

Tehomuuntajan huollon turvallisuuden edistäminen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Valkeakoski, sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

kevät, 2020

Mikael Tanhuanpää

Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri
Valkeakoski

Tekijä	Mikael Tanhuanpää	Vuosi 2020
Työn nimi	Tehomuuntajan huollon turvallisuuden edistäminen	
Työn ohjaaja/t	Tommi Keikko	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä käsiteltiin tehomuuntajan huollon turvallisuuden edistämistä kertomalla yleistietoa muuntajista, muuntajahuolloista ja työturvallisuudesta. Samalla muuntajan työmaadoitus modernisoitiin.

Opinnäytetyön päätavoite oli tilata työmaadoituslaite KTRW 123 X 100-muuntajalle, joka sijaitsee Tampereen Sähkölaitoksella Naistenlahdessa. Työn päätavoitteen toteutus koostui työmaadoituslaitteiden valmistajien etsinnästä, muuntajan sekä muuntajabunkkerin ominaisuuksiin tutustumisesta ja valmistajalta tulleiden työmaadoituslaitteiden piirustusten vertailemisesta.

Työtä varten piirrettiin kuvat havainnollistamaan työmaadoituslaitteen sijaintia muuntajabunkkerissa sekä valitsemaan sopiva laite. Valmistaja lähetti kaksi piirustusta työmaadoituslaitteista. Toinen oli pystymallinen ja toinen vaakamallinen. Työssä päädyttiin pystymallin työmaadoituslaitteeseen sen asennuskorkeuden johdosta. Työmaadoituslaite tilattiin onnistuneesti ja laitteen toimituksesta sekä asennuksesta vastaa laitteen valmistaja.

Naistenlahteen asennettava työmaadoituslaite helpottaa ja turvaa sähköasentajien töitä tulevissa muuntajan huoltotöissä. Laite kytkee työmaadoituksen joko paikallisohjauksella painonapeista tai etäohjauksella Valmet DNA- ohjelmaa käyttäen.

Avainsanat Muuntaja, työmaadoitus, työturvallisuus

Sivut 34 sivua, joista liitteitä 4 sivua

Electrical and Automation Engineering
Valkeakoski

Author	Mikael Tanhuanpää	Year 2020
Subject	Promotion the safety of power transformer maintenance.	
Supervisors	Tommi Keikko	

ABSTRACT

This thesis dealt with the promotion of power transformer maintenance safety by providing general information about transformers, transformer maintenance and occupational safety. At the same time, the transformer's earthing was modernized.

The main goal of the thesis was to order a site earthing device for the KTRW 123 X 100 transformer, which is located at the Tampere Power Plant in Naistenlahti. The implementation of the main goal of the work consisted of searching for the manufacturers of the earthing device, getting acquainted with the properties of the transformer and the transformer bunker, and comparing the manufacturers earthing device drawings.

For the work, pictures were drawn to illustrate the location of the earthing device in the transformer bunker and to select a suitable device. The manufacturer sent two drawings of the earthing device. One was vertical type and the other horizontal type device. Due to the installation height, the vertical type earthing device was selected. The earthing device was ordered successfully and the device manufacturer is responsible for the delivery and installation of the device.

The earthing device to be installed in Naistenlahti will facilitate and secure the work of electricians in future transformer maintenance work. The device connects the earth by either local control via pushbuttons or remote control using Valmet DNA software.

Keywords Earthing, occupational safety, Transformer,

Pages 34 pages including appendices 4 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MUUNTAJAN TOIMINTAPERIAATE	2
2.1	Tehomuuntajat.....	3
2.2	Tehomuuntajien kytkennät.....	5
2.3	Kaasuturbiinin muuntajan valvontalaitteet	7
3	TYÖTURVALLISUUS	9
3.1	Työskentely jännitteettömänä	9
3.2	Putoamissuojaus	9
3.3	Muuntajan päälle nouseminen	12
4	TEHOMUUNTAJAN HUOLTO.....	12
4.1	Käytön aikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet.....	13
4.2	Vuosittainen tarkkailu	13
4.3	Seisokin aikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet.....	14
5	TEHOMUUNTAJAN TYÖMAADOITUS JA TYÖMAADOITUSLAITE	14
5.1	Nykyinen työmaadoitus	15
5.2	Työmaadoituslaite Lielahden voimalaitoksella	16
5.3	Työmaadoituslaite Naistenlahden voimalaitokselle	18
5.4	Naistenlahden muuntajabunkkeri.....	20
5.5	Työmaadoituslaite: esimerkki 1	22
5.6	Työmaadoituslaite: esimerkki 2	26
5.7	Työmaadoituslaitteen valinta	27
6	YHTEENVETO	28
	LÄHTEET.....	29

Liitteet

Liite 1	Muuntajan KTRW 123 X 100 tyyppikilpi
Liite 2	Muuntajan KTRW 123 X 100 kytkentätyypit
Liite 3	Valmistajan kuvat pystymallin työmaadoituslaitteesta
Liite 4	Valmistajan kuvat vaakamallin työmaadoituslaitteesta

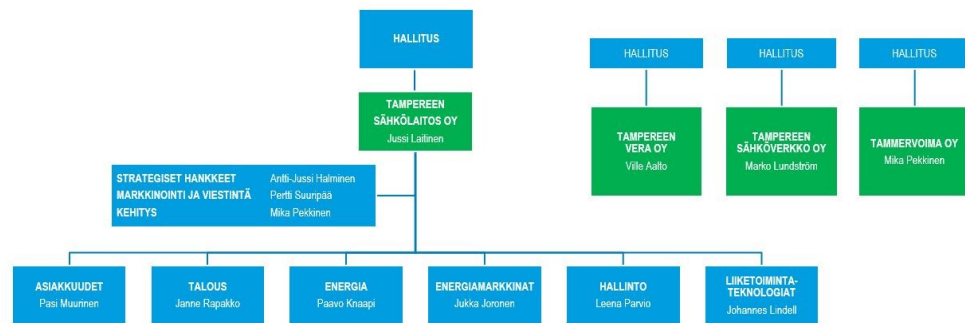
1 JOHDANTO

Naistenlahden voimalaitoksen vuosihuoltoseisokki sisältää monenlaisia työtehtäviä. Näihin työtehtäviin kuuluu mm. KTRW 123 X 100- muuntajan vuosihuoltotyöt. Muuntajan huoltotyöt ovat tärkeässä roolissa muuntajan pitkäaikaisen ja luotettavan toiminnan kannalta. Muuntajan vuosihuoltotöiden aloitus koostuu muuntajan erotuksesta, jännitteettömyyden toteamisesta, työmaadoittamisesta sekä itse vuosihuoltotöistä. Opinnäytetyön sisältö on pidetty pääpainoltaan juuri näissä aihealueissa. Tämän lisäksi työssä on myös yleistietoa erilaisista muuntajista sekä niiden kytkennöistä.

Opinnäytetyön päätarkoitus oli etsiä tarvittavat dokumentit ja tilata työmaadoituslaite Tampereen Sähkölaitokselle Naistenlahteen. Työmaadoituslaite asennetaan Naistenlahti 1. laitoksen kaasuturbiinin KTRW 123 X 100- muuntajaan. Lielahden voimalaitokselle asennetun työmaadoituslaitteen kuvat helpottivat työmaadoituslaitteen hahmottamista Naistenlahteen. Työmaadoituslaitteista on hyvin vähän tietoa internetissä, joten uskoisin että tästä työstä on apua sitä tarvitsevalle. Työmaadoituslaitteen tilaukseen liittyvien tietojen lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi omia näkökulmiani ja ideoitani työmaadoituslaitteen asennuksesta sekä sen sopivuudesta muuntajabunkkeriin.

Tämän opinnäytetyön tilaaja, eli Tampereen Sähkölaitos -konserni on perustettu vuonna 1888 ja se oli Suomen ensimmäinen kunnallinen sähkölaitos. Konsernin toiminta perustuu sähkön, kaukolämmön ja -jäähdytyksen tuotantoon sekä jakeluun ja myyntiin. Emoyhtiönä toimii Tampereen Sähkölaitos Oy ja sen tytäryhtiöihin kuuluvat Tampereen Sähköverkko Oy, joka huolehtii sähköverkkotoiminnasta sekä Tampereen Vera Oy, joka hoitaa kaupungin ulkovalaistusverkkojen sekä sähköverkkojen rakentamis- ja kunnossapitotoimintaa. Näiden lisäksi Tampereen Sähkölaitos Oy omistaa 51% Tammervoima Oy:stä. Kuvassa 1 näkyy Tampereen Sähkölaitoksen yhtiöt. (Sähkölaitos, 2018a, 2018b.)

Tampereen Sähkölaitos -yhtiöt



Kuva 1. Tampereen Sähkölaitos -yhtiöt (Sähkölaitos, 2018a.)

Tampereen Sähkölaitos Oy:n suurimmat voimalaitokset sijoittuvat Tampereen Naistenlahteen ja Lielahteen (Taulukko 1.).

Taulukko 1. Tampereen Sähkölaitoksen voimalaitokset (Sähkölaitos, 2018c.)

Voimalaitos	Valmistus-vuosi	Pääpoltto-aine	Sähköteho	Lämpöteho
Naistenlahti 1	1971	maakaasu	129 MW	144 MW
Naistenlahti 2	1977	turve, puu, kaasu ja öljy	60 MW	120 MW
Lielähti	1988	maakaasu	147 MW	160 MW

Näiden voimalaitosten lisäksi konserniin kuuluu kolme vesivoimalaitosta, jotka sijoittuvat Tampellaan, Finlaysoninkadulle sekä Tammerkosken keskiputoukselle. Tampereen Sähkölaitos Oy:n ainut hyötyvoimalaitos sijaitsee Tarastejärvellä. Konsernin toiminta tähtää tulevaisuuteen vihrein periaattein, sillä uusiutuvia polttoaineita lisätään vuosittain, siihen laaditulla investointiohjelmalla. (Sähkölaitos, 2018b.)

