

Jaakko Ilkka Ruohonen

SUURMUUNTAJIEN LAITETASON VIKAANTUMISANALYYSI

Sähkö-automaatiotekniikan koulutusohjelma

2019

SUURMUUNTAJIEN LAITETASON VIKAANTUMISANALYYSI

Ruohonen, Jaakko Ilkka
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2019
Sivumäärä: 30
Liitteitä: -

Asiasanat: Muuntajat, Voimalaitokset, Analyysi, Ydinvoima, Turvallisuus

Opinnäytetyön aiheena oli Olkiluodon ydinvoimalaitosten suurmuuntajien laitetaso vikaantumisen vaikuttavien tekijöiden selvittäminen ja tutkiminen. Työn yhtenä pää-tarkoituksena oli laatia vikaantumisanalyysi. Työ pohjautui World Association of Nuclear Operators arviointiraportissa WANO SOER 2011-1, Large Power Transformer Reliability esitettyyn suositukseen.

Vikaantumisanalyysia varten kerättiin tiedot suurmuuntajien laitteista ja komponenteista. Laitteet ja komponentit koottiin listaksi, jossa jokainen komponentti eriteltiin tarkastelua varten. Kerätyillä tiedoilla rakennettiin vika-analyysityökalu, jossa tutkitaan mitä yksittäisen komponentin vikaantumisesta voi seurata. Työkalussa analysoidaan vikaantumisen vaikutusta suurmuuntajien järjestelmissä ja laitoksissa.

Valmis vika-analyysityökalu sisältää laitteet ja komponentit teknisine tietoineen, sekä niiden toiminnot järjestelmässä. Analyysistä selviää, että suurin osa järjestelmässä olevista komponenteista ei vikaantumisellaan aiheuta vakavia seuraamuksia, mutta muutama laite voi vikaantumisellaan irrottaa ydinvoimalaitosyksikön ulkoisesta sähköverkosta. Analyysin avulla saadaan selville järjestelmien kriittiset kohdat, joiden vikaantumiseen valmistaudutaan jatkossa paremmin.

Vika-analyysityökalua tullaan hyödyntämään ydinvoimalaitosten huoltotoimenpiteissä ja kunnossapidossa.

LARGE POWER TRANSFORMERS FAULT ANALYSIS

Ruohonen, Jaakko Ilkka
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and automation engineering
December 2019
Number of pages: 30
Appendices: -

Keywords: Transformers, Power plants, Analysis, Nuclear power, Safety

The purpose of this thesis was to identify and examine effects of component level malfunctions of large power transformers', in Olkiluoto nuclear power plant. One of the primary purposes of this thesis is to write out failure analysis. Thesis is based on indication of World Association of Nuclear Operators report card WANO SOER 2011-1, Large Power Transformer Reliability recommendations.

Specifications of power transformers devices and components were gather up for the failure analysis. Devices and components were listed and each component was reviewed for inspection. Failure analysis was built up from collected data that was inspected what could be caused by individual component's failure. Impact of failure to power transformers system and power plant was analyzed in this fault analysis tool.

Complete fault analysis tool includes data of devices and components along with their function in system. The analysis makes it clear that most of the components in the system do not have serious consequences if they fail but few devices have the failure potential to disconnect the nuclear power plant unit from external power grid. System's critical points become clear with the analysis, which will help to prepare for failures in the future.

Failure analysis tool will be used in power plants service activities and maintenance.

