jälkeen vasta voidaan kosteus höyrystää pois eristeistä. Uunissa kerosiinihöyry tiivistyy muuntajan pinnoille ja luovuttaa lämpöenergiansa lämmittäen muuntajaa ja tiivistynyt kerosiini pesee epäpuhtaudet pois pinnoilta.

Perinteisillä menetelmillä kosteus eristeeseen jää noin 1,0%, mutta Kerosiini kuivauksella kosteus jää alle 0,3%. Korjaustulos on tutkitusti parempi sekä uusilla, huollettavilla että korjattavilla muuntajilla. (Lillqvist 2008; Niemi 2015, 38.)

3.2 Muuntajaöljy

Öljyn tehokkaalla suodatuksella, kaasujen poistolla sekä kuivauksella voidaan oleellisesti parantaa öljyn kuntoa, sekä palauttaa suuri osa öljyn alkuperäisistä ominaisuuksista. Tällöin poistetaan epäpuhtaudet, vanhenemistuotteet, polaariset hiukkaset, kaasut sekä kosteus.

Yleisimmin käytetty muuntajaöljy on mineraaliöljy, jota käytetään saatavuutensa ja edullisuutensa vuoksi. Öljyltä vaaditaan suurta jännitelujuutta ja hyvää lämmönsiirtokykyä. Öljyltä vaadittavat ominaisuudet on määritelty kansainvälisissä IEC -standarteissa, jotka ovat riippuvaisia laitteista ja olosuhteista. Näitä ominai-

suuksia testataan säännöllisesti ottamalla öljynäytteitä. Tämän avulla voidaan todeta alkavia tai kehittyviä vikoja muuntajassa. Tyypillisesti öljylle tehdään siihen liuenneiden kaasujen analyysi DGA (dissolved gas analysis), jossa tutkitaan seuraavat kaasut:

- Vety (H₂)
- Happi (O₂)
- Typpi (N₂)
- Metaani (CH₄)
- Hiilimonoksidi (CO)
- Hiilidioksidi (CO₂)
- Etyleeni (C₂H₄)
- Etaani (C₂H₆)
- Asetyleeni (C₂H₂)

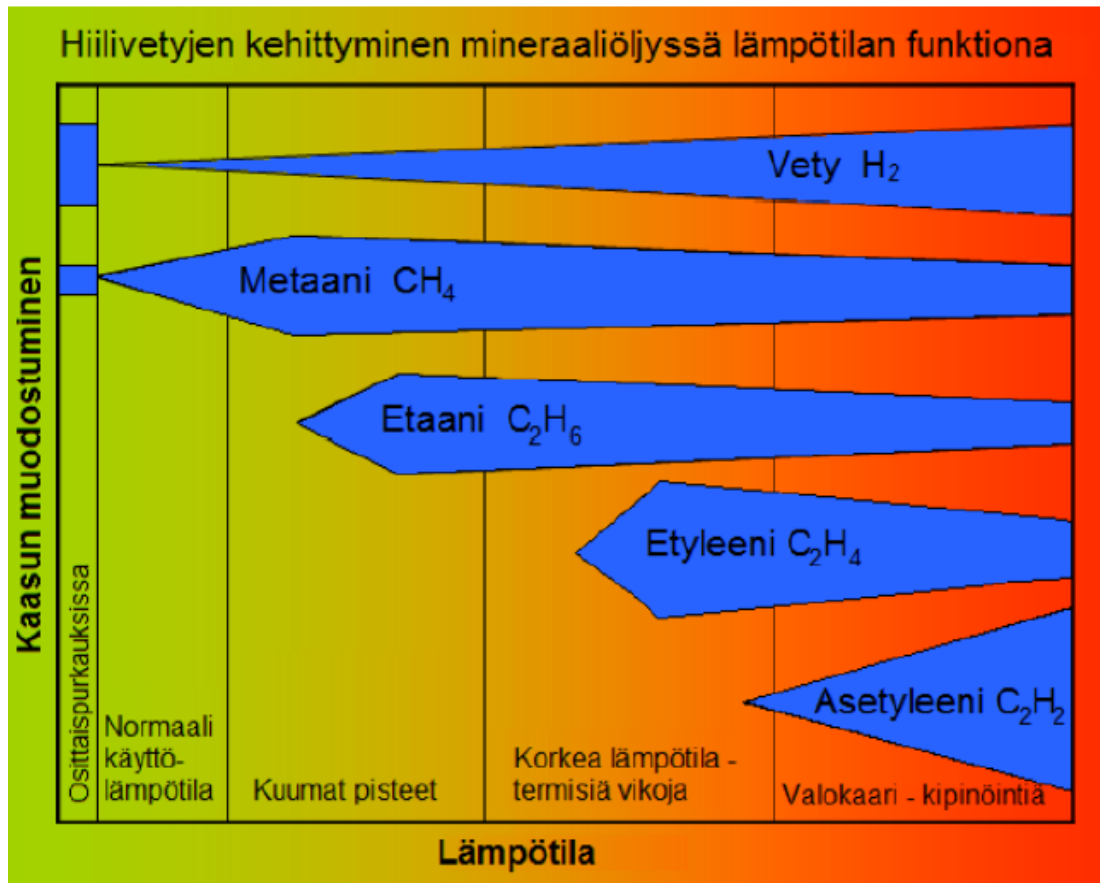
Näiden kaasujen suhteen avulla voidaan määrittää mahdollisen vian luonne. Vanhenemis-reaktion vuoksi kyseisiä kaasuja esiintyy muuntajassa luonnostaan, mutta niiden muodostumisnopeus on pieni. Termisessä tai sähköisessä viassa kaasumäärät nousevat nopeasti ja koostumus muuttuu. IEC on antanut kaasuille raja-arvot, jotka ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. Kaasujen raja-arvot

	Vety	Happi	Typpi	Metaani	Hiilimonoksidi	Hiilidioksidi	Etyleeni	Etaani	Asetyleeni
	µl/l	ml/l	ml/l	µl/l	µl/l	µl/l	µl/l	µl/l	µl/l
Suositus	≤ 150	-	-	≤ 130	≤ 600	≤ 14000	≤ 280	≤ 90	≤ 20

Kaasuja syntyy usein termisen vian seurauksena, jolloin tapahtuu ylikuumeneminen käämissä tai liitoksessa, tällöin öljy alkaa hajoamaan. Öljyn lämpötilan noustessa 150°C asteeseen öljyyn alkaa muodostumaan kaasuja. Seuraavassa nähdään kaasujen muodostumista eri lämpötiloissa (Kuva 4). Vetyä muodostuu jo

alhaisissa lämpötiloissa ja jokaisessa vikatyypissä. Muiden kaasujen syntymiseen vaaditaan korkeampi lämpötila. (Aro ym. 2003, 198; Piironen 2015, 20; ABB 2017a.)



Kuva 4. Hiilivetyjen kehittyminen öljyssä lämpötilan funktiona (Piironen 2015, 20.)

Kaasuanalysissä tarkastellaan myös kaasupitoisuussuhteita, jolloin voidaan määrittellä tarkemmin vikoja. Seuraavassa nähdään kaasusuhteiden avulla määritellyjä vikatyyppejä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kaasuanalyysin tulosten tulkinta (Aro ym. 2003, 198.)

Tapaus	Vikatyyppi	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$
PD	osittaispurkauksia ¹	ei merkitystä	<0,1	<0,2
D1	pienienergiaisia purkauksia	>1	0,1 – 0,5	>1
D2	suurienergiaisia purkauksia	0,6 – 2,5	0,1 – 1	>2
T1	kuuma vikapaikka $T < 300$ °C	ei merkitystä	ei merkitystä	<1
T2	kuuma vikapaikka 300 °C $< T < 700$ °C	<0,1	>1	1 – 4
T3	kuuma vikapaikka $T > 700$ °C	<0,2 ²	>1	>4

¹ Osittaispurkauksia mittamuuntajassa: $C_2H_2 / H_2 < 0,2$; läpivientieristimessä: $C_2H_2 / H_2 < 0,07$.
² Suureneva kaasun C_2H_2 määrä voi ilmaista, että kuuman kohdan lämpötila on yli 1000 °C.

Kaasuanalyysin tulosten tulkinnassa käytetään hyväksi raja-arvoja, mutta ne eivät ole yksiselitteisiä. Tuloksia tulee osata verrata raja-arvoihin sekä aiempiin kaasuanalyyseihin. Lisäksi muuntajan varustelu tulee ottaa huomioon, esimerkiksi käämikytkimellä varustetulla muuntajalla syntyy sen normaalin toiminnan yhteydessä asetyleeniä. Vanhemmissa muuntajissa käämikytkimellä ei ole erillistä öljysäiliötä, jolloin asetyleenipitoisuudet voivat kasvaa yli raja-arvojen, vaikka muuntajan olisi muuten kunnossa.