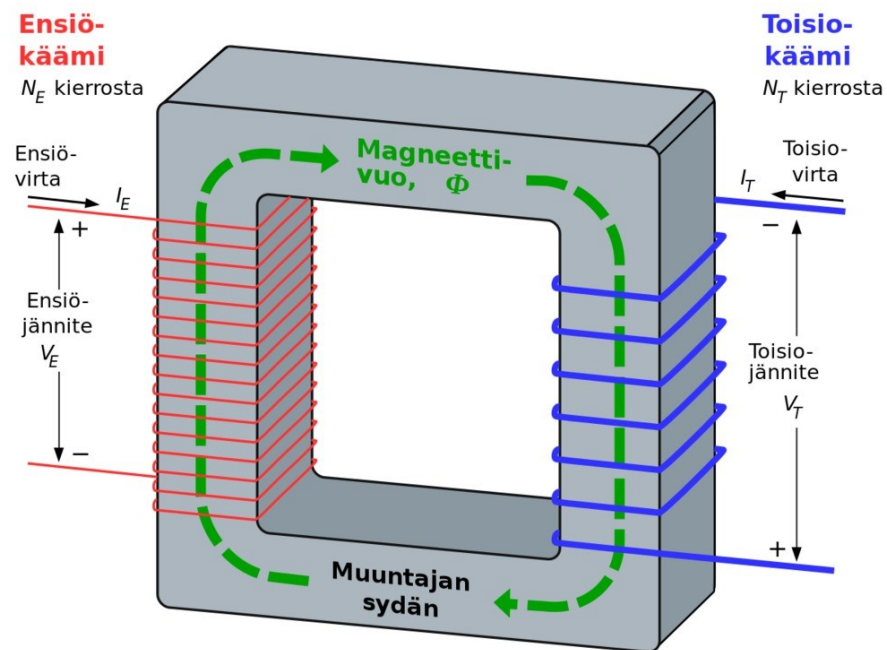
2 MUUNTAJAN TOIMINTAPERIAATE

Muuntaja on laite, joka muuntaa vaihtosähkön jännitteen, virran sekä tehon suuruutta ensiöpuolelta toisiopuolelle lukuun ottamatta häviötehoa. Muuntajan rakenne koostuu useista kierroksiksi taivutetuista johtimista, jotka on kiedottu rautasydämen ympärille. Rautasydän koostuu laminoituista levyistä, joilla minimoidaan vaihtokentän synnyttämiä pyörrehäviöitä. Muuntajat voivat olla joko yksi- tai monivaiheisia. Monivaihemuuntajista yleisin on kolmivaihemuuntaja. Muuntajat lajitellaan tehtäviensä

puolesta eri ryhmiin. Tässä kappaleessa keskitytään tehomuuntajien perusteisiin. (Muuntajat ja sähkökoneet s.4)

Kuvan 2 muuntajan muuntosuhde näkyy yhtälössä 1. Esimerkiksi, jos muuntajan halutaan puolittavan jännite ensiökäämiltä toisiokäämille, niin toisiokäämin kierrosluku on puolet ensiökäämin kierrosluvusta. Jännitettä kasvattaessa toisiokäämissä on enemmän kierroksia kuin ensiökäämissä. (Peda, n.d.)

$$V_e/V_t = N_e/N_t \quad (1.)$$

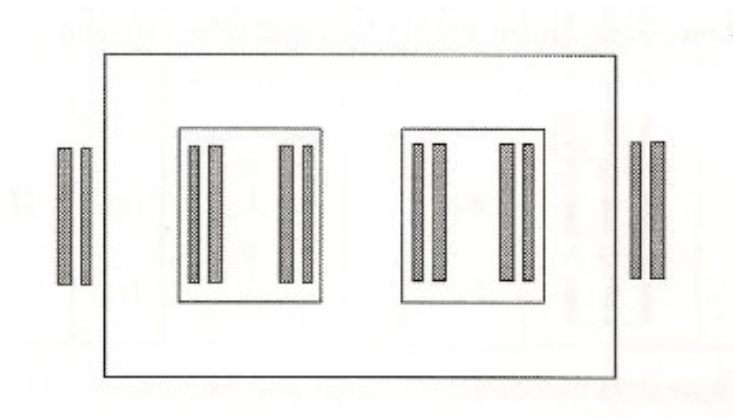


Kuva 2. Muuntajan rakenne yksinkertaistettuna (Peda, n.d.)

2.1 Tehomuuntajat

Tehomuuntajia käytetään pääasiassa sähkön siirtoon ja jakeluun suurjänniteverkossa. Sähkön siirrosta ja jakelusta saadaan halvempaa suurentamalla jännitettä muuntajalla. Jännitteen kasvaessa virta on pienempi ja täten myös siirtohäviö pienenee.

Tehomuuntajat voidaan sisäisen rakenteensa mukaan jakaa kahteen ryhmään, jakelumuuntajiin sekä suurtehomuuntajiin. Tässä osiossa tutustutaan kolmivaiheisiin suurtehomuuntajiin, koska opinnäytetyössä syvennytään niiden työmaadoitukseen ja työmaadoituslaitteisiin. Kolmivaihemuuntajat ovat joko sydän- tai vaippamuuntajia. Näistä kahdesta yleisempi on sydänmuuntaja, koska sydänmuuntajan rakenne on yksinkertaisempi sekä jäähdytyksen kannalta edullisempi (kuva 3). (Korpinen, n.d.)



Kuva 3. Sydänmuuntaja halkaistuna (Hietalahti, 2011, s. 23)

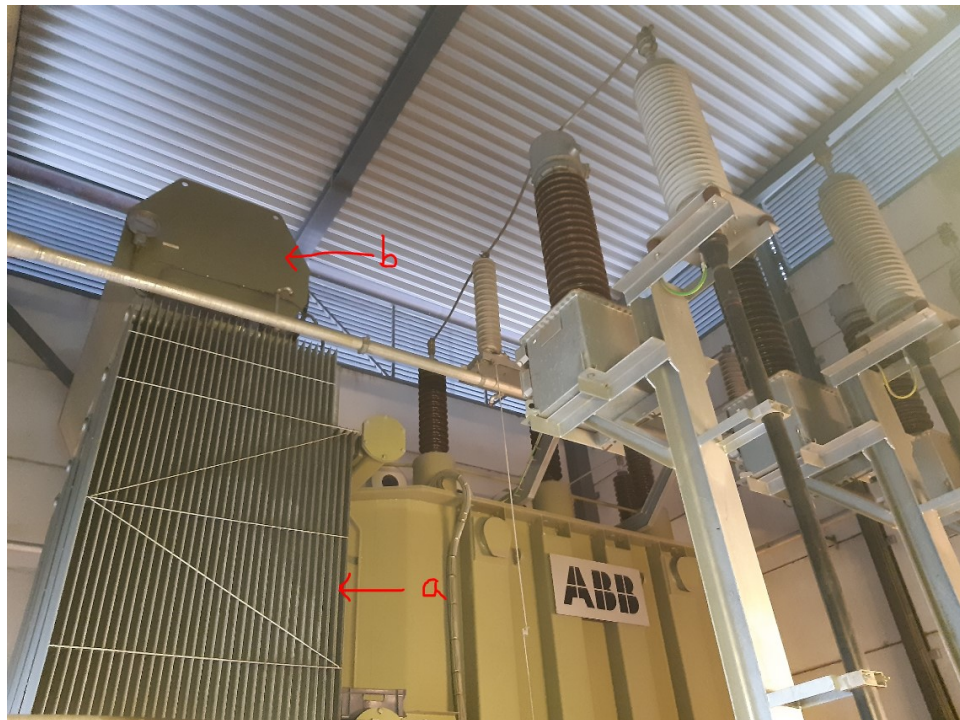
Mitä suurempi muuntaja on, sitä tehokkaampaa jäähdytysmenetelmää on käytettävä. Jäähdytysaineena käytetään joko ilmaa tai öljyä. Ilmajäähdytteisiä muuntajia kutsutaan kuivamuuntajiksi ja öljyjäähdytteisiä yksinkertaisesti öljymuuntajiksi. Kuivamuuntajan käämit ja rautasydän eivät ole kotelossa, vaan suoraan kosketuksissa ilmaan (kuva 4). Luonnollinen konvektio nostaa lämpimän ilman virtauksena ylöspäin, koska lämmin ilma on kevyempää kuin kylmä. Ilmajäähdytystä voidaan tehostaa puhaltimilla, jolloin jäähdytyskyky paranee. Kuivamuuntajien etu öljymuuntajiin on se, että niissä ei ole öljyä. Tämän takia niitä pyritään käyttämään räjähdys-, saastumis- ja palovaarallisissa tiloissa. (Korpinen, n.d.)



Kuva 4. Kuivamuuntaja (Schneider Electric, 2020.)

Tehomuuntajien jäähdytystavoista yleisin on öljyjäähdytys. Muuntajan käämit ja rautasydän on koteloitu ja kotelo täytetty muuntajaöljyllä. Muuntajassa syntyvä lämpö siirtyy öljyyn, josta se siirtyy säiliön seinämiin. Lopuksi lämmin ilma siirtyy muuntajan seinämistä ilmaan. Säiliön jäähdytyspintaa lisätään jäähdytysrivoilla, joita pitkin öljy jäähtyy nopeammin

(kuva 5, a). Myös öljymuuntajien jäähdytystä voidaan tehostaa lisäämällä puhaltimia jäähdytyskyvyn parantamiseksi. Tätä menetelmää on käytetty Tampereen Sähkölaitoksella KTRW 123 X 100- muuntajaan lisäämällä puhaltimet jäähdytysripojen alle. (Korpinen, n.d.)



Kuva 5. KTRW 123 X 100- muuntajan jäähdytysrivat, paisuntasäiliö.

Jakelumuuntajien rakenne jakautuu seuraavasti: hermeettisesti suljetut jakelumuuntajat, paisuntasäiliölliset jakelumuuntajat ja valuhartsieristeiset jakelumuuntajat. Paisuntasäiliölliset ja hermeettisesti suljetut muuntajat ovat öljyeristeisiä ja -jäähdytteisiä. Valuhartsieristeiset taas kuivamuuntajia. Suurin osa öljyeristeisistä muuntajista on varustettu paisuntasäiliöllä (kuva 5, b). Hermeettisissä muuntajissa ei ole paisuntasäiliötä, koska ne ovat täynnä öljyä ja kaasutiiviisti suljettuja. Niiden muuntajasäiliö on mitoitettu kestäämään ylikuormituksesta johtuvaa ylipainetta ja niiden öljy vanhenee hitaammin kuin paisuntasäiliöllä varustetuissa muuntajissa. (Korpinen, n.d.)

2.2 Tehomuuntajien kytkennät

Tehomuuntajien kytkentöjä kuvataan kirjainsymboleilla. Nämä kirjainsymbolit kuvaavat kolmivaihemuuntajan käämityksen kytkentää ja ne voidaan lajitella neljään eri ryhmään.

- D ; d kolmiokytkentä
- Y ; y tähtikytkentä
- Z ; z hakatähtikytkentä ja
- III ; iii avoin (kytkemätön) kolmivaihekäämitys

Ensimmäisenä merkitty iso kirjain tarkoittaa suuremman jännitteen käämityksen kytkentää ja pieni kirjain taas pienemmän jännitteen käämityksen kytkentää. Jos tähti- tai hakatähtikäämityksen tähtipiste on tuotu liittimelle, merkitään kytkentätunnukseen kirjain N tai n heti kirjainsymbolin jälkeen riippuen siitä, onko kyseessä suuremman vai pienemmän jännitteen käämitys. Jos muuntajan käämitys on kytketty säästökytkentään, lisätään kytkentätunnukseen pieni a kirjain käämityksen kirjainsymbolin jälkeen. Mikäli käämitys on kytkettävissä kahdelle tai useammalle jännitteelle, kirjoitetaan suurimman jännitteen kirjainsymboli alkuun ja loput kirjainsymbolit sulkeiden sisään. (Hietalahti, 2011, s. 24)

Kytkennoistä aiheutuu vaihesiirtoa, jota kuvataan tunnusluvuilla. Tunnuslukuja tarkastellaan kellotaulun tuntilukemina. Nämä lukemat 0, 5, 6, ja 11, näkyvät kuvassa 6. Esimerkiksi jos muuntaja on kytketty tunnusluvun 11 mukaisesti, niin alajännitteiden kuvitellut vaiheosoittimet asetetaan kellotaululla kohtaan 11 ja yläjännitteen kuviteltu vaihejännitevektori kellotaululla kohtaan 12. Silloin alajännite on 30 astetta edellä yläjännitteestä. Jos jännitevektorit ovat samansuuntaiset, tulee tunnusluvuksi 0. (Hietalahti, 2011, s. 24)

Opinnäytetyössä tarkasteltu muuntaja on kytketty YNd11- kytkentään, joka tarkoittaa sitä, että yläjännite on kytketty tähtikytkentään ja alajännite on kytketty kolmiokytkentään. Lisäksi vaihesiirto on 30 astetta.