SISÄLLYS

LYHENTEET JA TERMIT	5
1 JOHDANTO.....	6
2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ	7
2.1 TVO yhtiönä	7
2.2 Ydinvoimalaitokset	7
2.3 Tuotanto	8
3 YDINVOIMALOIDEN YHTEISTYÖ	8
3.1 WANO - organisaatio	8
3.2 SOER - arviointiraportti.....	9
3.3 Single point vulnerabilities, SPVs	9
4 LAITOSTEN SUURMUUNTAJAT	12
4.1 Muuntaja	12
4.2 Muuntajan laitteisto	13
4.2.1 Läpiviennit	13
4.2.2 Käämikytkin	14
4.2.3 Kaasurele	15
4.2.4 Kaasuanalysointilaitteisto.....	16
4.2.5 Ylipaineventtiili	16
4.2.6 Öljynkorkeudenosoitin	17
4.2.7 Ilmankuivain	17
4.2.8 Lämpömittarit	18
4.2.9 Venttiilit	18
4.2.10 Apulaitteet	19
4.3 Laitteistokokonaisuus Olkiluodon ydinvoimalassa	20
4.3.1 Päämuuntajat	20
4.3.2 Käynnistysmuuntajat	21
4.3.3 Omakäyttömuuntajat	22
4.3.4 Muuntajien teknisiä tietoja	23
5 NYKYISET HUOLTOMENETELMÄT	24
6 VIKA-ANALYYSITYÖKALU	26
7 YHTEENVETO	29
LÄHTEET.....	30

LYHENTEET JA TERMIT

A	Ampeeri, virta
EYT	Ei ydinteknisesti turvallisuusluokiteltu
Hz	Hertsi, taajuus, jaksonaika yksi sekunti
KUPI	TVO:n sisäinen kunnossapitotietokanta
kV	Kilovoltti
MVA	Megavolttiampeeri, näennäistehon yksikkö
OL1, 2, 3	Olkiluodon ydinvoimala 1, 2, 3
ONAN	Oil Natural Air Natural, Luonnollinen jäähdytys
ONAF	Oil Natural Air Forced, Koneellinen jäähdytys
SOER	Significant Operating Experience Report
SPV(s)	Single Point Vulnerability, (Vulnerabilities)
STUK	Säteilyturvakeskus
tkg	Tuhat kilogrammaa, tonni
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
TVONS	TVO – Nuclear Services Oy
WANO	World Association of Nuclear Operators

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä selvitetään suurmuuntajien laitteistokokonaisuus, jotta voidaan perehtyä niiden vikaantumisen seurauksiin. Laitteistokokonaisuus käsittää muuntajan komponentit ja laitteet, jotka ylläpitävät muuntajan turvallista käyttöä. Muuntajalle ja sen laitteistolle on olemassa huolto-ohjelmia, joita hyödynnetään analyysissä. Vuosien varrelta kirjatut vikaraportit ja dokumentit auttaa tunnistamaan muuntajan laitteiden ja komponenttien roolia muuntajan kokonaisuudessa.

Tavoitteena on saada laitteiden ja komponenttien tiedot mahdollisimman tarkasti, jotta siitä on hyötyä ennakkohuoltoa ja vikatilanteita varten. Vika-analyysia tehdään ensisijaisesti Teollisuuden Voimalle, mutta otetaan huomioon World Association of Nuclear Operators, WANO:n, suosituksia. Significant Operating Experience Report, SOER:ssa, edellytetään määrittämään suurmuuntajien suojaus- ja apulaitteiden sekä niiden sähkönsyötöistä ne komponentit, jotka voivat aiheuttaa muuntajien aiheettomia laukaisuja. WANO – organisaatiolle ei riitä se, että on olemassa huolto-ohjelmat ja varaosat, vaan vaaditaan keskitettyä analysointia vikaantumisen riskeistä.

Eniten aikaa menee tarvittavien dokumenttien hakemisessa ja läpikäymisessä. Analyysia varten otetaan ne asiat huomioon, jotka koetaan tarpeelliseksi. Materiaalina on myös vastaavia vika-analyysityökaluja. Työssä tutkitaan myös muiden tekemiä Single Point Vulnerability ratkaisuja, eli yksittäisen komponentin vikaantumisen vaikutusta laitokselle; miten selvitetään vikaantuneen laitteen ja komponentin seuraukset järjestelmälle, ja sitä kautta laitokselle.