Öljynäytteestä tarkastetaan kaasujen lisäksi myös öljyn läpilyöntilujuus. Läpilyöntijännitteeseen vaikuttavat: lämpötila, puhtaus, ilmakuplat ja kosteus. Epäpuhtaudet ja kosteus heikentävät läpilyöntijännitettä. Öljystä voidaan halutessa määrittää myös neutraloimisluku, rajapintajännitys, kosteus, inhibiittipitoisuus ja fururaali. (Aro ym. 2003, 198.)

3.3 Muuntajan mekaaninen kunto

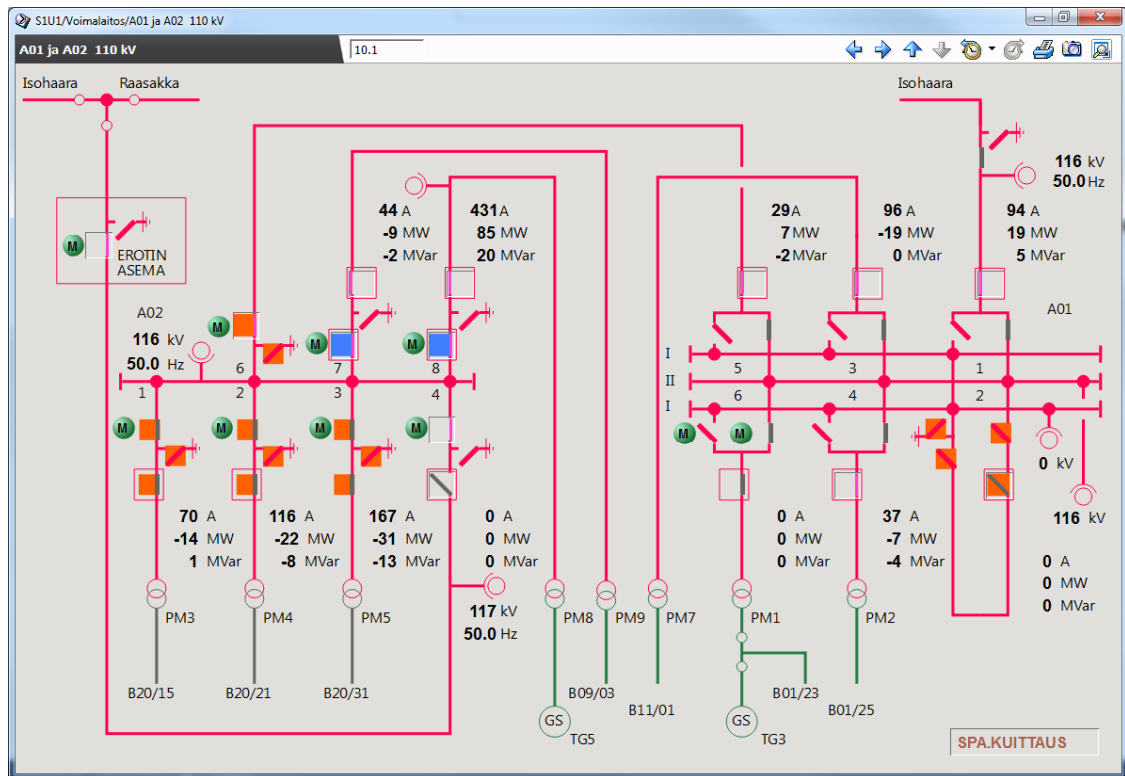
Toimintansa aikana muuntaja altistuu monenlaisille rasituksille, kuten verkossa tapahtuviin oikosulkuihin, salaman iskuun ja vuodenajoista johtuvaan ympäristöolosuhteiden muutokseen, joten näistä aiheutuvia vikoja ehkäistään kunnossapidolla ja huolloilla. Perushuollossa muuntajan kunto tarkastetaan visuaalisesti: mahdolliset öljyvuodot, venttiilit, kuivaussuolan vaihtotarve, ruoste ja mittareiden, sekä mittalaitteiden toiminta. Muuntajan ohjauskaappi ja kaapelointi sekä käämikytkimen ohjauksien uusinnan tarve kartoitetaan.

Perushuollon tärkeimmät toimenpiteet ovat eristysosien kuivaus, öljyn suodatus tai vaihto ja käämien kiristys. Lisäksi puristusliitokset tarkastetaan ja kiristetään, käämikytkin tarkastetaan ja huolletaan sekä otetaan paperinäyte DP-luvun selvittämistä varten. Huollon yhteydessä tarkastetaan muuntajan ulkopuolinen kunto ja voidaan suorittaa hiekkapuhallus ja maalaus. Kuivauksessa poistetaan kosteus muuntajan eristysosista eli paperista ja prespaanista. Huolto pysäyttää kosteuden aiheuttaman paperin hajoamisen. Huollossa tehtävät toimenpiteet tuovat muuntajalle kymmeniä vuosia lisää käyttöikä. (ABB 2017b).

Perushuollon yhteydessä tehdään yleensä myös käämikytkinhuolto ja lisätään asiakkaan mahdollisesti tilaama optio kuten esimerkiksi kunnonvalvontaan liittyvä mittari.

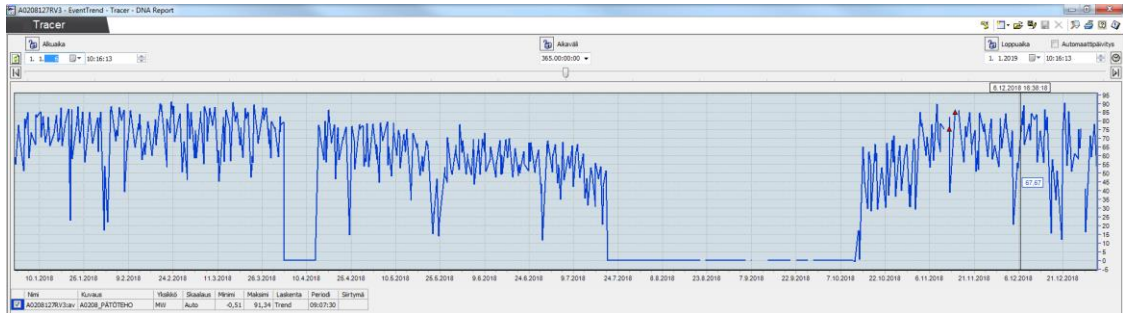
4 PM8 PERUSHUOLTO

Veitsiluodossa K7 (Kattila 7) on vastapainevoimalaitos, josta TG5 turbiini-generaattorilla tuotetaan sähköä muun tehtaan höyryn kulutuksen mukaan. TG5 generaattorin tuottama sähkö muunnetaan 110kV:n verkkoon sopivaksi blokki-muuntaja PM8:lla (Kuva 5).



Kuva 5. Veitsiluodon sähköverkon kuormitukset 2019 (Voimalaitoksen Dna 14.3.2019.)

PM8 toimii noin 70% vuosittaisella kuormitusasteella nimellistehostaan, kesällä kuormitus on hieman alemmalla tasolla johtuen talvikuukausien lämmitystarpeesta, joka nostaa muuntajan kuormitusastetta, kuten seuraavasta voidaan havaita (Kuva 6).



Kuva 6. PM8 kuormitus trendi 2018 vuoden ajalta (Voimalaitoksen Dna 14.3.2019.)

TG5 ajettiin alas 24.7.2018 revisioiseisokkiin ja PM8 siirtoa perushuoltoon alettiin valmistelemaan. PM8 kuljetettiin Vaasaan ABB:n muuntajatehtaalle perushuoltoon, jossa muuntajan puretaan, otetaan paperinäyte (DP-luku) ja öljynäytteet ennen kuivausta ja puhdistusta, sekä öljyjen puhdistusta. Kerosiinikuivaus ja puhdistusprosessin jälkeen muuntajan aktiiviosa puristetaan alkuperäisiin mittoihin.

Muuntajan runko ja radiaattorit puhdistettiin ja tarkastettiin, venttiilit huollettiin ja tiivistet vaihdettiin. Muuntajan suojalaitteet ja apujohdotukset koteloineen uusittiin.