TUN- NUS- LUKU	KYT- KEN- TÄ	OSOITINKUVAT		KYTKENNÄT	
		YJ	AJ	YJ	AJ
0	Dd0				
	Yy0				
	Dz0				
5	Dy5				
	Yd5				
	Yz5				
6	Dd6				
	Yy6				
	Dz6				
11	Dy11				
	Yd11				
	Yz11				

Kuva 6. Muuntajan standardisoidut kytkennät (Hietalahti, 2011, s. 25)

2.3 Kaasuturbiinin muuntajan valvontalaitteet

Muuntoasemalla käytettävien ylivirta-, differentiaali-, ja maasulkusuojien lisäksi muuntajissa on suojausta ja valvontaa varten monenlaisia laitteita. Tässä osiossa tutustutaan KTWR 123 x 100- muuntajan suoja- ja valvontalaitteisiin, jotka näkyvät kuvassa 7.

Kaasurelettä käytetään suojalaitteena öljytäytteisissä muuntajissa (kuva 7, 9). Kaasureleen tehtävä on antaa vikakäsky muuntajan pääkatkaisijoiden laukaisupiiriin vikatilanteen tapahtuessa. Vikatilanteita ovat esimerkiksi muuntajan ylikuumeneminen, sisäiset oikosulut, tai valokaari ilmiöt. Vikatilanteet johtavat muuntajan kotelon liialliseen kaasuuntumiseen, ylikuumenemiseen, purkaus- tai valokaari-ilmiöihin tai äkilliseen öljysyöksyyn. (Hietalahti, 2011, s. 31; ABB Transmit Oy, n.d. a.)

Öljynkorkeuden osoittimen tehtävä on näyttää paisuntasäiliössä olevan öljyn korkeus (kuva 7, 1). Osoitin asennetaan paisuntasäiliön pätyyn ja se on varustettu ylä- ja alarajan hälytyskoskettimilla. Öljyn tilaa valvotaan myös lämpötilamittarilla, joka mittaa öljyn lämpötilaa ja huippulämpötilan osoitin näyttää lämpötilan huippuarvoa. (kuva 7, 5). Lämpötilamittarin vieressä on käämin lämpötilan mittari, joka mittaa käämin laskennallisesti kuumimman kohdan lämpötilaa. Muuntajan lämpötilamittari sekä käämin lämpötilan mittari ovat varustettu hälytys- ja laukaisukoskettimilla. Muuntajan öljyn tilavuuden vaihdellessa muuntajan paisuntasäiliöön syntyy ilmavirtaa. Ilmavirta johdetaan ilmakeivaimessa olevan kuivausaineen läpi, jotta muuntajan sisälle ei pääse kosteata ilmaa (kuva 7, 2). Kuivausaine vaihtaa väriään kosteuden mukaan. Kuivausaineen väristä on helppo huomata, milloin kostea aine pitää vaihtaa. Paisuntasäiliön tehtävä on tasoittaa muuntajaöljyn lämmönvaihtelusta johtuvaa tilavuuseroa ja varmistaa se, että varsinainen muuntajasäiliö on aina täynnä öljyä (kuva 7, 10). (Hietalahti, 2011, s. 32; ABB Transmit Oy, n.d. a.)

Muuntajan päällä on ylipaineventtiili, joka rajoittaa mahdollisen sisäisen vian aiheuttamaa ylipainetta muuntajasäiliössä (kuva 7, 11). Ylipaineventtiili voidaan varustaa joko yhdellä tai kahdella laukaisukoskettimella, jotka on liitetty muuntajan pääkatkaisijoiden kanssa samaan piiriin, jotta pääkatkaisijat saadaan vikatapauksessa nopeasti auki. Muuntajaan on lisätty jäähdytysripojen alle tuulettimet tehostamaan jäähdytystä, jotta muuntaja ei ylikuumene (kuva 7, 4). (Hietalahti, 2011, s. 24; ABB Transmit Oy, n.d. a.)

3 TYÖTURVALLISUUS

Naistenlahden KTRW 123 X 100 kaasuturbiinin muuntajan vuosihuoltotöissä pitää keskittyä erityisesti sähkötyöturvallisuuteen, putoamissuojauksen toimivuuteen sekä muuntajan päälle kiipeämisen turvallisuuteen. Huoltotöissä on käytettävä myös siihen kuuluvia jännitesuojattuja työkaluja.

3.1 Työskentely jännitteettömänä

Työskentely jännitteettömässä laitteistossa on yleisin ja turvallisin menetelmä sähkötöitä tehtäessä. ”Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 perustuu eurooppalaisen sähköalan standardisoimisjärjestön CENELECin valmistelemaan EN 50110-1 Operation of electrical installations -standardiin. Suomalainen standardi SFS 6002 huomioi lisäksi suomalaisen työturvallisuutta ja sähköturvallisuutta koskevan lainsäädännön vaatimukset” (Sesko, n.d.)

Työskentely jännitteettömänä muuntajalla vaatii erilaisia vastuualueita yrityksen sisällä. Työnantajan tehtävä on vastata kaikesta työturvallisuudesta. Sähkötöiden- tai käytön johtajan tehtävänä on järjestää ja huolehtia sähkötöiden turvallisuuden valvomisesta. Työkokonaisuuden valvojana toimii työstä tai käytöstä vastaava henkilö. Työmaalla voi olla monia eri työkohteita, joten jokaisessa työkohteessa on oltava työnaikainen sähkötyöturvallisuuden valvoja, joka valvoo työkohteessa tehtävää työtä. Lopulta itse työntekijän on valvottava oman työnsä turvallisuutta. (Sesko, n.d.)

Ennen jännitteen koettamista ja työmaadoituksen kytkemistä on erityisesti huomioitava, että kohde on erotettu täydellisesti sähkönsyötöstä. Tämän lisäksi kohde on erotettava mahdollista rinnakkaissyötöistä, varavoi- makoneista, tilapäissyöttöjen jännitteistä ja ohjausjännitteistä. Myös sähkövarauksia sisältävät laitteet pitää tehdä jännitteettömiksi. (Sesko, n.d.)

3.2 Putoamissuojaus

Putoamissuojaukseen liittyvä lainsäädäntö vaatii työnantajalta toimenpiteitä työtapaturmien estämiseksi, jos työskentelykorkeus ylittää 2 metrin korkeuden (89/656/EEC). Tähän lainsäädäntöön kuuluu työn vaarojen selvittäminen ja arviointi, mukaan lukien pelastus- ja evakointisuunnitelmat sekä onnettomuuden vaaran torjunta, pelastautuminen ja ensiapu. Työnantajan vastuuseen kuuluu myös apuvälineiden, henkilösuojainten ja muiden laitteiden varaaminen työntekijän käyttöön. Lopuksi työnantajan kuuluu tarjota myös tarvittava opetus ja ohjaus tulevaa työtä varten. (Honeywell, 2018.)

Jokaisen putoamissuojaimen tulee olla CE-merkinnällä varustettu. CE-merkintä takaa sen, että tuote on läpäissyt Euroopan Unionin asettamat vaatimukset. Ennaltaehkäiseviin putoamissuojuksiin kuuluvat mm. kaiteet, turvaverkot ja henkilökohtaiset putoamissuojaimet. Henkilökohtaisiin putoamissuojaimiin kuuluu koko kehon valjaat ja turvaköysi (kuva 8). Turvaköysiä on erilaisia, joista pitää valita oikea köysi oikeaan tehtävään. Turvaköyden ja valjaiden kunto ja toimivuus tulee tarkastaa ennen jokaista työtehtävää. Tämän lisäksi ne on tarkistettava vähintään kerran vuodessa valmistajan kouluttaman tai valtuuttaman henkilön toimesta. (Honeywell, 2018.)



Kuva 8. Putoamissuojaimien osat (Honeywell, 2018.)

Turvaköyttä valitessa etenkin köyden pituus täytyy ottaa huomioon, jotta työntekijä ei tipu maahan asti vahingon sattuessa. Putoamistilanteessa työntekijän ja maan väliin kuuluu jäädä vähintään 1 metrin turvaväli. Mahdollisen putoamistapaturman välttämiseksi pitää siis huomioida työskentelykorkeus, turvaköyden mitta, työntekijän kehonmitta, nykyksen vaimentimen avautumispituus ja turvaväli. Turvaköydet on rakennettu niin, että ne venyvät putoamistapaturmassa välttäen suuren kehoon kohdistuvan nykäisyn, joka mahdollisesti vahingoittaisi työntekijää (kuva 9). (Honeywell, 2018.)



Kuva 9. Turvaköysi kelalla sekä nykäyksenvaimentimella (Kärkkäinen, 2020.).

Ellei turvaköyden kiinnityspistettä ole kiinnitetty pystysuoraan työskentelypaikan yläpuolelle, työntekijä heilahtaa pudotessaan ja vahingoittaa itsensä osuessaan esimerkiksi muuntajan kylkeen. Muuntajan päällä tällä hetkellä turvallisimmat kiinnityspisteet ovat muuntajan ympärillä kulkevissa putkissa tai muuntajan nostolenkeissä (kuva 10). Näitä vahinkoja voidaan välttää vaihtamalla kiinnityspistettä mahdollisimman usein töitä tehdessä niin, että kiinnityspiste on aina muuntajan vastakkaisella puolella työntekijästä.



Kuva 10. Turvallinen kiinnityspiste muuntajalla merkitty punaisella nuolella.

3.3 Muuntajan päälle nouseminen

KTWR 123 x 100 muuntaja on korkeudeltaan 4450 mm, jonka vuoksi sitä huollettaessa on oltava erittäin varovainen. Huoltotoimenpiteet täytyy suunnitella ja toteuttaa huolellisesti työntekijän turvallisuuden vuoksi. Kaasuturbiinin muuntajaan on integroitu tikkaat muuntajan taakse, mikä helpottaa huoltotoimenpiteitä (kuva 11). Muuntajan päälle kiivettäessä on oltava varovainen, eikä käsissä saa kantaa mitään tikkaita käytettäessä.



Kuva 11. Tikkaat muuntajan kyljessä.