Työkalu rakennetaan Microsoft Excel ohjelmaan, joka on helpoin tapa erotella ja suodattaa muuntajien komponentit, komponenttien tiedot, vikaantumisen vaarat, huolto-ohjelma ja varaosien määrä. Taulukko on työkalu, jolla voidaan eritellä laitteiden ja komponenttien vikaantumisen seurauksia järjestelmässä ja laitoksella. Osa työn tuloksista rajattiin luottamuksellisiin liitteisiin.

2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ

2.1 TVO yhtiönä

Teollisuuden Voima Oyj, TVO, on ydinvoimaa tuottava yhtiö. TVO on Olkiluodon ydinvoimaloiden omistaja. Teollisuuden Voima on listaamaton julkinen osakeyhtiö. TVO:n omistajia ovat mm. Pohjolan Voima oyj, joka on suurin omistaja 58,5 % omistuksella. Muita TVO:n omistajayhtiöitä ovat EPV Energia Oy, Fortum Power and Heat Oy, Loiste Holding Oy, Kemira Oyj ja Oy Mankala Ab. TVO konserniin kuuluu myös TVO – Nuclear Services Oy (TVONS). TVONS on Teollisuuden Voiman tytäryhtiö. TVO ja Fortum omistavat yhdessä Posiva Oy:n, TVO 60 % osuudella. Posiva:lle kuuluu kokonaan tytäryhtiö Posiva Solutions Oy. (TVO:n www-sivut 2019)

2.2 Ydinvoimalaitokset

Olkiluodossa sijaitsevat kolme ydinvoimalaa, joista Olkiluoto 1 (OL1) ja Olkiluoto 2 (OL2) ovat käyviä ydinvoimalaitoksia. Olkiluoto 3 (OL3) on rakenteilla oleva voimalaitos, jonka on tarkoitus käynnistyä lähiaikoina. OL1:sen rakentaminen aloitettiin vuonna 1974 ja se kytkettiin verkkoon 1978. Kaupallinen sähköntuotanto on aloitettu vuonna 1979. OL2:n rakentaminen aloitettiin 1975 ja se kytkettiin verkkoon vuonna 1980. Kaupallinen tuotanto aloitettiin muutamaa vuotta myöhemmin OL1:stä, vuonna 1982. Kolmannen laitoksen rakentaminen aloitettiin vuonna 2005. Kun kolmas laitos saadaan kytkettyä verkkoon ja aloittamaan kaupallisen toiminnan, Olkiluodon ydinvoimalat tuottavat lähes kolmanneksen Suomessa käytettävän sähkön määrästä. OL1 ja OL2 ovat identtisiä laitoksia. Identtiset kiehutusvesireaktorit tuottavat nettona 890 megawattia, yhteensä ne siis tuottavat 1780 megawattia sähköä. Laitosten käyttökerroin oli vuonna 2018 91.1 %. (TVO:n www-sivut 2019)

2.3 Tuotanto

Olkiluodon ydinvoimaloiden tämän hetkinen sähköntuotanto on 16 % siitä mitä Suomi käyttää. Kun OL3 saadaan kaupalliseen tuotantoon, se tuottaa nettona noin 1600 megawattia, noin saman määrän kuin OL1 ja OL2 yhteensä. OL3 on toimintatavaltaan erilainen kuin Olkiluodon vanhemmat reaktorit. OL3 on EPR – tyyppinen painevesilaitos. OL3 on modernimpaa tekniikkaan verrattuna käyviin laitoksiin. (TVO:n www-sivut 2019)