TULOKSET

ANALYYSI	2018-08-31	2018-07-30	2018-01-10	Suositus IEC60422:2013	Standardi	KAASU-ANALYYSI IEC 60567	2018-08-31	2018-07-30	2018-01-10	Suositus IEC60599:2007-5
Lämpötilajuus, kV/2,5mm	72	68	69	>40	IEC 60156	H ₂ Vety, µl/l	0	3	3	≤150
Mittattu kosteus, ppm	1	4	5	<30*	IEC 60814	O ₂ Happi, µl/l	2127	25550	26240	
N-luku, mgKOH/g			0,02	<0,10	IEC 62021-2	N ₂ Typpi, µl/l	5042	57020	57441	
Häviökerroin, o/oo	5,0			<100	IEC 60247	CH ₄ Metaani, µl/l	0	3	3	≤130
Rajapintajännitys, 10-3N/m	38			>22	ASTM D971	CO Hiilimonoksidi, µl/l	5	120	170	≤600
Furfuraali 2FAL, µg/g				<2	IEC 61198	CO ₂ Hiidioksiidi, µl/l	56	3625	4082	≤14000
Inhibiitripitoisuus, %		0,33	0,32	>0,18...0,3	IEC 60666	C ₂ H ₄ Etyleeni, µl/l	<1	23	26	≤280
PCB-pitoisuus, ppm			<2	2**	IEC 61619	C ₂ H ₆ Etana, µl/l	0	2	2	≤90
DP		552		>350	IEC 60450	C ₂ H ₂ Asetyleeni, µl/l	0	0	0	≤20

* Käyttölämpötilassa

**>2 ppm vaarallinen jäte (Ekokem Oy)

Taustatiedot

2018-08-31 Huollon jälkeen

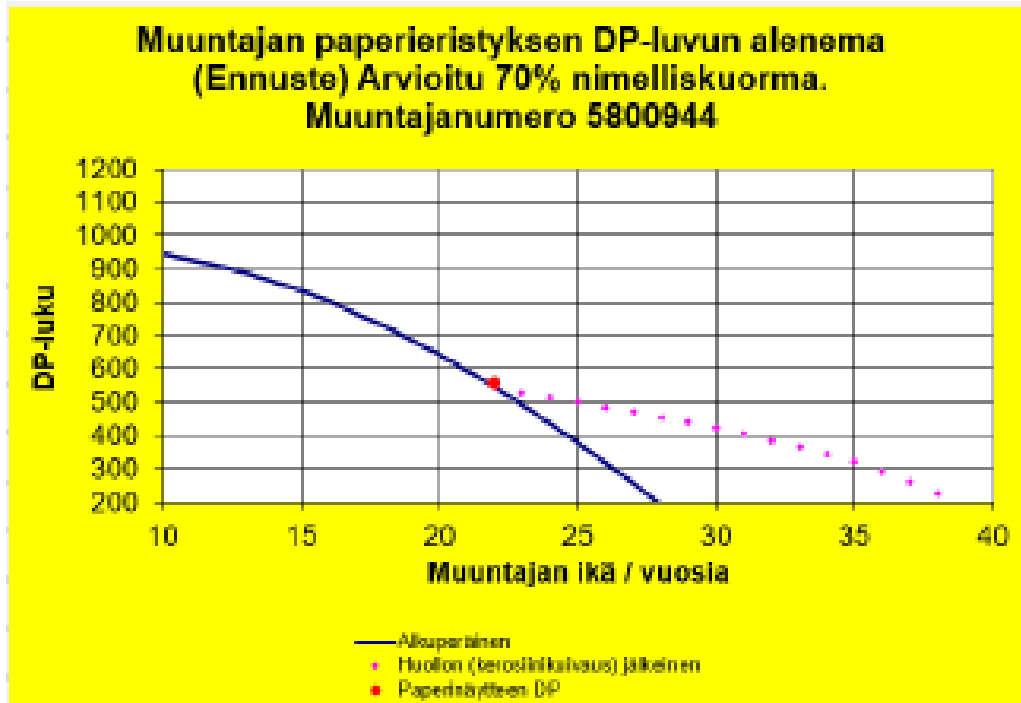
2018-07-30 Ennen huoltoa. 2018-08-03 Paperinäyte otettu, b-vaiheen ulosotto, DP 552= kohtalainen

2018-01-10 Ennen huoltoa, ei havaittavissa PCB jäämiä.

Kuva 7. PM8 öljyanalyytitulokset (Liite 1. 3 (4).)

PM8 Öljyanalyyseissa ei havaittu mitään poikkeavaa. Kuvassa 7 tummana öljy puhdistettuna.

Muuntajan eliniän odote voidaan muodostaa paperinäytteen analyysin perusteella, jota verrataan muuntajan käyttöön oton hetken DP-luvun ja muuntajan vanhenemisen seurauksena DP-luvun aleneman perusteella (Kuva 8). DP-luku, joka analysoitiin muuntajasta otetusta paperinäytteestä perushuollon yhteydessä, oli 552 ja muuntajan iän ollessa n. 22 vuotta olisi muuntajalla ollut jäljellä oleva eliniän odote enää noin 10 vuotta. Perushuollon ansiosta saatiin muuntajalle uusi arvioitu eliniän odote, joka näkyy seuraavassa vaaleanpunaisilla pisteillä esitettyinä (Kuva 8).



Kuva 8. PM8 muuntajan eliniän odote (Liite 1. 2 (4).)

Muuntaja koestettiin perushuollon päätteeksi huoltopaikalla, jossa muuntajalle suoritettiin seuraavat koestukset IEC 66076 standardien mukaisesti:

- Muuntosuhde mittaus ja kytkentäryhmän tarkastus
- Käämien tasavirtavastusmittaukset
- Eristysvastukset ja kapasitanssit
- Muuntajan tehokertoimen mittaus
- Ylijännitekoe (0,8 x uuden muuntajan koejännitteestä)

- Eristyskoe (0,8 x uuden muuntajan koejännitteestä)
- Apulaitteiden toimintojen tarkistus
- Vuototarkastus.

Muuntajan koestuksessa ei havaittu mitään poikkeavaa.



Kuva 9. Muuntajan siirron valmistelua (25.7.2018)

Muuntajan ensiö- ja toisiopuolen jännitesyötöt maadoitettiin, sekä sprinklerilinjat otettiin hallitusti pois käytöstä, seuraavaksi muuntajakopin sivuseinä nostettiin pois edestä.

Muuntajasta purettiin apuohjauksien kaapeloinnit sekä muuntajarungon maadoitukset irti siirtoa varten (Kuva 9 ja Kuva 10).



Kuva 10. Muuntajan siirto lavetille (25.7.2018.)



Kuva 11. Muuntaja lavetilla valmiina kuljetukseen (25.7.2018.)

Muuntajasta ensiö- ja toisiopuoleneristimet jouduttiin purkamaan lavetilla pois ja tulppaamaan, koska kuorma lavetilla olisi ollut liian korkea kuljetukseen (Kuva 11, Kuva 13 ja Kuva 14). Muuntaja saapui Vaasaan ABB:n huoltopaikalle vastaanototarkastukseen (Kuva 12).



Kuva 12. Muuntaja Vaasassa ABB:n huoltopaikalla (29.7.2018.)



Kuva 13. Kuva muuntajan kannelta (29.7.2018.)



Kuva 14. Kuva muuntajan kannelta (29.7.2018.)



Kuva 15. Kuivaimen vanhat suolat (29.7.2018.)

Muuntajan ilmakeuhaimen suolat jo vanhentuneet, suolojen väri vaalenee mitä enemmän kosteutta niihin on imeytynyt (Kuva 15).



Kuva 16. Muuntajan paisuntasäiliö varusteineen (30.7.2018.)



Kuva 17. Vuotava kaasurele (30.7.2018.)

Muuntajan öljyn paisuntasäiliö purettuna irti tarkastuksessa (Kuva 16). Vuotava kaasurele (Kuva 17) vaihdetaan uuteen, kuten säiliön mittarit.



Kuva 18. Aktiiviosa ennen kuivausta (3.8.2018.)



Kuva 19. Paperinäyte otettiin alajännitepuolelta (3.8.2018.)

Muuntajan aktiiviosa nostettiin pois muuntajasta (Kuva 18) ja paperinäyte otettiin kuumimmasta pisteestä alajännitepuolelta (Kuva 19).



Kuva 20. Aktiiviosa kuivauksen jälkeen (9.8.2018.)

Muuntajan aktiiviosa kuivattiin ja puhdistettiin kerosiini kuivausmenetelmällä (Kuva 20).