4 TEHOMUUNTAJAN HUOLTO

Muuntajan pitkän eliniän ja hyvän käyttövarmuuden saavuttamiseksi kunnossapidosta on huolehdittava asianmukaisesti, niin ihmisten turvallisuuden kannalta kuin taloudellisista syistäkin. Kun muuntajalle suoritetaan tarkastus-, huolto- ja valvontatoimenpiteitä, on ehdottomasti noudatettava viranomaisten määrättyjä ohjeita turvalaitteista, turvaetäisyyksistä, maadoituksista ja rajoituksista. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

Muuntajaan liittyvät huollot ja tarkastukset voidaan jakaa moneen osaan, joihin kuuluvat käytön aikaiset, seisokin aikaiset sekä perushuollon ja kunnossapidon vaatimat toimenpiteet. Tämän osion huolto- ja kunnossapito-ohjeet ovat peräisin kyseisestä lähteestä ja niitä voidaan sellaisenaan soveltaa vain kyseisen valmistajan valmistamiin tehomuuntajiin. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

4.1 Käytön aikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet

Käyttöhenkilökunnan tehtävänä on tarkkailla muuntajan kuntoa jatkuvasti ja perusteellisemmin vuosittaisen tarkkailun yhteydessä. Jatkuvasti käytön aikana suoritettaviin tarkastus- ja huoltotoimenpiteisiin kuuluu öljynkorkeuden tarkastus. Öljyä voidaan tarvittaessa lisätä käytön aikana, turvallisuusmääräysten mukaisia turvaetäisyyksiä noudattaen. Kun muuntajaan lisätään öljyä, on vältettävä kuplavaaraa. Mahdollisten öljyvuotojen tarkastus on hyvä hoitaa samalla. Öljyvuotoja tarkastettaessa on hyvä suorittaa myös öljyn ja käämin lämpötilojen tarkastus muuntajan kyljessä olevista mittareista. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

Muuntajasta lähtevä epätavallinen ääni voi johtua viasta, joten sitä kannattaa tarkkailla. Muuntajan jäähdytysrivoissa olevien tuulettimien pyörittä ja pumppujen toimintaa seurataan käytön aikana. Lisäksi käämikytkimen ja ohjaimen toiminta sekä toimintakertojen lukumäärä tarkistetaan. Ilmakuivaimen kuivausaineen tarkistus ja mahdollinen vaihto suoritetaan viimeistään silloin, kun noin $\frac{3}{4}$ kuivausaineesta on vaihtanut väriä. Kuivausaineen vaihtoa suorittaessa myös nestelukkoon vaihdetaan uusi katkaisijatai muuntajaöljy. Lopuksi myös kojekaapin- ja ovitiivisteiden puhtaus tarkistetaan. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

4.2 Vuosittainen tarkkailu

Vuosittainen tarkkailu tapahtuu nimensä mukaisesti kerran vuodessa. Sen toimenpiteet suoritetaan käytön aikana, joten turvaetäisyydet on otettava huomioon. Vuosittainen tarkkailu koostuu käyttöhenkilökunnan eri työtehtävistä. Nämä työtehtävät voidaan luokitella tarkistuksiksi, korjaustoimenpiteiksi tai laitetestauksiksi.

Käyttöhenkilökunnan tehtävä on tarkistaa kojekaapin kojeiden, ohjaimen ja käämikytkimen toiminta perusteellisesti. Muuntajaöljystä otetaan näyte, josta tarkistetaan öljyn kunto. Muuntajan pintakäsittely tarkastetaan mahdollisen korroosioriskin takia ja tarvittaessa korjausmaalataan. Kaasureleen yleistarkistuksen pystyy suorittamaan vain silloin, jos kaasurele on varustettu ohitusputkella. Ohitusputkella kaasurele saadaan erotettua muuntajasta ja yleistarkastus voidaan suorittaa käynnin aikana turvallisesti. Myös kaasureleen tarpeelliset venttiilit ja sisäosa voidaan vaihtaa, mikäli paisuntaputkessa on kaasureleen ohitusputki sekä tarpeelliset venttiilit ja jännite saadaan kytkettyä pois releestä. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

Termokuvaus, eli lämpökuvaus suoritetaan muuntajan johtimista, kiskojen liitoksista läpivienteihin ja suurivirtaisten läpivientien ympäristöstä. Sadevesi poistetaan öljyaltaasta tai kaivosta, mikäli sitä on sinne kertynyt. Kaasuturbiinin muuntaja on katoksessa, joten sadeveden pääsy altaaseen on hyvin epätodennäköistä. Ympäristön tarkastus, johon kuuluu liiallisen kasvillisuuden poisto ja aitauksen kunnon tarkistus. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

4.3 Seisokin aikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet

Seisokin aikana suoritetaan samat toimenpiteet kuin käytön aikaisen ja vuosittaisen tarkkailun yhteydessä. Seisokin aikana termokuvausta ei tehdä, sillä muuntajan lämpötila laskee ulkoilman lämpötilaan muuntajan ollessa jännitteetön. Tämän lisäksi seisokin aikaisissa tarkastuksissa ei tarvitse ottaa huomioon jännitevaaran aiheuttamia turvaetäisyyksiä, sillä muuntaja erotetaan sähkönsyötöstä ja työmaadoitetaan. Seisokin aikaisiksi töiksi jää siis ne tarkastukset ja huoltotoimenpiteet, jotka käytön aikana eivät olleet mahdollisia. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

Likaisessa teollisuusympäristössä muuntajan puhdistus tehdään vuosittain. Puhdistuksessa erityisen tärkeää on läpivientieristimien puhdistus esim. raskasbenssiinillä, jotta ryömintäjännitelujuus säilyy riittävän hyvänä. Muuntajan kansi ja säiliö puhdistetaan, sillä lika sitoo kosteutta ja lisää korroosioriskiä. Mittareiden valvonnan helpottamiseksi mittareiden lasit ja kojeiden tarkistusikkunat on myös syytä puhdistaa. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

Seisokin aikaisiin suoja- ja säätölaitteiden tarkastus ja huoltotoimenpiteisiin kuuluu väliottokytkimen ohjaus ääriasentoihin muutaman kerran happettumisen poistamiseksi. Lisäksi tarkistetaan lämpömittareiden hälytys-, laukaisu ja käynnistyskoskettimien toiminta ja akuston kunto. Lisäksi tarkastetaan kaasurele, ylipaineventtiili, öljynkorkeudenosoitin sekä virtauksenosoitin. Käämikytkimen ja ohjaimen huolto suoritetaan tietyn toimintamäärän jälkeen, mutta kuitenkin vähintään viiden vuoden välein. Huoltojaksot on ilmoitettu käämikytkimen kilvessä tai huolto-ohjeessa. (ABB Transmit Oy, n.d. b.)

5 TEHOMUUNTAJAN TYÖMAADOITUS JA TYÖMAADOITUSLAITE

Työmaadoituksen tarkoitus on estää työkohteen tuleminen vaarallisesti jännitteiseksi esimerkiksi erotuslaitteen vian tai sen virheellisen käytön takia. Erotuslaitteen viaksi voi koitua yhden tai useamman vaihekoskettimen hitsautuminen kiinni. Työkohteeseen voi syntyä indusoituva jännite, jonka yleisimpiä aiheuttajia ovat jännitettä lähellä olevat kaapelit tai johtimet. Jännitteellinen risteävä johto voi tippua jännitteettömäksi tehdyn johdon päälle, jolloin syntyy vaaratilanne. Työkohde voi olla yhdistetty varavoimakoneeseen esim. moottorigeneraattoriin tai ulkoiseen ohjausjännitteeseen. Yksinkertaistettuna työmaadoitus perustuu syöttöjännitteen automaattiseen poiskytkentään vikatilanteessa. (Sesko, n.d.)

Työmaadoitus on välttämätöntä suurjännitejärjestelmissä, joissa jännite ylittää 1000V vaihtojännitettä tai 1500V tasajännitettä. Myös avojohtoisilla työkohteilla ja jakeluverkoissa, joihin liittyy varavoima- tai pientuotantolaitteistoja, joita jakeluverkon haltija ei voi luotettavasti erottaa

työmaadoitetaan. Näiden lisäksi työmaadoitus suoritetaan myös sähkökeskuksille, joiden nimellisvirta ylittää 1000A. (Sesko, n.d.)

5.1 Nykyinen työmaadoitus

Työmaadoitus suoritetaan siinä vaiheessa, kun muuntaja on erotettu sähköverkosta. Muuntajan erottamisesta vastaava työntekijä varmistaa erotuksen omalla lukollaan, johon kukaan muu ei ole avainta. Näin varmistetaan siitä, ettei kukaan muu pääse kytkemään muuntajaa jännitteelliseksi. Erotuksen jälkeen muuntajan vaiheet todetaan jännitteettömiksi 120 kV- jännitealueelle sopivalla jännitteenkoettimella (kuva 12). (Sesko, n.d.)



Kuva 12. Jännitteenkoetin SLO. (SLO Verkkokauppa, 2020.)

Kun muuntaja on todettu jännitteettömäksi, voidaan työmaadoitus aloittaa. Maadoitus suoritetaan pitkällä eristesauvalla ja työmaadoitusjohdoilla (kuva 13). Maadoittaminen aloitetaan kytkemällä yksi työmaadoitusjohtimen päistä maadoituspisteeseen, jonka jälkeen loput liittimistä voidaan kytkeä yksi kerrallaan muuntajan yläjännitepään vaihejohtimiin. Työmaadoitusta purettaessa työjärjestys on päinvastainen.



Kuva 13. Eristesauva ja työmaadoitusjohdot.

Kaasuturbiinin muuntajan yläjännitepää on 6800 mm korkeudessa. Työmaadoitusjohtojen kytkeminen käsin on haastavaa ja siinä altistuu mahdollisille työtapaturmille. Eristesauva on noin 5000 mm pitkä, joten asentajan on kuroteltava johtimille. Yhtenä esimerkkinä mahdollisesta työtapaturmasta on työmaadoitusjohtimen tippuminen asentajan päälle sitä kytkettäessä jännitteettömään muuntajaan. Kuvassa 14 näkyy työmaadoitus asennettuna muuntajalle.



Kuva 14. Muuntajan työmaadoitus.

5.2 Työmaadoituslaite Lielahden voimalaitoksella

Työmaadoituslaitteen tarkoitus on korvata työmaadoitustapa, joka suoritetaan käsin eristesauvalla ja sen avulla kiinnitettävillä maadoitusjohdoilla. Lielahden voimalaitokselle on suunniteltu ja rakennettu työmaadoituslaite saman kokoluokan muuntajalle 90-luvun alussa, kuin Naistenlahteen ol- laan tekemässä (kuva 15). Työmaadoituslaitteen toinen puoli kytketään muuntajan yläjännitepäähän ja toinen puoli muuntajan yhteiseen maadoitusrimaan. (Tala, haastattelu 12.3.2020)

Lielahdessa muuntajan yläjännitepuolen vaihejohtimet on kytketty virtakiskoihin, jotka ovat muuntajan päällä. Jokaisella vaihejohtimella on oma virtakiskonsa. Nämä kolme virtakiskoa ovat yhteydessä maadoituslaitteeseen. Muuntajan ollessa jännitteellinen, työmaadoituslaitteen sakset ovat yläasennossa niin, että muuntajan vaiheet eivät ole kosketuksissa maadoitusrimaan. (Tala, haastattelu 12.3.2020)



Kuva 15. Työmaadoituslaite Lielahden voimalaitoksella. (Tampereen Sähkölaitos, n.d.)