3 YDINVOIMALOIDEN YHTEISTYÖ

3.1 WANO - organisaatio

The World Association of Nuclear Operators (WANO) on organisaatio, joka yhdistää yhtiöt, jotka käsittelevät kaupallisia ydinvoimaloita. WANO on voittoa tavoittelematon organisaatio. WANO ei puolesta puhu, taikka kannata ydinvoimaa, mutta tavoittelee sen maksimaalista turvallisuutta. Organisaation tarkoitus on saavuttaa mahdollisimman korkea taso ydinvoimaloiden turvallisuudessa. Saavuttaakseen turvallisen ja luotettavan ydinvoimaloiden käytön, on tehtävä määritelmiä, vertailutestejä, ja kehittää tuotannon tehoa yhdessä muiden ydinvoimaloiden kanssa. Tukemalla toinen toisiaan, tiedon vaihtamisella ja jäljittelemällä parhaita käytäntöjä saavutetaan ydinvoimaloiden pitkä ja turvallinen käyttöikä. Organisaatio helpottaa ydinvoimaloiden käyttäjiä saavuttamaan korkeimman tason turvallisuuden ja luotettavuuden. Tämä voidaan toteuttaa suosituksilla, joihin kuuluu vertailututkimukset ja käyttöoikeus tekniseen tukeen ja maailmanlaajuiseen käyttökokemukseen. WANO työskentelee jäsenten kanssa suoraan. Organisaatio ei säätele voimaloita, eikä neuvo kuinka yhtiöiden tulee toteuttaa yksittäisten voimaloiden suunnittelussa. WANO:lla on toimipisteet Lontoossa ja Hong Kongissa, ja keskittymiä Moskovassa, Atlantassa, Tokiossa ja Pariisissa. WANO:lla on oikeudet ylittää poliittiset esteet ja edut. (WANO:n www-sivut 2019)

3.2 SOER - arviointiraportti

Significant Operating Experience Reports (SOERs) ovat arviointiraportteja, joilla jaetaan arvokasta tietoa, joita on kerätty yhdessä muiden WANO:n jäsenten kesken. Tässä työssä keskitytään SOER – raportteihin, jotka käsittelevät suurmuuntajien turvallisuutta ydinvoimalaitoksilla. Suurmuuntajien vikaantumisia tapahtuu maailmanlaajuisesti paljon.

Suurmuuntajien vikaantumisesta voi seurata varasähkötehon puute turvallisuutta käsittelevistä laitteista, joka voi pahimmassa tilanteessa tarkoittaa laitoksen täydellistä pimentoa. Suurmuuntajan pettämisen seuraamukset vaikuttavat ydinvoimalan käyttöön ja valmiuslaitteistoon. (SOER 2011-1 2011)

3.3 Single point vulnerabilities, SPVs

Single point vulnerabilities, tarkoittaa yhden komponentin vikaantumisen välitöntä vaikutusta voimalaitoksen toimintaan. Yksittäisen komponentin vikaantuminen voi aiheuttaa ongelman, jonka seurauksena on voimalaitoksen vajaatoiminta. Yksittäisiä komponentteja on noin prosentin verran laitoksen kaikista komponenteista, jotka voivat vikaantumisella aiheuttaa laitoksen irrottautumisen kantaverkosta, suurin osa niistä esiintyy turbiini-generaattori puolella. Vaikka moni riskialttiista komponenteista on voimalaitoksen organisaatiolla tiedossa, kaikkia ei ole paikannettu tai ne on aliarvioitu. Voimalaitoksen koko organisaation on hyvä tehostaa menetelmiä löytääkseen riskialttiit komponentit suorittamalla tarkastuksia ja testejä, jotta voidaan ennaltaehkäistä ja minimoida yksittäisen komponentin aiheuttamia riskejä. Komponenteista on hyvä pitää kirjaa, jonka avulla voidaan analysoida riskitilanteita ja ennaltaehkäistä vikatilanteita sekä toimia oikein huoltopiteissä. (Stankorb 2019)

Kun ydinvoimalaitos vanhenee, aiemmin luonnostaan luotettaviksi todetut komponentit alkavat vikaantua. Usein nämä komponentit liittyvät toissijaisiin laitosjärjestelmiin, joilla ei ole merkittävää vaikutusta. Kerran havaittuja yksittäisiä vikaantuvia komponentteja voidaan priorisoida niiden vaikutuksella turvallisuuteen, laitoksen toimin-

taan ja riskin lieventämisen panostukseen. Vikaantumisen riskiä tärkeissä komponenteissa voidaan lieventää ennaltaehkäisevän toiminnan soveltamisella tai ennakkohuolloilla, soveltamalla koulutusta tai suunnitelman muutoksella. (Chhibber 2018)