Kuva 21. Muuntaja koestuksessa (28.8.2018.)

Muuntaja koestettiin, jossa ei mitään poikkeavaa löydetty (Kuva 21).



Kuva 22. Uudet kuivaimen suolat (29.8.2018.)

Ilmankuivaimen osat puhdistettuna ja uudet suolat laitettuna (Kuva 22).



Kuva 23. Uusittu apuohjaus kaappi (29.8.2018.)

Kaikki muuntajan apukaapelointi ja ohjauskaappi uusittiin huollon yhteydessä (Kuva 23).



Kuva 24. Uusittu kaasurele ja uusi öljyn korkeus- ja lämpöanturi (29.8.2018.)



Kuva 25. Lisätty kaasuanalysointilaite Core Sense, asennuspaikka radiatorin alaputkessa (29.8.2018.)



Kuva 26. Muuntajan kansi huollon jälkeen (29.8.2018.)

Muuntajan öljyn korkeus- ja lämpötila-anturi sekä kaasurele on uusittu (Kuva 24). Muuntajaan lisättiin on-line kaasumittari radiatorin alaputkeen optiona, jolla seurataan vedyn ja kosteuden pitoisuutta öljyssä (Kuva 25). Muuntaja on valmiina kuljetukseen Veitsiluotoon (Kuva 26).

5 MUUNTAJAN KUNNONVALVONTA

Sähköverkon eri komponentit joutuvat käytössä alttiiksi hyvin erilaisille rasituksille, varsinkin Suomessa ulkotiloissa olevat sähkölaitteet. Esimerkiksi tehomuuntajilla muuntajan kuormitustilanne vaikuttaa olennaisesti eristyksen tilaan ja liian korkea lämpötila vaurioittaa eristystä. Pakkanen talvella ja kesän kuumat päivät, sekä vesisateet ja ukonilmat tuovat oman osansa muuntajan kunnonvalvonnan haasteeksi. Ylijännitteet tai oikosulkuvirtojen ja kytkentäsysteemien aiheuttamat mekaaniset rasitukset voivat vaurioittaa muuntajan eristyksiä. Lämpivientieristimillä voi ongelmaksi muodostua eristyksen sisään tunkeutuva kosteus. (Aro ym. 2003, 199.)

Tehomuuntajien kunnonvalvontaan kuuluu kuukausittaiset aistivaraiset tarkastukset, kuten ilmankuivaimen suolojen väri, mahdollisten öljyvuojojen tarkkailu, lämpötilojen ja öljypinnan tarkkailu, radiaattoreiden tuulettimien toiminta, sekä eristimien visuaalinen tarkkailu likaantumisen ja vuotojen varalta. Lisäksi muuntajista otetaan öljynäyte, riippuen muuntajan käyttöolosuhteista ja kuormituksesta, sekä toimintavarmuuden turvaamisesta noin 1-3 vuoden välein.

Taulukko 3. Muuntajan vauriomekanismeja ja sopivia kunnonvalvontamenetelmiä (Aro ym. 2003, 200.)

Komponentti	Vauriomekanismi tai vika	Diagnosointimenetelmä
Muuntaja	öljypaperieristyksen muutokset	öljynäytteen analysointi: liuenneet kaasut, hiukkaspitoisuus, tan δ , neutraloimisluku, läpilyöntijännite, rajapintajännitys, eristyksen tan δ
	eristyksen kostuminen	öljyn kosteusmittaus, paperinäytteen kosteusmittaus, eristyksen tan δ , DR
	paperin muutokset	öljyn furfuraalianalyysi, paperin DP-analyysi
	sisäiset osittauspurkaukset	öljyn kaasuanalyysi, PD-mittaus, akustinen osittauspurkausten ilmaisu ja paikannus
	terminen vika	

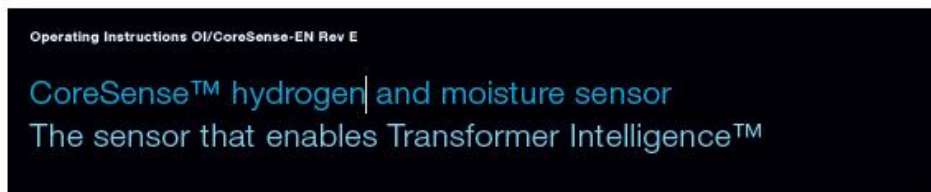
	käämien mekaaniset muodon muutokset	öljyn kaasuanalyysi, lämpökuvaus taajuusvaste FRA, siirtofunktio TF
Mittamuuntajat $\geq 123\text{kV}$ Muuntajan läpivientieristimet	öljypaperieristyksen muutokset tai sisäinen vika eristysten kostuminen osittauspurkaukset	öljyn kaasuanalyysi, $\tan\delta$, lämpökuvaus, sisäisen paineenmittaus (mittamuuntajat), DR $\tan\delta$ PD-mittaus

Häviökulman tangenttia $\tan\delta$ kutsutaan eristeen häviökertoimeksi. Sen avulla saadaan tietoa eristeen kunnosta, sillä häviöiden suuri kasvu tarkoittaa eristeen kunnan heikkenemistä.

Kunnonvalvonnassa käytettävien mittalaitteiden on varsinkin kenttäolosuhteissa oltava mahdollisimman helppokäyttöisiä ja tulosten tulkintaan on oltava mahdollisimman yksiselitteiset säännöt. Kehittyneimmillään suurjännitelaitteiden kunnonvalvonta voi olla on-line seuranta, johon on liitetty vian vakavuuden automaattinen analysointi vertailemalla laitteen mitattua tietoa pitkältä aikaväliltä (trendi analyysi). Tämä edellyttää kuitenkin, että seurattavan laitteen vaurioitumismekanismit tunnetaan hyvin ja että eristysten kunto voidaan yksinkertaisesti ja luotettavasti määrittää jotakin tarkoituksenmukaista suuretta mittaamalla. (Aro ym. 2003, 201.)

5.1 CoreSense

CoreSense tarkkailee jatkuvasti vetyä ja kosteutta öljyssä ja varoittaa, jos kumpi-kaan arvo alkaa kasvamaan ennalta määritetyn kynnyksarvon yli. Reaaliaikainen seuranta täydentää normaalissa kunnonvalvonnassa otettua muuntajaöljyn DGA-analyysiä varoittamalla käyttäjää paljon nopeammin kehittyviin olosuhteisiin.



Online hydrogen and moisture sensor for incipient fault detection



Kuva 27. CoreSense, vety ja kosteusmittauslaite. (CoreSense ABB.)

CoreSensen pääasiallisena vikaindikaattorina on vety, koska se on lähes aina ensimmäinen kaasu, kun vika alkaa ilmetä. Lisääntynyt kosteus yhdessä lämpötilan ja hapen kanssa voi johtaa eristyksen ikääntymisen nopeutumiseen. Näin ollen molempien parametrien seuranta antaa käyttäjälle mahdollisuuden reagoida nopeasti, tutkia ja korjata kehittyvää ongelmaa muuntajassa. (CoreSense ABB.)

Alarm thresholds	Warning	Alarm
Hydrogen level	100 ppm	250 ppm
Hydrogen 24h rate-of-charge	+10 ppm	+25 ppm
Hydrogen ROC trigger level	80 ppm	
Moisture level	20 ppm	30 ppm
Moisture 24h rate-of-charge	+5 ppm	+10 ppm
Moisture ROC trigger level	15 ppm	

Kuva 28. Konfiguroitavat vedyn ja kosteuden varoitus ja hälytysrajat. (CoreSense ABB.)

Vedyn tai kosteuden varoitus ja hälytys rajat määriteltävissä ja vedyn tai kosteuden 24h muutosnopeuden rajat määriteltävissä. Tehdasasetuksissa annetut vakioarvot rajoille, jotka ovat konfiguroitavissa on annettu edellä olevan kuvan mukaan (Kuva 28). (CoreSense ABB.)

Vedyn tai kosteuden ROC trigger level eli väärän hälytyksen välttämiseksi minimi taso on määritetty muutosnopeuden hälytyksen huomioon ottamiseksi. Vain silloin, kun vety on korkeampi kuin ROC:n vetypitoisuus, ilmoitetaan muutosnopeuden WARNING- tai ALARM-tila. Vastaavasti vain, kun kosteustaso on kosteuden ROC-liipaisu tason yläpuolella, muutosnopeuden WARNING tai ALARM-tila voidaan ilmoittaa. (CoreSense ABB.)



Kuva 29. Vedyn ja kosteuden on-line mittarit. (CoreSense ABB.)