Työmaadoituslaitteen kyljessä oleva riippulukko toimii mekaanisena turvalukituksen sille, ettei sitä pystytä käyttämään ilman lukon avaamista. Tämä estää laitteen väärinkäytön (kuva 16). Lukon avaimet kuuluvat sille henkilölle, joka huolehtii voimalaitoksen sähkökäytöistä. Muuntajan huoltotöitä varten suoritettavien työvaiheiden jälkeen työmaadoituslaite otetaan käyttöön. Työmaadoituslaitteen etupaneelissa on pystyakselia pyörittävä vaaka-akseli, jota pyörittämällä pystyakseli liikkuu ja työmaadoituslaitteen sakset lähtevät liikkeelle. Vaaka-akselin pyörytykseen käytetään lyhyttä eristesauvaa. Vaaka-akselia pyöritetään niin kauan, että maadoitus-sakset ovat liikkuneet ala-asentoon, jonka jälkeen riippulukko voidaan laittaa takaisin työmaadoituksen varmistamiseksi. Muuntajan huoltotöiden päätyttyä riippulukko avataan ja vaaka-akselia pyöritetään vastakkaiseen suuntaan niin kauan, että maadoitussakset ovat yläasennossa. Lopuksi riippulukko asetetaan takaisin paikoilleen. (Tala, haastattelu 12.3.2020)



Kuva 16. Työmaadoituslaitteen ohjausyksikkö ja sen lukitus. (Tampereen Sähkölaitos, n.d.)

5.3 Työmaadoituslaite Naistenlahden voimalaitokselle

Työmaadoituslaitetta suunniteltaessa otetaan huomioon muuntajan ominaisuudet, muuntajan kilpitiedot ja muuntajabunkkerin mitat. Yksi opinäytetyön tehtävistä oli ottaa yhteyttä työmaadoituslaitteiden valmistajiin ja tilata laite sekä sen asennus.

Projekti aloitettiin kysymällä valmistajilta, mitä tietoja he tarvitsevat työmaadoituslaitetta varten. Tietojen saapuessa työtä jatkettiin etsimällä Tampereen Sähkölaitoksen arkistoista kilpitiedot muuntajasta (liite 1). Kaasuturbiinin generaattorin yhteydessä käytettävän muuntajan tyyppi on KTRW 123 X 100 ja se on valmistettu vuonna 2000 (kuva 17).



Kuva 17. KTRW 123 X 100- muuntaja.

KTRW 123 X 100 muuntajan alajännitepuolella on kaasuturbiinin generaattorilta tuleva 11.5 kV jännite, joka muunnetaan yläjännitepuolelle 120 kV jännitteeksi (kuva 18). Muuntajan yläjännitepään saa muutettua viidelle eri jännitteelle muuntajan käämikytkimellä, joka sijaitsee muuntajan päällä. Yläjännitteet ovat 126 kV, 123 kV, 120 kV, 117 kV ja 114 kV (liite 2).

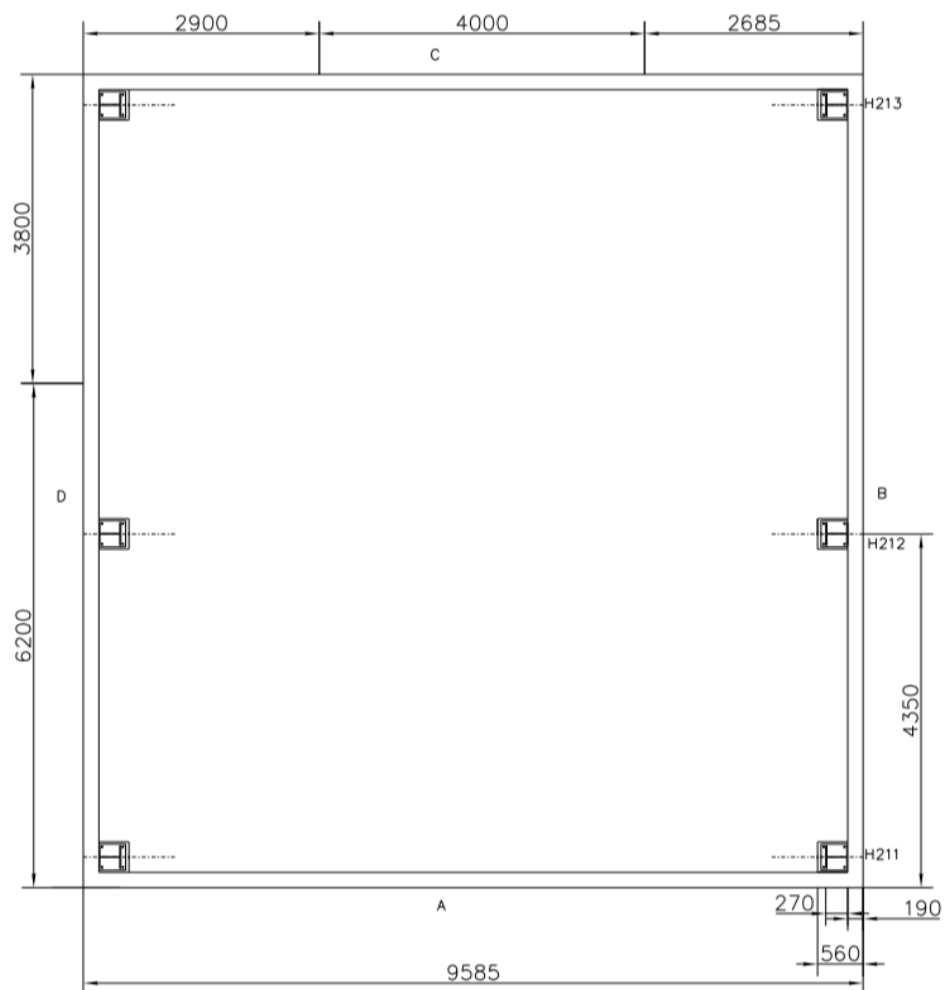


Kuva 18. KTRW 123 X 100- muuntajan yläjännitepuoli.

5.4 Naistenlahden muuntajabunkkeri

Muuntajabunkkerin kuvat on yksinkertaistettu ja niihin on laitettu vain työmaadoituslaitteen suunnitteluun liittyvät olennaiset mitat näkyville. Kuvat on piirretty CADS 18 -ohjelmaa käyttäen. Tässä luvussa esitetyt kuvat perustuvat Tampereen Sähkölaitoksen arkistoista haettuihin kuviin.

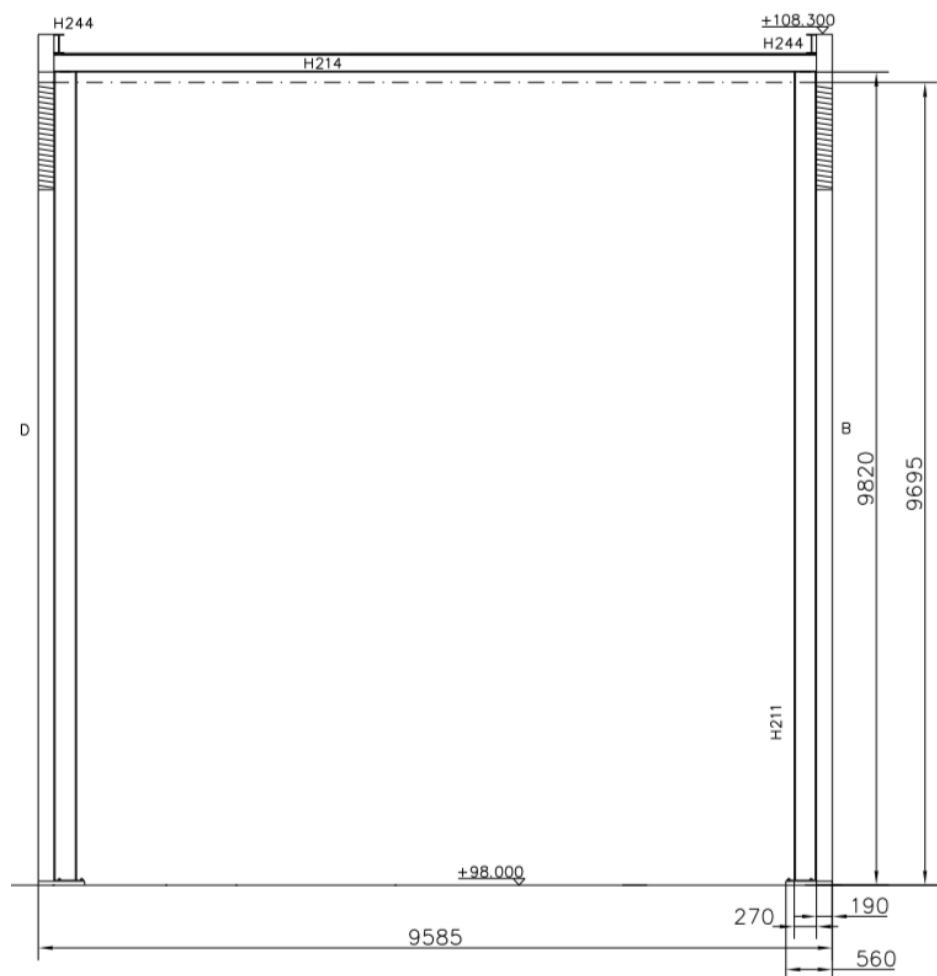
Kuvassa 19 näkyy pohjakuva muuntajabunkkerista. Muuntajabunkkerin runko on rakennettu erikokoisista teräspalkeista. H-tunnuksilla merkityillä palkeilla on standardisoidut profiilimitat. Palkkien ulkopuolella on betonielementit, jotka on kiinnitetty pulteilla teräspalkkeihin. Bunkkerin leveys ulkoseinästä toiseen ulkoseinään on 9585 mm ja korkeus 10 000 mm. Kuvan 19 bunkkerin pohjapiirustukseen on merkitty jokainen seinä omalla tunnuksellaan, A-, B-, C- ja D-seinät. Bunkkerin B-seinä on kriittisin työmaadoituslaitetta suunniteltaessa, koska laite asennetaan sille seinälle. H211-H213 teräspalkit ovat keskenään samankokoisia profiilin pituuden, leveyden sekä vahvuuden suhteen.



Kuva 19. Muuntajabunkkerin pohjapiirros.

Kuvassa 20 on A-seinän suunnasta pystykuva, jossa näkyy yksityiskohdat työmaadoituslaitteen asennusta varten. Muuntajabunkkerin lattiatason ja katon korkeimman kohdan välissä on 10 300 mm. B-seinän edustalla näkyvä H211 teräspalkki on 9820 mm korkea, keskellä oleva H212-teräspalkki 9766 mm ja katon alimman tason kohdalla oleva H213-teräspalkki 9695 mm. Katto on muuntajabunkkerin A-seinästä C-seinään 1:75 kaltevuudessa. Kattotasolla piirretty katkoviiva näyttää katon alimman kohdan, joka oli tärkeää selvittää työmaadoituslaitteen vaatiman tilan takia.