Single Point Vulnerability, SPV, eli yksittäisen komponentin vikaantumisen aiheuttaman vaikutuksen tunnistaminen alkaa analysoimalla järjestelmän toiminnallisen vian vaikutusta. Vaikutukset voivat olla reaktorin sulkua, generaattorin kytkeminen irti ulkoisesta verkosta taikka voimalaitoksen ajaminen osateholla. Ensimmäiseksi siis tunnistetaan onko järjestelmä vikaantumisen vaikutus kriittinen. Siten ylläpidetään listaa laitoksen tärkeimmistä järjestelmistä vikaantumisen kannalta. Seuraavaksi tutkitaan ylläpitoa ja huolto ohjelmaa, joissa otetaan huomioon varaosien määrä ja kustannukset. Kustannuksiin lasketaan työvoima ja materiaalit. Menetetty tuotanto huomioidaan viimeiseksi. Ottamalla edellä mainitut asiat tarkasteluun, voidaan arvioida vikaantumisen vaikutukset käytön ja tuotannon tehokkuuden kannalta.

SPV komponenttien määrittelyn periaate on se, että analysointia tehdään laitoksen suunnittelupiirustuksien, teknisien tietojen, suunnittelun käyttöohjeiden ja käyttökokemuksien pohjalta. Kun tehdään SPV -vikapuu, tunnistetaan SPV komponentit ja määritetään alustava lista komponenteista sekä niiden vikaantumisen muodosta järjestelmässä. SPV -komponenttien määrittely riippuu myös komponentin vikaantumisen mahdollisuudesta, jotka ovat määritetty komponentin luotettavuustietojen tai käyttöhistorian pohjalta.

Monien komponenttien, kuten putkien, laippojen ja kaapelien vikaantuminen laitoksella voi myös johtaa laitoksen alasajoon, laitoksen irti kytkemiseen tai vakavaan häiriöön, mutta niillä on merkittävän pieni mahdollisuus vikaantua, joten voidaan jättää ne SPV – komponenteista ulkopuolelle ja niiden käsittely voidaan suorittaa toisella tavalla, kuten käsittelemällä ne tavallisina komponentteina ja ikääntymisen hallinnan kautta. Tällaisia komponentteja ovat putket, kaapelit, lämmittimet, paineastiat, laipat, tiivisteet ja suodattimet. Sähköiset komponentit ja relesuojauslaitteet käsitellään sähkölaitteen ikääntymisen näkökulmasta ja siksi niitä ei huomioida SPV – komponentteina. (Yu Yijun, Xu Ligen, Wang Xin & Wang Liansheng 2010)

TVO:lle tehtävälle suurmuuntajien laitetason vikaantumisanalyysissa analysoidaan kaikki laitteet ja komponentit, mitä laitosten suurmuuntajat sisältävät.

Valitut SPV – komponentit ovat niitä, joilla on korkea riski vikaantua. Niitä ovat pumput, tuulettimet, moottorit, turbiinit, pneumaattiset venttiilit, solenoidiventtiilit, hydrauliset venttiilit, itseohjaavat paineensäätöventtiilit, sähköiset kytkimet, tankkaus koneet ja komponentit merivesijärjestelmässä.