Core Sense on liitettävissä tuettujen digitaalisten protocollien avulla seuraavasti:

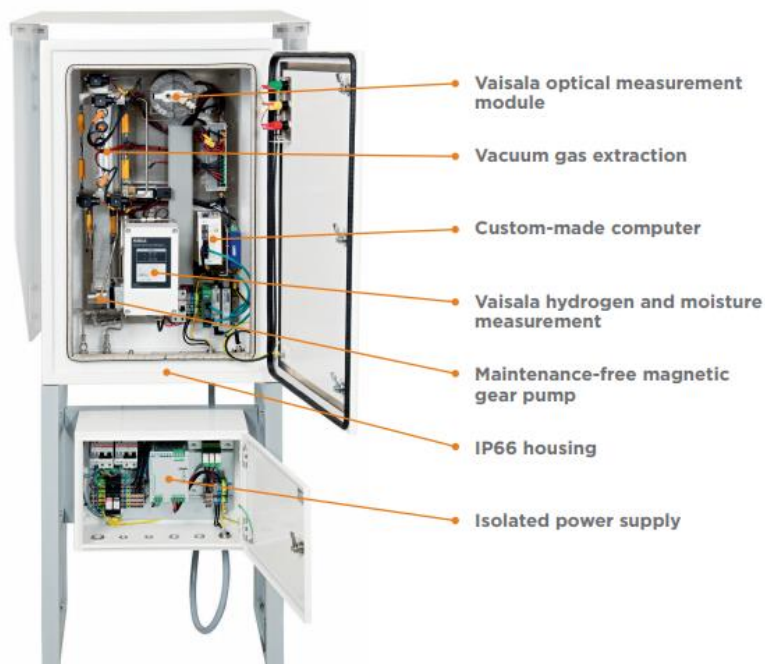
RS485 serial: Modbus
 SCADA Ethernet: Web http port 80/tcp, Modbus TCP port 502/tcp, DNP3 port 20000/tcp, IEC61850 MMS port 102/tcp
 Fiber optic SCADA: Web http port 80/tcp, Modbus TCP port 502/tcp, DNP3 port 20000/tcp, IEC61850 MMS port 102/tcp
 (CoreSense ABB).

5.2 Vaisala Optimus

Vaisalan on-line DGA (Dissolved Gas Analysator) on kehitetty nopeasti asennettava jatkuvatoiminen öljyyn liuenneiden kaasujen analysaattori. Analysaattori pystyy mittaamaan seuraava taulukon mukaisia kaasujen pitoisuus arvoja jatkuvatoimisesti (Kuva 31). Analysaattori pitää sisällään mittauksia seuraavan tietokoneen, jonka tuloksiin, varoitus ja hälytysrajojen asetuksiin pääsee kiinni web-selaimella.

VAISALA

How is the Vaisala Optimus™
 OPT100 DGA Monitor Different?



Kuva 30. Vaisala on-line Optimus laitteisto.

Measured Parameters in Oil

Parameter	Range	Accuracy ^{1) 2)}	Repeatability ²⁾
Methane (CH ₄)	0 ... 10 000 ppm _v	10 ppm or 10 % of reading	10 ppm or 5 % of reading
Ethane (C ₂ H ₆)	0 ... 10 000 ppm _v	10 ppm or 10 % of reading	10 ppm or 5 % of reading ³⁾
Ethylene (C ₂ H ₄)	0 ... 10 000 ppm _v	10 ppm or 10 % of reading	10 ppm or 5 % of reading
Acetylene (C ₂ H ₂)	0 ... 5000 ppm _v	2 ppm or 10 % of reading	1 ppm or 10 % of reading
Carbon monoxide (CO)	0 ... 10 000 ppm _v	10 ppm or 10 % of reading	10 ppm or 5 % of reading
Carbon dioxide (CO ₂)	0 ... 10 000 ppm _v	10 ppm or 10 % of reading	10 ppm or 5 % of reading
Hydrogen (H ₂)	0 ... 5000 ppm _v	25 ppm or 20 % of reading	15 ppm or 10 % of reading
Moisture ⁴⁾ (H ₂ O)	0 ... 100 ppm _w ⁵⁾	±2 ppm ⁶⁾ or ±10 % of reading	Included in accuracy

1) Accuracy specified is the accuracy of the sensors during calibration gas measurements. Accuracy of the gas-in-oil measurement may also be affected by oil properties and other chemical compounds dissolved in oil.

2) Whichever is greater.

3) Repeatability of ethane measurement is specified with averaging of five measurements.

4) Measured as relative saturation (%RS).

5) Upper range limited to saturation.

6) Calculated ppm value is based on average solubility of mineral oils.

Kuva 31. Vaisala Optimuksen mittauksessa olevat kaasut. (Vaisala Optimus OPT100.)

6 POHDINTA

Tässä työssä keskityttiin lähinnä Stora Enson Veitsiluodon tehtaalla olevan tehomuuntajan huoltoon, joka sattui hyvin tämän opinnäytetyön ajankohtaan, normaalisti perushuoltoa ei aivan joka vuosi, eikä edes vuosikymmen tehdä.

Tehomuuntajan perushuolto on suuritöinen ja hyvin kallis operaatio, joka normaalisti aiheuttaa myös käyttökatkon verkon takana oleville laitteistoille tai jopa tehtaalle, mistä seuraa usein myös tuotannon menetystä.

Tehomuuntajalle PM8 suoritettussa perushuollossa ei mitään poikkeavaa yllätystä löytynyt. Öljyanalyysit ennen puhdistusprosessia näyttivät öljyn olevan ihan muuntajan iän mukaisissa arvoissa ja puhdistuksen jälkeen öljyanalyysin perusteella melkein pä uuden veroiset. Muuntajan paperinäytteen analyysin ja kerosiini-kuivausprosessin jälkeen muuntajalle saatiin lisää eliniän odotetta. Muuntajan huolto Vaasassa ABB:n huoltopaikalla onnistui aivan aikataulun mukaan kuljetuksia myöten

Opinnäytetyön haasteena oli rajata työ pelkkään muuntajan perushuoltoon lähtemättä rönsyilemään liialti perushuoltoon sisältyviin aiheisiin kuten esimerkiksi muuntajan eristepaperiin. Muuntajan perushuollon aiheista löytyy jo valmiita opinnäyte ja diplomitöitä paljon, johtuen perusmuuntajatekniikasta, joka ei ole muuttunut ajan saatossa juuri lainkaan.

LÄHTEET

ABB 2017a. Dissolved gas analysis and supervision of oil condition in transformers and reactors. Viitattu 18.2.2019.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentId=9AKK106930A2001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB 2017b. Preventive maintenance through inspection and rehabilitation Ensuring a long life for your transformer ABB 2017a. Viitattu 10.3.2019.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentId=1LAB000563&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB 2018. CoreSense User guide. Viitattu 21.4.2019.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentId=AA0101577&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen, K. & Palva, V. 2003. Suurjännitetekniikka. Toinen korjattu ja täydennetty painos. Helsinki: Otatieto.

Aura, L & Tonteri, A. 1996. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. 2. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 2 Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. 1. painos. Helsinki: Otatieto.

Elovaara, J. & Laiho, Y. 2005. Sähkölaitostekniikan perusteet. 5. painos. Helsinki: Otatieto.

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. 1. painos. Tampere: Tammertekniikka.

Lillqvist R. 2008. Suurmuuntajien kerosiinikuivausprosessi. Sisäinen dokumentti. ABB Oy. Viitattu 10.3.2019.

Niemi, A. 2015. Lämpöstabiloituneen eristepaperin vanheneminen muuntajan valmistusprosessissa. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Opinnäytetyö.

Piironen, M. 2015. Sähköasemien kunnossapitoprosessin kehittäminen. Aaltoyliopisto. Sähkötekniikka. Diplomityö.

Vaisala Optimus OPT100 DGA Monitor. 2018. Viitattu 21.4.2019.