Kuvassa 20 näkyy teräspalkkien H211, H212 ja H213 leveys betonielementtien ulkoreunasta muuntajabunkkerin sisäpuolelle. Betonielementtien ja palkkien leveys on yhteensä 560 mm. Teräspalkit on asennettu betoniperustusten päälle, joiden korkeus on 50 mm. Jokainen teräspalkki on kiinnitetty betoniperustukseen neljällä 26 mm halkaisijaltaan olevalla pultilla. B-seinän teräspalkkien leveys on 270 mm ja betonielementtien leveys 190 mm. D- ja B-seinien yläreunassa näkyy bunkkerin ilmanottoaukot, joiden alareunan korkeus oli selvitettävä työmaadoituslaitteen asennusta varten. Ilmanottoaukot on tehty ritilästä, joka ei kestä työmaadoituslaitteen painoa. Myöhemmin esitettävästä kuvasta 23 näkee, ettei työmaadoituslaite tule ritilöiden tasolle, vaan reilusti niiden alle.

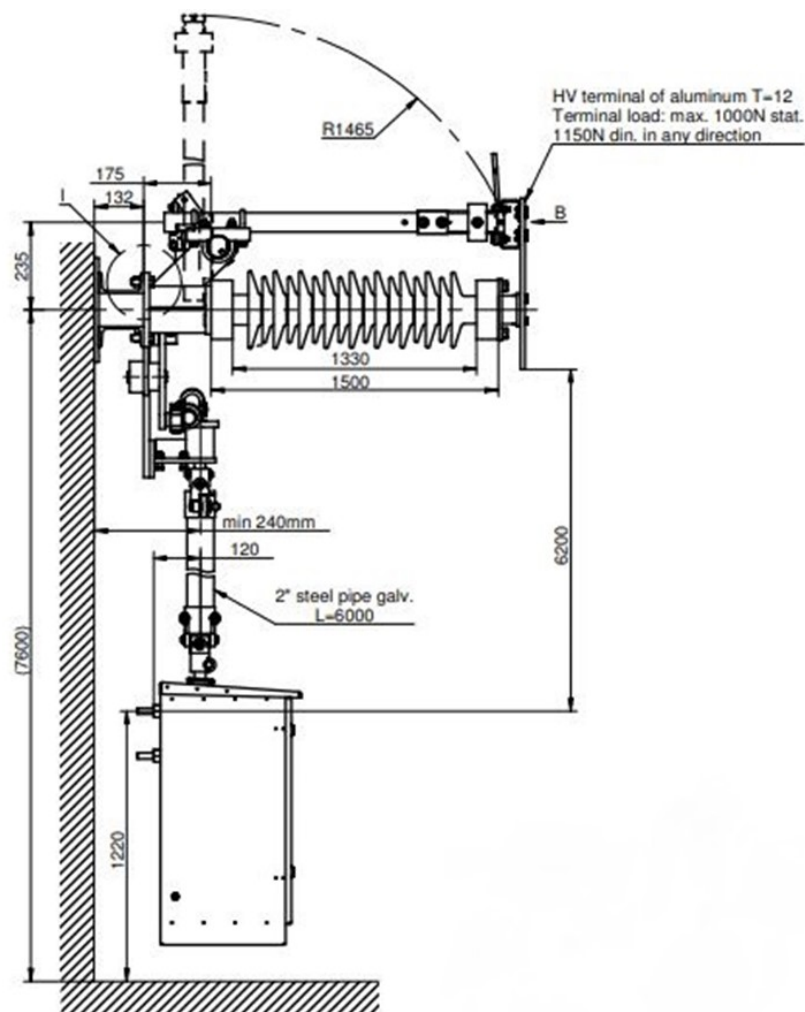


Kuva 20. Muuntajabunkkeri edestä.

5.5 Työmaadoituslaite: esimerkki 1

Valmistajalta saatiin suunnittelukuvat kahdesta erilaisesta työmaadoituslaitteesta. Molemmista laitteista käydään läpi niiden ominaisuudet ja mitat.

Pystymallinen työmaadoituslaite on suunniteltu niin, että muuntajan ollessa jännitteellinen, työmaadoituslaitteen maadoitussakset ovat kohtisuoraan pystyssä (kuva 21). Silloin kun työmaadoituslaitetta käytetään, sen moottoriorhain kääntää maadoitussakset 90° vaaka-asentoon, jolloin muuntaja on työmaadoitettu. Maadoitussaksien alla on tukieristimet, joita vasten maadoitussakset laskeutuvat työmaadoitettuna. Työmaadoituslaitteen kuvissa sulkujen sisällä olevat mitat ovat muokattavissa joko pidemmäksi tai lyhyemmäksi. (Poskiparta, haastattelu 15.4.2020)

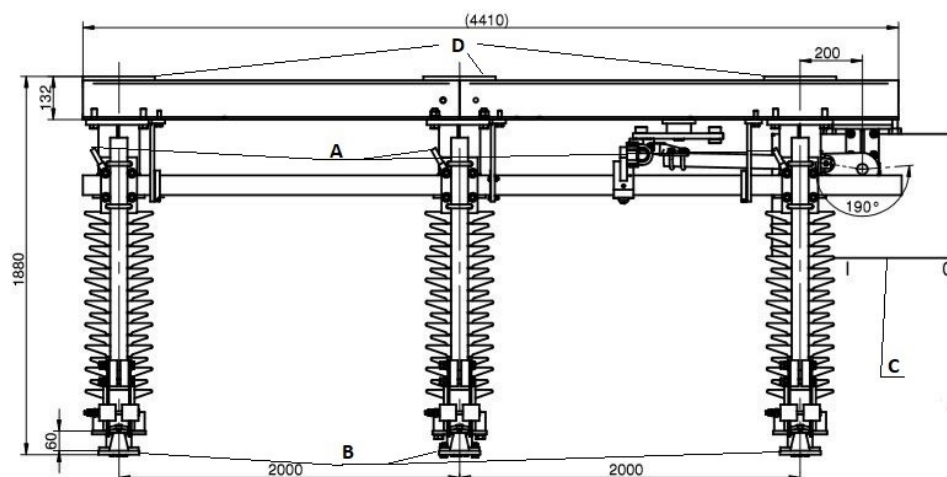


Kuva 21. Pystymallinen työmaadoituslaite sivusta. (Liite 3)

Työmaadoituslaitteen moottoriorhain on käytettävissä etäohjauksella tai paikallisohjauksella. Etäohjaus liitetään Tampereen Sähkölaitoksella tietokoneissa käytettävään käyttöjärjestelmä Valmet DNA:han, jolta

työmaadoituslaitetta voidaan haluttaessa ohjata. Paikallisojtaus onnistuu niin, että Valmet DNA:lta laite operoidaan ensin paikallisohjaukseen, jonka jälkeen moottoriohjaimen ohjaus onnistuu etupaneelissa olevista painonapeista. Moottoriohjain on lukittavissa sähköisesti sekä mekaanisesti. Sähköinen lukitus kytketään joko muuntajan ohjauspiiriin kohtaan, missä sitä ei saa ohjattua muuntajan ollessa jännitteellinen tai Valmet DNA opeointi estetään muuntajan ollessa jännitteellisenä. Moottoriohjain lukitaan mekaanisesti avaimella riippulukosta, jolle on lisätty paikka moottoriohjaimen pysty akselin ympärille. (Poskiparta, haastattelu 15.4.2020)

Kuvassa 22 on pystymallinen työmaadoituslaite ylhäältä kuvattuna. Maadoitus kulkee kuvan 22 merkityn B-kohdan maadoitusveitsistä kääntyvien maadoitussaksien kautta työmaadoituslaitteen A-maadoituspisteisiin. Nämä maadoituspisteet kytketään muuntajan alla olevaan maadoitusriimaan, johon nykyisen työmaadoituksen maadoitusjohtimet kytketään. Moottoriohjain on kohdassa C ja työmaadoituslaitteen kolme kiinnityspistettä näkyvät kohdissa D. Työmaadoituslaite painaa 635 kg ja se on kiinnitettävä jokaisesta kiinnityskohdasta neljällä 18 mm pultilla.

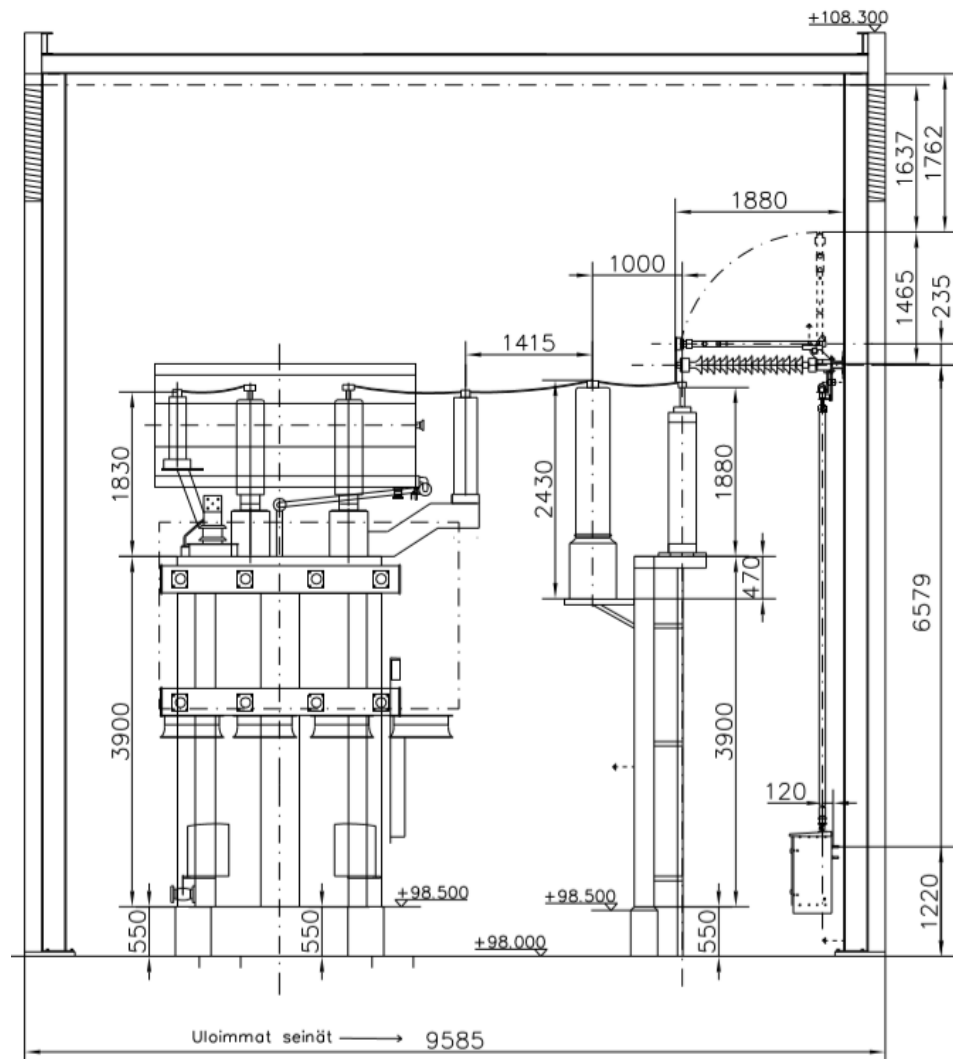


Kuva 22. Pystymallinen työmaadoituslaite ylhäältä päin kuvattuna. (Liite 3)

Kuvaan 23 on piirretty luonnos työmaadoituslaitteen sijainnista muuntajabunkkeriin A-seinältä päin katsottuna ja kuvassa 24 suoraan ylhäältä päin katsottuna. Työmaadoituslaitteen voi asentaa suoraan H212 teräspalkin tasolle, jolloin se tarvitsee saman paksuisen teräspalkin muita kiinnityspisteitä varten. Tämän teräspalkin ansiosta työmaadoituslaitteen tukieristimet ylettyvät muuntajan yläjännitepäähän. Kuvat 23 ja 24 on piirretty niin, että työmaadoituslaite on teräspalkkien tasolla.