SPV – komponentti tarkastelua voidaan laajentaa tarkastelemalla SPV – komponentti ketjua. Analyysia voidaan linkittää kohteisiin, jotka ohjaavat ja tukevat komponenttien normaalia toimintaa. Yhteydet jotka tukevat ja varmistavat normaalia toimintaa pitää tunnistaa tekemällä ohjaus ja toiminta ketjudiagrammi komponenteista, joilla voidaan seurata linkitystä seurantayksikköön ja ohjauskytkinyksikköön asti. Siten seuratus komponentin vikaantumisen riskianalyysi ja ohjaus ovat esitetty komponentille SPV – komponentti ketjussa. Komponentin riskianalyysi ja ohjaus on esitetty kaikille komponenteille SPV komponenttiketjussa. Vikaantumisen riskin hallinta on tärkeä yhdistää komponentin luotettavuuteen, kun riskin hallinta on mukana ydinvoimalaitoksella erilaisissa töissä toimenpiteinä, ylläpidossa, työprosessiohjauksessa, asema muutoksessa ja komponenttihallinnassa. Vikaantumisen riskinohjauksessa SVP – komponentit ovat esitetty analysoimalla komponenttien vikaantumisen mahdollisuudet laitoksen toiminnassa, toimissa estääkseen komponentin vikaantuminen ja seuraamalla oireita komponentin vikaantumisesta. Riskianalyysi on yleensä suoritettu kolmella näkökohdalla: Varmistamalla SVP – komponentin kunto ja varaosien määrä sekä välttää ihmisen aiheuttamaa vahinkoa. (Yu Yijun, Xu Ligen, Wang Xin & Wang Liansheng, 2010)

4 LAITOSTEN SUURMUUNTAJAT

4.1 Muuntaja

Muuntajan on laite, jonka tarkoitus on muuntaa jännite tai virta toiseksi käyttötarkoitusta varten. Muuntajia käytetään pienimmistä sähkölaitteista aina sähköverkon toimintaan. Pienimmissä sähkölaitteissa muuntaja muuttaa jännitteen ja virran pienemmäksi. Sähköverkon muuntajan tehtävä on muuntaa jännite siirron ja jakelun kannalta järkeväksi. Sähkön jakelun pitkien matkojen takia täytyy jännite nostaa korkeaksi. Tehomuuntajat voidaan ryhmitellä kahteen ryhmään, suurtehomuuntajiin sekä jakelupuolella pientehomuuntajiin. Voimalaitoksien generaattorien jännite 20 kV muutetaan jännitehäviöiden minimoimiseksi 110 kV:in, 220 kV:n tai 400 kV:in. 110–400 kV:n jänniteverkkoa kutsutaan kantaverkoksi. Kantaverkon jännite muunnetaan 20 kV:n keskijänniteverkoksi. Lopuksi keskijänniteverkon jännite muunnetaan 400 voltin jännitteeksi kotitalouksien käyttöön. Voimalaitosten ja kotitalouksien välillä on sähköasemia, jakelumuuntamoita ja sähköpääkeskuksia. Jakelumuuntajia voi nähdä pylväsmuuntamoissa ja puistomuuntamoissa. Jakokaappeihin tuodaan pienjännite joista se jaetaan kotitalouksille.

Muuntajat voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin niiden riippuen jäähdytystavasta, kuivamuuntajiin ja öljyjäähdytteisiin muuntajiin. Lisäksi on myös olemassa muuntajia, jotka ovat SF6 täytteisiä, eli palamatonta kaasua sisältäviä. Nimensä mukaisesti kuivamuuntajan aktiiviosat, käämitykset sekä muuntajan rautasydän, ovat yhteydessä ympäröivään ilmaan. Muuntajat lämpenevät paljon ja tämän voi huomata lämpösäteilynä. Ilmajäähdytteisten muuntajien jäähdytystä parannetaan puhaltimilla. Kuivamuuntajia käytetään erityisesti räjähdys-, saastumis- sekä palovaarallisissa tiloissa, eli lähinnä sisätiloissa. (Korpinen 1998)

Öljyjäähdytteisissä muuntajissa muuntajan aktiiviosat ovat suljettu hitsattuun terässäiliöön. Öljytäytteisissä muuntajissa on paisuntasäiliö öljyn laajenemista varten ja se on kaasutiivis. Paisuntasäiliö on mitoitettu kestäväksi ylikuormituksen aiheuttaman ylipaineen. Muuntajissa käytetään eristeenä paperia, prespaania ja öljyä. Öljy toimii

myös jäähdytysaineena. Öljy siirtää lämmön muuntajan jäähdytykseen. Öljyjäähdyksiä muuntajia nähdään ulkotiloissa. (Elovaara & Haarla 2011)