<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/OPT100%20Datasheet%20B211583EN.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Muuntajan vastaanottoraportti

Liite 2. Muuntajan huoltoraportti

Liite 3. Muuntajan koestusraportti

Liite 1.1 (3)



ABB Oy Transformers

MUUNTAJAN
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Käsitteijä	Vesa Vuorenmaa	Työ n:o	70157479	Pöytäkirja n:o	
Asiakas	Stora ensa Veltsiluoto	Asennuspalkka	Veltsiluoto		
		Tunniste			
Osoite		Muuntajan laji	KTRW 132X120		
		Valm.n:o / vuosi	5800944	1996	
Yhteyshenkilö	Mika Pesonen, Efora mika.pesonen@efora.fi	Jännite / Teho	122/10,5 kV	120 MVA	
		Valmistaja	ABB		
Puh.	040 545 9153	Ympäristön lämpötila	°C		
Sijainti/ilmastointi	sisäilä	ulkona meri	teollisuus katoksessa	✓ ✓	kaupunki maaseutu

TARKASTUKSET MUUNTAJA			
SUOJALAITTEET	Tarkastettu	Ei tarkastettu	Lisäinfo
Kaasunle		✓	Uusitaan sopimuksen mukaisesti
Öljynkorkeuden mittarit		✓	Uusitaan sopimuksen mukaisesti
Öljyn lämpömittarit		✓	Uusitaan sopimuksen mukaisesti
Käälmin lämpömittarit		✓	Uusitaan sopimuksen mukaisesti
Ylipaineventtiili	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
VARUSTEET	Tarkastettu	Ei tarkastettu	Lisäinfo
Käivet	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Ennitimet AJ	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Ennitimet YJ	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Imankuvaimet	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Tuuletinimet	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Ulkopuolinen johdotus		✓	Uusitaan sopimuksen mukaisesti
Apujohdotuskaapeli		✓	Uusitaan sopimuksen mukaisesti
VUOTOTARKASTUKSET	Tarkastettu	Ei tarkastettu	Lisäinfo
Palauntakäyttö	✓		Vuotoja kaasureleellä
Säiliö	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Venttiili	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Tiivisteet	✓		Hieman vuotoja, ei merkittäviä
Kärsä	✓		Ei poikkeamia, kunto ok
Radiaattorit	✓		
PINTAKÄSITTELY	Tarkastettu	Ei tarkastettu	Lisäinfo
Palauntakäyttö	✓		Kunto ok, väri hieman haalistunut
Säiliö	✓		Kunto ok, väri hieman haalistunut
Kärsä	✓		Kunto ok, väri hieman haalistunut
Radiaattorit	✓		

ABB Oy, Transformer Service
PL 696
05101 Vessaa

Käyntiosoite:
Strömbergin puolesta 15 C
05120 Vessaa
E-mail: etunimi.sukunimi@abb.com

Puhelin: 010 22 11
Y-tunnus: 0763403-0
Kotipaikka: Helsinki

Liite 1.2 (4)



ABB Oy Transformers

MUUNTAJAN
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

LÄPVIENNITESTIEN MITTAUS				
LÄPVIENNI	Kapasitanssi	%TD		Lisätietoja
A - (C1)	-	-		Läpiviennit mitataan myöhemmin
B - (C1)	-	-		
C - (C1)	-	-		
N - (C1)	-	-		
ÖLJY- JA PAPERINÄYTTEET				
ANALYYSI				Lisätietoja
Läpilyöntijous	88	kV		Eriillinen raportti GRL18-0917.pdf
Kaasuanalyysi (Vety H ₂)	3	µl/l		
Määrä kosketus	4	ppm		
Paperinäyte	662	DP		Eriillinen raportti GRL18-0838OP.pdf
Liitteet				
Lisätietoja	<p>Muuntajan paperieristyksen DP-luvun alenema (Ennuste) Arvioitu 70% nimelliskuorma, Muuntajanumero 5800944</p>			
Suorittaja	Vesa Vuorenmäki		Pvm.	9.8.2018

ABB Oy, Transformer Service
PL 606
05101 VasaKäyntiosoite:
Stenbergin puolelle 15 C
65320 Vasa
E-mail: esurimi.surunim@fi.abb.comPuhelin: 010 22 11
Y-faxit: 0763403-0
Kotipaikka: Helsinki

Liite 1.3 (4)

ABB Oy, Transformer Service
Muuntajaöljyn analyysiseloste

Page 1

Tilauaja: Vesa Vuorimaa
Asiakas: Elin Oy, Veitsiluodon tehdas
Aika: Muuntajaöljyn tutkimus
Päiväys: 2018-07-31
Mittauspa: Laborantti M Hämälä
Mittauspa: Laborantti S Hämälä
Johde: Antkka, ORL
Viite: MAGA, PM

Muuntajan
arvosana: 500946
Muuntajan tyyppi: ETPV 120/120
Tilausno: 301329

Selostusno: 06128-06CT
Näyte otettu: 2018-07-30
Näyte otettiin: 2018-07-30
Analyysi: Perusanalyysi

TULOKSET

ANALYYSI	2018-07-30	2018-07-30	2017-04-20	Normin IEC 60422 TBL	Standardi	KAASU- ANALYYSI IEC 60567	2018-07-30	2018-07-30	2017-04-20	Normin IEC 60567 TBL
Läpilyöntijana, kV/24h	66	66	77	>40	IEC 6018	H2	3	3	3	≤150
Muutos koostoa, ppm	4	5	<1	<10*	IEC 6064	O2	25550	20240	27190	
FCI-kon- sentratio, %		0,02		>0,10	IEC 62013	N2	57620	57641	60264	
Hiljälämpö- tila, °C				<100	IEC 60247	CH4	3	3	3	≤130
Kaasupäästö- tila, ppm				>22	IEC 6076	CO	120	170	155	≤500
Tarhaöljy (FAL, ppm)				<2	IEC 6119	CO2	3025	4082	3866	≤14000
Indiilämpötila, °C	0,33	0,32	0,33	>0,18...0,5	IEC 6166	C2H4	23	26	24	≤300
FCI-pitoisuus, ppm		<2		2**	IEC 6167	C2H6	2	2	2	≤90
MF				>100	IEC 6168	C2H2	0	0	0	≤20

* Käytännöllinen
** >2 ppm vaarallisuus (Rikos Oy)

Tuotetiedot

Käyttöolosuhteet (ppm/1000h) IEC 60970

	>=5 µm	>6 µm	>8 µm	>14 µm	>21 µm	>30 µm	>70 µm
2016-03-30	8 167	4 300	2 200	683	217	17	0

> 5 µm(c) Määrä: Uusiin muuntajiin laavasta Kodaphronissa.

>14 µm(c) Määrä: Uusiin muuntajiin laavasta Kodaphronissa.

Läpilyöntijana IEC 60422 Table 5

Hyvä: Jaka normaalia näytteenottoa.

Kosteus IEC 60422 Table 5

Hyvä: Jaka normaalia näytteenottoa.

Öljyn lämpötila näytteenottohetkellä oli - °C

Indiilämpötila

Hyvä: Jaka normaalia näytteenottoa.

Kaasuanalyysi

Kaasuanalyysi perusteella kaasupitoisuudet ovat siedettävät.

Tuotteen

Mitta-avot normaali. Jaka normaalia näytteenottoa, noin 1 vuosi.

Liite1. 4 (4)

ABB Oy, Transformer Service
Muuntajaöljyn analyysiseloste

Page 1

Tilaaaja: Vesa Vuorimaa
Asiakas: Elera Oy, Veitsiluodon tehdas
Alue: Muuntajapaperin tutkimus
Päiväys: 2018-08-08
Mittaus: Laboranti M. Hämäläinen
**Maantajan
 arvosana:** 300944
Maantajan tyyppi: KTFW 12b(12)
Selostus: ORL18-0039
Hyväksyjä: Tuotepäällikkö P. Ägren
Jakelu: Asiakas, GRI
Tilausno: 20157479
Näyte otettu: 2018-08-08
Yhte: MAGA, PMI
Näyte mitattu: 2018-08-08
Analyysit: Huokosanalyysi

TULOKSET

ANALYYSI	2018-08-08	2018-07-30	2018-01-10	Normin IEC 60423 S11	Standardi	KAASU- ANALYYSI IEC 60567	2018-08-08	2018-07-30	2018-01-10	Normin IEC 60567-2 S17.8	
Lämpötila, °C		68	69	>40	IEC 60570	H ₂		3	3	≤150	
Virta, ppm		4	5	<30*	IEC 60644	O ₂		25510	26240		
N ₂ , ppm			0,02	<0,10	IEC 61033.2	N ₂		57020	57441		
H ₂ O, ppm				<100	IEC 60247	CO		3	3	≤150	
Hiilivedyt, ppm				>22	ASTM D971	CO ₂		130	170	≤500	
Hiilivedyt, %				<2	IEC 61194	HCN		3625	4082	≤14000	
Hiilivedyt, %		0,33	0,32	<0,18...0,3	IEC 60964	C ₂ H ₄		25	26	≤280	
Hiilivedyt, ppm			<2	2**	IEC 61439	C ₂ H ₆			2	2	≤90
DP	552			>150	IEC 60450	C ₂ H ₂		0	0	≤20	

* Käytännöllinen

** >2 ppm vaarallinen jätö (Elera Oy)

Tulokset

Klorosulfitipitoisuus (ppm/1000ml IEC 60970)

	<5 ppm	>6 ppm	>8 ppm	>14 ppm	>21 ppm	>38 ppm	>70 ppm
2018-08-08	8 167	4 300	2 200	683	217	17	0

> 5 ppm(c) Matala: Usuttua muuntajassa havaittu klorosulfitipitoisuus.