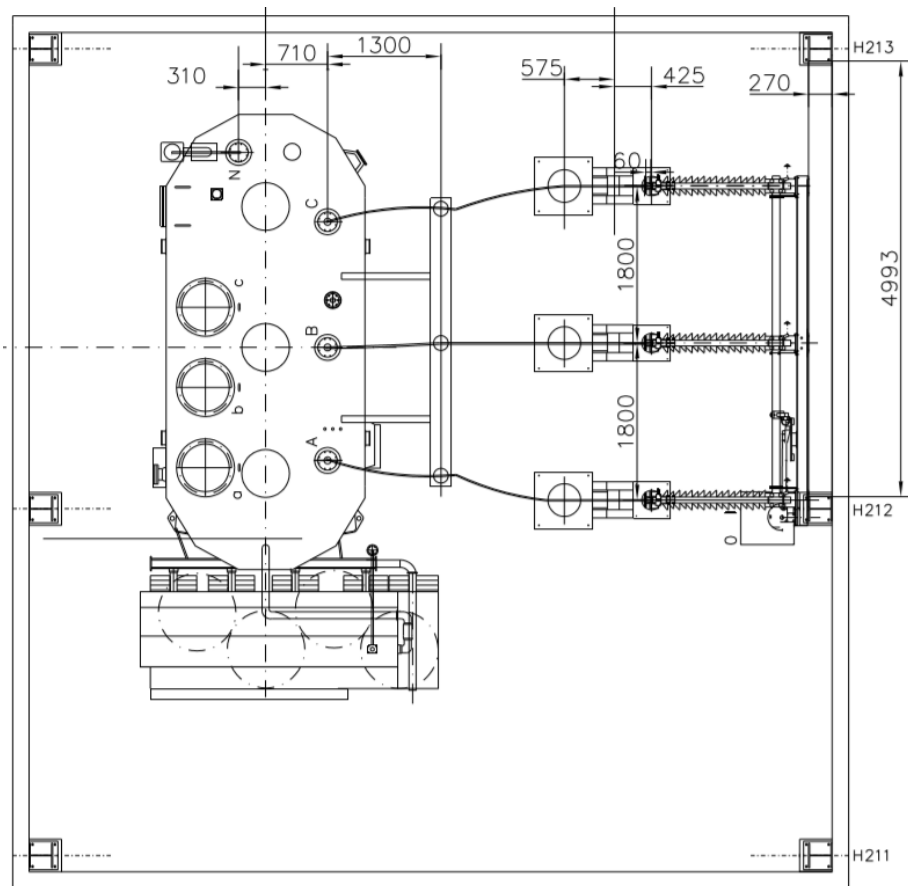
H212 teräspalkkiin asennettuna työmaadoituslaite on 1880 mm etäisyydellä muuntajan yläjännitepäästä (kuva 23). Kääntyvät maadoitussakset ovat vain 1465 mm, jonka takia muuntajabunkkerin katon alimman kohdan ja maadoitussaksen väliin jää 1637 mm etäisyyttä. Katto on alimmillaan

H213 teräspalkin päällä, joten vaikka etäisyys olisi ollut pienempi, se ei olisi haitannut. Vähimmäisetäisyys eli vapaa ilmaräli 123 kV jännitealueella vaiheen ja maan välillä on 1150 mm, joka ei alitu missään kohtaa työmaadoituslaitteen kanssa. Työmaadoituslaitteen asennuskorkeus lattiasta on 6579 mm ja moottoriohjaimen asennuskorkeus on 1220 mm lattiasta sen ylempään kiinnityskohtaan.



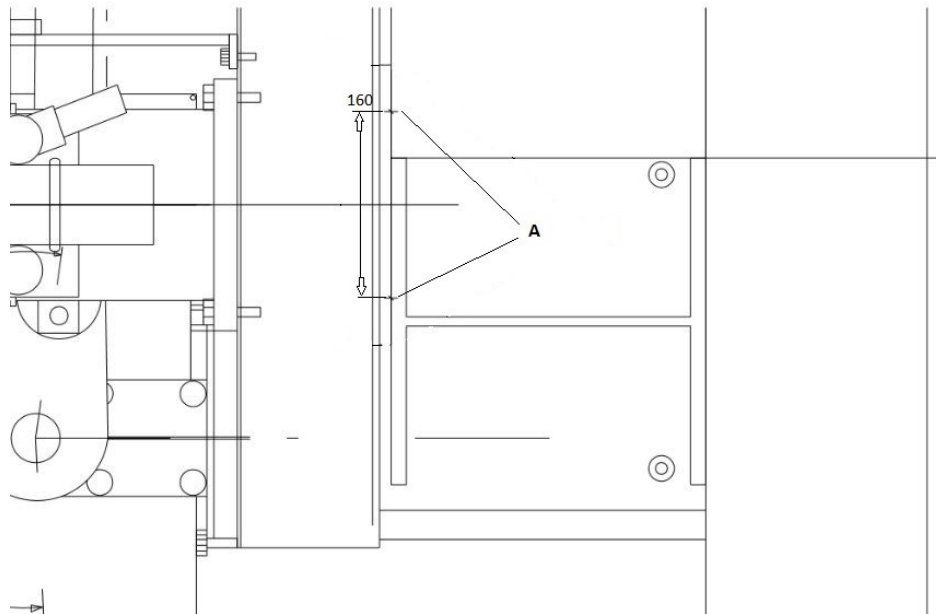
Kuva 23. Pystymallinen työmaadoituslaite muuntajabunkkerissa sivulta-päin kuvattuna.

Kuvan 24 pohjapiirustuksessa näkyy työmaadoituslaite kohtisuoraan ylhäältä kuvattuna. Keskimmäisen H212 teräspalkin ja ylimmän H213 teräspalkin välissä on 4993 mm tilaa. Työmaadoituslaitteen asennus vaatii siis 4993 mm pituisen teräspalkin, jonka leveys täytyy olla 270 mm. Uusi tuki-palkki kiinnitettäisiin H212 palkin yläreunaan ja H213 palkin alareunaan 6579 mm korkeudelle. Muuntajan yläjännitteen vaiheet L1, L2 ja L3 ovat 1800 mm päässä toisistaan, joten työmaadoituslaite muokattiin sen mukaiseksi.



Kuva 24. Pystymallinen työmaadoituslaite muuntajabunkkerissa päältä kuvattuna.

Asennuksesta haastavan tekee se, että työmaadoituslaitteen alin kiinnityspiste asettuu H212 teräspalkin päälle muuntajan yläjännitepään sijainnin takia. (kuva 25). Kuvassa 25 näkyy työmaadoituslaitteen kiinnityspisteiden sijainnit A-kohdassa. Kiinnityspisteiden reikäväli on 160 mm. Työmaadoituslaitteen tukipalkin on oltava saman paksuinen kuin teräspalkki H212, jottei laite mene vinoon sitä asennettaessa.

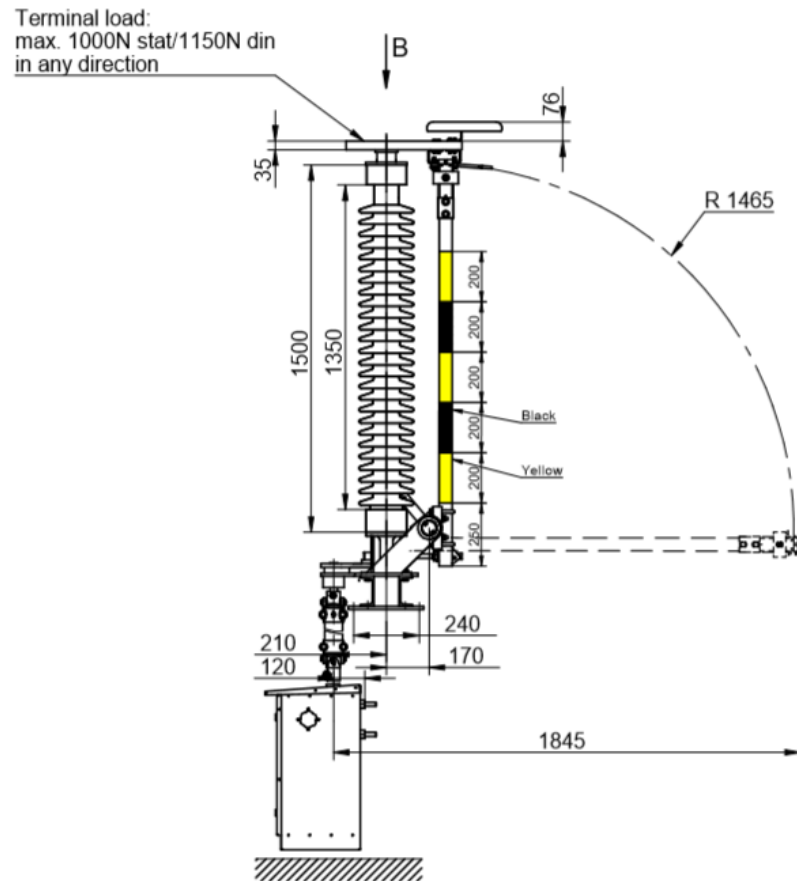


Kuva 25. Pystymallisen työmaadoituslaitteen kiinnityspisteet H212 teräspalkkiin.

5.6 Työmaadoituslaite: esimerkki 2

Vaakamallinen työmaadoituslaite on suunniteltu niin, että muuntajan ollessa jännitteellinen työmaadoituslaitteen maadoitussaksi on 90° kulmassa vaakatasossa (kuva 26). Työmaadoituslaitetta käytettäessä maadoitussakset nousevat pystysuoraan kiinni muuntajan yläjännitepäähän. Tämä työmaadoituslaite asennettaisiin muuntajan yläjännitejohtimien alle, toisin kuin pystymallinen työmaadoituslaite. (Poskiparta, haastattelu 15.4.2020)

Laitteen tukipalkki ja kiinnityspisteet ovat kohtisuoraan tukieristimien sekä maadoitussaksien alla. Vaakamallisen työmaadoituslaitteen kuvia ei piirretty tähän opinnäytetyöhön, koska laite todettiin huonommaksi vaihtoehdoksi, kuin pystymallinen työmaadoituslaite.



Kuva 26. Vaakamallinen työmaadoituslaite (Liite 4)

5.7 Työmaadoituslaitteen valinta

KTRW 123 X 100- muuntajalle asennetaan pystymallin työmaadoituslaite. Tähän tulokseen päädyttiin muuntajabunkkerin suuren koon takia. Muuntajabunkkeriin jää enemmän työskentelytilaa, kun työmaadoituslaite on muuntajan yläjännitepään tasolla. Vaakamallinen työmaadoituslaite todettiin huonoksi vaihtoehdoksi heti kuvien saavuttua laitteen valmistajalta. Työmaadoituslaitteen sijainti muuntajabunkkerissa johti vaakamallisen laitteen hylkäämiseen.