>14 ppm(c) Matala: Usuttua muuntajassa havaittu klorosulfitipitoisuus.

Polymerisaatioaste:

b-muonno otettu 552 (DP)

Erityksen DP (IEC 60450 Table 2)

Kohdittain

Uuden paperin DP on 1000-2000, hyvä DP 650-1000, keskitalous DP 350-650, ikäpaperit DP <350.

Yhteenveto

Mitta-arvot normaalit. Jotta normaalisti näytteenottoa olisi, noin 1 vuosi.

Liite 2. 1 (5)

Projektinumero CGS-1409811

1 TARKASTUKSET JA HUOLTO**1.1 Tehdyt tarkastukset, huollot ja havainnot**

Muuntaja oli huoltoon saapuessa ulkoiselta olemukseltaan	<input checked="" type="checkbox"/>	Hyväkuntoinen
	<input type="checkbox"/>	Keskinkertainen
	<input type="checkbox"/>	Heikkokuntoinen
DP-analyysi osoitti paperin olevan (552)		
1000-1200	<input type="checkbox"/>	Hyväkuntoista
700-1000	<input type="checkbox"/>	Hieman vanhentunutta
400-700	<input checked="" type="checkbox"/>	Vanhentunutta, mutta kunnossa
200-400	<input type="checkbox"/>	Melko vanhentunutta
<200	<input type="checkbox"/>	Täysin vanhentunutta
Muuntajassa oli lämpenemisjälkiä	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei
	<input type="checkbox"/>	kyllä
Muuntajassa oli oikosulku merkkejä	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei
	<input type="checkbox"/>	Kyllä (käämin ulosotot Kiertyneet ja pöytälevyt Siirtyneet paikaltaan)
Aktiiviosien kunto oli	<input type="checkbox"/>	Hyvä
	<input checked="" type="checkbox"/>	Keskinkertainen
	<input type="checkbox"/>	Huono
Öljyn läpilyöntilujuus oli 72kV/2,5mm	<input checked="" type="checkbox"/>	Hyvä
	<input type="checkbox"/>	Huono

Liite 2. 2 (5)



ABB Oy Transformers

MUUNTAJAN
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Käsittelijä	Vesa Vuorenmaa	Työ n:o	70157479	Pöytäkirja n:o	
Asiakas	Stora ensö Oy	Asennuspaikka	Veltsiluoto		
		Tunniste	PMB		
Osoite		Muuntajan laji	KTRW 123X120		
		Valm.n:o / vuosi	5800944	1996	
Yhteyshenkilö	Mika Pesonen mika.pesonen@efora.fi	Jännite / Teho	122/10,5 KV	120 MVA	
		Vaivastaja	ABB		
Puh.	+358 40 545 9153	Ympäristön lämpötila	20 °C		
Sijainti/ilmastointi	sisällä	ulkona	✓	teollisuus katoksessa	✓
					kaupunki maaseutu

TARKASTUKSET MUUNTAJA						
BUOJALAITTEET	Tarkastettu	Huollettu	Uusittu	Ei tarkastettu	Lisätietoja	
Käskurite			✓			
Öljynkorkeuden os.			✓			
Öljyn lämpö			✓			
Käämin lämpö			✓			
Ylipainaventtiili/ rele						
VARUSTEET	Tarkastettu	Huollettu	Uusittu	Ei tarkastettu	Lisätietoja	
Läpiviennit	✓	✓			Miteustulokset liitteenä	
Irroinkulvat	✓	✓				
Tuuletin		✓				
Apujohtokotelo			✓		Myös ulkoinen johdotus suuattu	
VUOTOTARKASTUKSET	Tarkastettu	Huollettu	Uusittu	Ei tarkastettu	Lisätietoja	
Tiliväleet		✓	✓			
Saumut	✓					
Venttiilit		✓				
Radiaattorit	✓	✓				
PINTAKÄSITTELY			✓			
ÖLJYNÄYTTEET	Läpilyönti kosteus	72 1	KV/2,5mm ppm	Käsu- analyysit	0	Ylä Ala
						Peluuritasallit
						-
Lisätietoja	<p>Muuntajasta otettiin paperinäyte. DP arvo 552. Erillinen raportti liitteenä.</p> <p>Muuntajan aktiiviosa kuivattiin ja kiristettiin. Käämit puristulvat 2-3mm.</p> <p>Sydämen eristykset ja maadoitukset ok.</p> <p>Muuntajaan asennettiin coresense radiaattorin alaputkeen. Coresense sarjanumero 1648251-010</p> <p>Käyttöönotto laitteille tehty tehtaalla</p>					
Suorittaja	KT, TL, PM			Pvm.	14.9.2018	

Liite 2.3 (5)

ABB

UUSI MITTARI (Doble) malli

Mittaus:		TAN DELTA JA KAPASITANSIT HV & LV KONDENSAATTORILÄPIVIENNIT		Päivä	16.8.2018
Asiakas:		STORA ENSO, VEITSILUOTO OY		Proj. no.	70157479
Mittaus:		MYR, TR		Läli	KTRW 125 x 180
		T = 25,1 °C		Sarja no.	5800944
SARJA NRO Mittauskytkentä	U/V	tan δ / %	Cx/pF		
237779 / C1	10000	0,439	153,77	} HV	ABB GOB 550
237778 / C1	-1L	0,433	153,62		
237780 / C1	-1L	0,419	154,07		
237782 / C1	-1L	0,415	152,95		
239603 / C1	-1L	0,245	408,22	} LV	ABB GOH 170-10
239604 / C1	-1L	0,246	404,21		
239602 / C1	-1L	0,238	407,27		

KAPASITIIVISTEN ULOSKORDJEN TIIVISTEET UUSITUV.

Y = yläjännitekäämi
 A = alajännitekäämi
 V = välijännitekäämi
 S = säiliö

Liite 2. 4 (5)

Muuntajan tarkastus asennuspaikalla		
Asiakkaan viite:		
Asiakas:		Stora Enso Veitsiluoto Oy
Laji:		KTRW 123 X 120
Muuntajan numero:		5800944
Työnumero:		70157479
Suoritettut tarkastukset:	tarkastanut	huom.
1. Kaasureleen toiminnan koestus	OK	
A. Hälytyskoskettimet 1 - 2	OK	
B. Laukaisukoskettimet 3 - 4	OK	
2. Öljynkorkeuden osoittimien ylä- ja alarajan koestus:	OK	
3. Ilmankuivain:	OK	
Onko nestelukossa oikea öljymäärä?		
Onko silikageeli kuivaa?		
4. Väliottokytkin:		
Kytkimen toiminnan mekaaninen kokeilu ja tiivisteiden kiristys tarvittaessa		
Onko kytkin halutussa asennossa. Missä?		
5. Käämikytkin ja moottoriohjain:		
Onko vaihejärjestys oikein?		
Kytkimen toiminnan mekaaninen kokeilu		
Virtausreleen / painereleen toiminnan koestus		
Kytkin jäi asentoon		
6. Läpivientieristimet:		
Mittausliittimien suojakannen tarkastus		
Läpiviennit tarkastettu (ehyet, puhtaat, öljynkorkeus oikea)		
7. Jäähdytysjärjestelmä:		
Pyörivätkö tuulettimet oikeaan suuntaan?	—	
Pyörivätkö pumput oikeaan suuntaan?		
Ovatko virtauksen osoittimet kunnossa?		
8. Valvonta- ja suojalaitteet:		
Lämpömittarit		
Asettelut tarkastettu ja kokeiltu		
Öljyn lämpömittari: hälytys 90 °C laukaisu 105 °C	OK	
Käämin lämp.t.kuv.: hälytys 105 °C laukaisu 135 °C	OK	
Käämin lämp.t.kuv.: hälytys °C laukaisu °C		
Jäähdyttimien käynnistymisen tarkistus:		
Ryhmä I 60 °C Ryhmä II 75 °C	OK	

Liite 2. 5 (5)

Suoritettut tarkastukset	tarkastanut	huom.
9. Ilmaukset:	OK	
Radiaattorit / jäähdytysjärjestelmä	OK	
Käämikytin		
Luukut / ilmanpoistoruuvit	OK	
Läpivientieristimet	OK	
Kaasurele	OK	
Ylipaineventtiili	OK	
10. Vuototarkastukset:	OK	
Tiivisteet (kaulavanne, luukut, radiaattorit)	OK	
Venttiilit (laipat, karatiivisteet)	OK	
Hitsausseamat	OK	
11. Virtamuuntajien oikosulut tarkastettu	OK	
12. Sekalaisia tarkastuksia:	OK	
Muuntajien kilvet kiinnitetty	OK	
Korjausmaalaus suoritettu	OK	

13. Muuntaja on luovutettu asiakkaalle:
käyttövalmiina / ei käyttövalmiina (katso huomautukset)

14. Työ suoritettu pvm 20.7.2019 asentaja Marko Lancel MARCO LANCEL

15. Asiakkaan kuittaus pvm _____ nimi _____
nimi painokirjaimin _____

16. Huomautuksia:

Liite 3. 1 (7)

ABB**Test report****Routine tests**

Serial number: 5800944

Characteristic

Design		Three-phase transformer
Type		KTRW 123X120
Rated power	[kVA]	120000
Primary voltage	[V]	122000
Primary tapplings	[%]	+2x2.5-2x2.5
Secondary voltage(s)	[V]	10500
Frequency	[Hz]	50
Vector group		YNd11
Cooling method		ONAN/ONAF
Standard(s)		IEC 60076
BIL		AC 230 LI 550 / AC 28 LI 75
Tests dates		

ABB reference

Test report no.	5800944-TR
Technical specification	-
Drawing no.	-

Customer reference

Customer	Stora enso Veitsiluoto
Customer reference	Huolto

Witnessed by

Comments

Koestettu HV käyttökytkennässä

ABB Oy, Transformers
Strömbergin puistotie 15C
65100 Vaasa
Finland

Approved by

Date of issue:

  28.8.2018
H. Kantola

Liite 3. 2 (7)

Performed and approved testsRoutine tests

Measurement of voltage ratio and phase-displacement	IEC 60076-1 (ed.3.0) sub.cl. 11.3
Measurement of winding resistance	IEC 60076-1 (ed.3.0) sub.cl. 11.2
Measurement of no-load loss and current	IEC 60076-1 (ed.3.0) sub.cl. 11.5
Dielectric routine tests	
-Applied voltage test (AV)	IEC 60076-3 (ed.3.0) cl. 10
-Induced overvoltage test (IW)	IEC 60076-3 (ed.3.0) cl. 11
Measurement of d.c. insulation resistance	
Check of core insulation	IEC 60076-1 (ed.3.0) sub.cl. 11.12
Determination of capacitances	
Measurement of dissipation factor	

Liite 3. 3 (7)



Test report

Measurement of voltage ratio and phase-displacement

Serial number: 1LF1145106811

Results

Terminal markings verified. Measured connection: YNd11

Measurement		Measured voltage ratio			Nominal Ratio	Calculated Deviation %	Guaranteed Deviation %
Tapping	Winding pair	A-B a-b	B-C b-c	A-C a-c			
3	1-2	11.634	11.633	11.634	11.62	0.13	0.5

Liite 3. 4 (7)

Measurement of winding resistance

Serial number: 5800944

HV winding, measured resistances [mOhm]

Tapping	Measured between terminals				Average
	A-B	A-C	B-C	B-N	
3	216.7	216.4	216.5	108.65	216.5

LV winding, measured resistances [mOhm]

Tapping	Measured between terminals			Average
	a-b	a-c	b-c	
-	1.353	1.357	1.349	1.353

Measuring temperature

27.3 C

Measuring equipment Haefely 2285 no.153183 17.10.2017 due 17.10.2018

Liite 3.5 (7)



Test Report

Measurement of no-load loss and current

Serial number: 1LF15800725P1

27.8.2018

Results

Supply connected to winding: 2

Measurement data			Measured						
No.	Voltage %-Un		Voltage [V]	Current [A]			Losses P0 [W]	Power S0 [VA]	I0-%
1	110		11 558	16.10	17.93	20.64	81587	364811	0.31
2	100		10 500	6.25	7.29	8.27	56313	132246	0.13
3	90		9 452	3.82	4.12	4.86	43136	69863	0.07

Liite 3. 6 (7)

Dielectric tests

Serial number: 5800944

Results**Applied voltage test (AV)**

Winding	Test voltage [kV]	Result
HV	184	passed
LV	22,4	passed

Test time: 60 seconds
 Test frequency: 50 Hz
 80 % of original values
 80 % of original values

The test is successful if no collapse of the test voltage occurs.
 Measuring equipment Haefely 150kV 147304 cal.date 22.2.2018 due 22.2.2020

Induced voltage test (IVW)

Winding	Test voltage [kV]	Result
LV	1,8xUn 250 Hz	

Test time: 24 seconds
 80 % of original values

The test is successful if no collapse of the test voltage occurs.
 Measuring equipment Yokogawa WT3000T no. 91P601556 cal.date 26.7.2018 due 26.7.2020

Measurement of d.c. insulation resistance

Terminals	Result 15s [Gohm]	Result 60s [Gohm]	Test voltage [kV]
ABCN	2,12	2,86	5
abc	1,25	1,87	5

Measuring equipment Avo Megger MIT520 10003750902091258 cal.date 12.1.2018 due 12.1.2019

Check of core insulation

Terminals	Result 15s [Gohm]	Result 60s [Gohm]	Test voltage [kV]
1	1,55	3,95	2,5
2	4,54	6,38	2,5
3	2,62	3,65	2,5
4	2,08	2,78	2,5
5	0,56	0,84	2,5

Measuring equipment Avo Megger MIT520 10003750902091258 cal.date 12.1.2018 due 12.1.2019

Measurement of dissipation factor (Tan delta) and capacitance

Terminals	tan delta [%]	Cx [pF]	Test voltage [kV]
ABCN	0,157	17535	10
abc	0,157	34352	5
ABCNabc	0,172	25295	5

Measuring temperature C

Measuring equipment Doble M4100 011010493 9.6.2016 due 9.6.2019

Liite 3.7 (7)

ABB

APULAITTEIDEN JA JOHDOTUKSEN TARKASTUS

Stora ENSO Veitsilä
5800944

Tarkastuskohteet						Huomi	
1. Suojalaitteiden kytkentä, koskettimet (kosketustoimintojen tarkastus)							
1.1 Kaasureleet						kpl	N/A
1.2 Öljynkorkeuden osoittimet						kpl	OK
1.3 Käämikytkimien suoja-/painereleet						kpl	-
1.4 Muuntajan suoja-/painereleet						kpl	-
1.5 PT-100 yms. anturit						kpl	-
1.6 Virtauksenosoittimet						kpl	-
1.7 Suojakytkimien hälytykset						kpl	OK
1.8 Muut hälytykset ja tilatiedot						kpl	-
1.9						kpl	-
1.10						kpl	-
2. Lämpömittarin ja käämin lämpötilan kuvaajan säätö (R1, R2 = jäähditysryhmien käynnistys, H=hälytys, L=laukaisu)							
Mittari	H/C	L/C	R1/C	R2/C	Pot./Ω		
Öljy	90	105	60	75			OK
Öljy							-
HV							-
LV	105	120	80	95	146		OK
							-
3. Sähköiset toimintakokeet, koestus							
3.1 Jännitesyötöt							OK
3.2 Merkkilampot, valaisimet, pistorasial, kytkimet							OK
3.3 Tuulettimien käynnistys Auto/Käsi							OK
3.4 Tuulettimien ja pumppujen pyörimissuunnat (vaihtelusta rivillätimille asti, ins ei kytketty)							OK
3.5 Lämmitysvastukset, termostaatit							N/A
3.6 Virtamuuntajan napaisuus							OK
3.7 Virtamuuntajan oikosulut koestuksen jälkeen							-
3.8 Apujohtotuksen eristyskoe 2.0 kV AC							OK
3.9 Suojakytk. sääd. 1,25 A 6 kpl A kpl							OK
3.10 Aktiiviosan eristysvastus							OK
3.11							5,13

*) Toimilaitteet kytkemättä, tarkistettu kaapelin päähän

13.9.2018 Perroström
pvm / Mittaaja~~Virta- ja jännitekytkemättä~~