6 YHTEENVETO

Olin Tampereen sähkölaitoksella kesätöissä sähkö- ja automaatioasentaja-harjoittelijana kesät 2017-2019. Viimeisenä opintovuotena olin vailla opin-näytetyötä ja sain sähkömestarilta Lauri Talalta tämän aiheen.

Opinnäytetyö perustuu tehomuuntajan huollon turvallisuuden edistämi-seen. Siinä käydään läpi tehomuuntajien toimintaperiaatetta, rakennetta, kytkentöjä ja valvontalaitteita. Tärkeässä roolissa tehomuuntajilla ovat val-vontalaitteet, joiden tarkoitus on suojata muuntajaa vikatilanteissa ja ker-toa tietoa muuntajan käyntitilasta. Myös työturvallisuus on tärkeä osa ko-konaisuutta muuntajan huoltotöiden jännitevaaran takia. Opinnäyte-työssä on käsitelty muuntajaan liittyvien huoltotöiden työturvallisuutta työtehtävissä, jotka tehdään muuntajalle käytön aikana, vuosittain ja sei-sokin aikana.

Työmaadoituksen tehtävä on kytkeä pois syöttöjännite automaattisesti vi-katilanteen sattuessa. Muuntajan työmaadoitus voidaan tehdä perintei-sellä tyylillä liittämällä työmaadoitusjohdot eristesauvaa apuna käyttäen, tai työmaadoituslaitteella. Työmaadoituslaite tekee työmaadoituksen kyt-kemisestä helppoa ja vaivatonta. Tämän työn päätavoitteena oli tilata työ-maadoituslaite Naistenlahden voimalaitokselle. Työ aloitettiin tutustu-malla työmaadoituslaitteiden eri valmistajien tarjontaan. Valmistajilta saa-tujen tietojen avulla päästiin käsitykseen siitä, mitä tietoja tarvittiin muun-tajasta ja muuntajabunkkerista. Opinnäytetyötä jatkettiin etsimällä tar-peelliset tiedot. Työtä varten piirrettiin kuvat havainnollistamaan työmaa-doituslaitteen sijaintia muuntajabunkkerissa sekä valitsemaan sopiva laite.

Valmistajalta saatiin piirustukset pysty- ja vaakamallisista työmaadoitus-laitteista. Työssä päädyttiin pystymallin maadoituslaitteeseen muunta-jabunkkerin suuren korkeuden takia, joka mahdollisti samankaltaisen lait-teen valinnan kuin on käytössä Lielahden voimalaitoksella. Muuntajabunk-keriin jää enemmän työskentelytilaa pystymallisen, kuin vaakamallisen laitteen kanssa. Pystymallinen työmaadoituslaite on tilattu ja se asenne-taan Tampereen Sähkölaitokselle Naistenlahteen KTRW 123 X 100- muun-tajalle. Opinnäytetyön tavoitteissa onnistuttiin hyvin.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja kehitti dokumentointi sekä piirustus taitojani. Olen erityisen tyytyväinen opinnäytetyötä varten piirtämiini ku-viin työmaadoituslaitteesta muuntajabunkkerissa.

Lopuksi haluan kiittää vielä Tampereen Sähkölaitosta tästä upeasta mah-dollisuudesta tehdä opinnäytetyö juuri teille. Kiitokset kuuluvat myös säh-kömestarille Lauri Talalle sekä koko asentajatiimille Naistenlahdessa. Eri-tyismaininnan ansaitsee asentaja C.Brave, joka tuki minua myötä- ja vas-toinkäymisissä sekä toimi korvaamattomana apuna opinnäytetyön aikana.

LÄHTEET

ABB Transmit Oy (n.d. a) KTRW 123 X 100 muuntajan valvontalaitteiden huolto- ja asennusohje. Etsitty Tampereen Sähkölaitoksen arkistoista.

ABB Transmit Oy (n.d. b) KTRW 123 X 100 muuntajan huolto-ohje. Etsitty Tampereen Sähkölaitoksen arkistoista.

Hietalahti, L (2011). Muuntajat ja sähkökoneet. Vantaa: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka

Honeywell. (2018.). Putoamissuojauksen suunnittelu ja putoamissuojaimet. Haettu osoitteesta <https://docplayer.fi/49546552-Putoamissuojauksen-suunnittelu.html>

Korpinen, L. (n.d.). Muuntajat ja sähkölaitteet. Haettu. 12.12 osoitteesta http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf

Kärkkäinen. (2020.). Turvaköysi kelalla ja nykyksenvaimentimella. <https://www.karkkainen.com/verkkokauppa/cresto-2m-kelautuva-tarrain>

Peda. (n.d.). Muuntajan toimintaperiaate. Haettu 28.11 osoitteesta <https://peda.net/kouvola/perusopetus/koulut/myllykoskenyhteiskoulu/oppiaineet/fysiikka/fysiikka9/muuntaja/muuntajan-rakenne>

Schneider Electric. (2020) Kuivamuuntaja. Haettu 19.3 osoitteesta <https://www.se.com/sg/en/product-range-presentation/977-trihal/?parent-category-id=3600&parent-subcategory-id=3610&filter=business-6-medium-voltage-distribution-and-grid-automation>

Sesko. (n.d.) Työskentely jännitteettömänä. Haettu 12.2 osoitteesta https://www.sesko.fi/fi-les/871/SFS_6002_Tyoskentely_jannitteettomana_17.pdf

SLO Verkkokauppa. (2020) Jännitteenkoetin. Haettu 19.3 osoitteesta <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/jann-koetin-phe-3s2-60-110-767980-60-110-kv-mynos-sadek-6414778>

Sähkölaitos. (2018a). Tampereen sähkölaitos yhtiöt. Haettu 1.11 osoitteesta <https://www.sahkolaitos.fi/footer-sivut/meista/yhtiomme/>

Sähkölaitos. (2018b). Tampereen Sähkölaitoksen toiminta. Haettu 6.11 osoitteesta <https://www.sahkolaitos.fi/footer-sivut/meista/toimintamme/>

Sähkölaitos. (2018c). Tampereen Sähkölaitoksen voimalaitokset. Haettu 25.11 osoitteesta
<https://www.sahkolaitos.fi/footer-sivut/meista/toimintamme/energian-tuotanto/>

HAASTATTELUT

Poskiparta, A. (2020). Tuotepäällikkö, ABB Oy. Haastattelu 15.4.2020

Tala, L. (2020). Sähkömestari, Tampereen Sähkölaitos Oy. Haastattelu 12.3.2020

Liite 1: Muuntajan KTRW 123 X 100 tyyppikilpi

ABB Transmit Oy

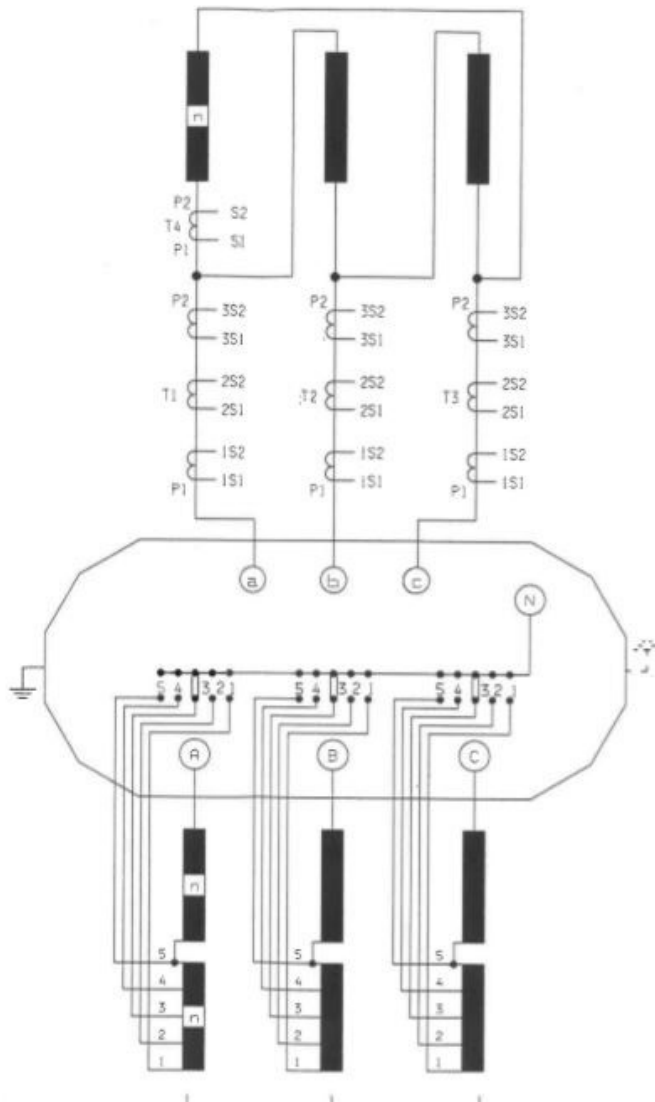
KTRW 123 X 100
801280
2000-03-31

ABB Transmit Oy



3	-v. muuntaja	Laji	KTRW 123 X 100	Nro	801280	Valmistusvuosi	2000	CE
Standardit		IEC 76	KytKentä	YNd11	Jäähdytystapa	ONAF (ONAN 60 %)	50	Hz
A - B - C	100000	kVA	120000 + - 2 x 2.5 %		V	458 - 481 - 506		A
a - b - c	100000	kVA	11500		V	5020		A
		kVA			V			A
Eristystaso				Symm. oikosulkukestoisuus				
A - B - C - N	LI 550 AC 230		kV	as. 5 7.4		x I _N	2	s
a - b - c	LI 75 AC 28		kV	as. 5 7.4		x I _N	2	s
			kV			x I _N		s
Suunta	ABCN/abc							
Tehoperusta	100000							
Säätöasento	1	3	5					
Oikosulku-impedanssi	12.9	12.7	12.5					%
Oikosulku-resistanssi	0.20	0.21	0.21					%
Nollaimpedanssi	12.5	12.3	12.1					%
Tyhjäkäyntihäviöt	36.0	kW	Kokonais-paino	115370	kg	Nostettavan laatikon paino	-	kg
Tyhjäkäyntiteho	56	kVA	Öljyn paino	20800	kg	Kulietusaino öljyineen	106700	kg
Jäähdyttimien tehontarve	1.6	kW	Aktiivisen osan paino	77901	kg	Kulietusaino öljyettä	-	kg
Laatikko	on	tyhjänkestävä						

Liite 2: Muuntajan KTRW 123 X 100 kytkentätyypit



YLAJANNITE			
A	B	C	N
ASENTO	V	KYTKENTA KANNEN ALLA	
1 (1-N)	126000		
2 (2-N)	123000		
3 (3-N)	120000		
4 (4-N)	117000		
5 (5-N)	114000		
ALAJANNITE			
a	b	c	
V			
11500			

KYTKENTARYHMÄ YNd11

n = normaali käänmissuunta

Liite 3: Valmistajan kuvat pystymallin työmaadoituslaitteesta