4.2 Muuntajan laitteisto

Voimalaitoksella suurmuuntaja on yksi kalleimpia hankintoja. Muuntajien varusteet koostuvat, pää- ja apulaitteista. Päälaitteiksi luetellaan muuntajien kaasureleet, öljynkorkeuden anturit, öljyn ja käämien lämpömittarit, öljyn ja käämin lämpöanturit, virtamuuntajat, pumput, tuulettimet, öljynvirran anturit, ohjauskaappi, öljyn paisuntasäiliö, ilmankuivaimet, venttiilit, venttiilien laitteet ja venttiilien suodattimet, läpiviennieristimet ja jäähdytin. Paisuntasäiliö, kaasurele, öljyn lämpötilamittarit, öljyn korkeudenosoittimet, ilmankuivain ja käämikytkimensuojarele ovat tehomuuntajien suoja- ja valvontalaitteita. (Elovaara & Haarla 2011)

4.2.1 Läpiviennit

Läpiviennit ovat öljy ja paperieristeisiä lieriöitä, jotka sijaitsevat muuntajan päällä. Läpiviennin johtimena toimii alumiinisylinteri. Läpiviennin jäähdytyksen hoitavat jäähdytyslaitat, jotka ovat läpiviennin öljypuolella. Läpiviennin tehtävä on tuoda virta suuressa jännitteessä muuntajaan sisälle, eristettynä muuntajan kuoresta. Kuvassa 1 on esitetty esimerkit muuntajan ylä- ja alajänniteläpiviennit. (Elovaara & Haarla 2011)



Kuva 1. Ylä- ja alajänniteläpiviennit (ABB 2015)

4.2.2 Käämikytkin

Käämikytkin on muuntajan yläjännitekäämin yhteydessä, joka pitää alajännitepuolen jännitteen vakaana. Käämikytkin on kytketty sähköisesti muuntajan ensiöpuoleen, jossa virta on matalampi. Kuvassa 2 on esitetty esimerkit muuntajan käämikytkimistä ja kytkinohjaimista.

Muuntajan suojaus on monipuolinen. Pääsuojina toimivat vikavirtareleet ja differentiaalireleet, joiden avulla muuntajien sisäisiä vikoja tarkastellaan tunnistamaan oikosulut, maasulut, käämisulut sekä kierrossulut. Käämikytkimen suojarele suojaa käämikytkintä. Releessä oleva laukaisukosketin on kytketty muuntajan pääkatkaisijoiden laukaisupiirissä.

Askelreleen toiminta perustuu siihen, ettei ohjauskytkimen kautta voida suorittaa kuin yksi asennon vaihto kerrallaan. Lähi- ja kaukokytkimestä valitaan ohjaustapa, ohjataanko valvomosta vai ohjaimesta. Käämikytkimen asennonsoitin kertoo missä asennossa käämikytkin on. Toimintolaskuri kertoo, montako asennonvaihtoa on suoritettu käyttöönoton jälkeen. Käsini ohjattavalla kammella voidaan ohjata käämikytkintä manuaalisesti. Moottoriohjaimien voimansiirroissa voidaan havaita eroja. Moottoriohjaimissa on useimmiten vaihteisto sijoitettu omaan öljyä sisältävään koteloonsa ja moottori on liitetty suoraan vaihteistoon. Moottori voidaan myös liittää hammas- tai kiilahihnalla ja rattaiden avulla käämikytkimellä akseliin. Suurimmat erot voidaan havaita komponenttien sijainneista ja miten vaihteisto on toteutettu.

Muuntajan käämikytkimiä ohjataan moottoriohjaimilla. Ne eivät juurikaan eroa toisistaan muuntajien välillä. Lähes kaikista muuntajista löytyy kontaktorit, moottoriosuojakatkaisijat, askelreleet, valvomosta ohjatut kaukokytkimet ja kentän lähikytkimet, ohjauskytkimet, mekaanisesti toteutetut rajaesteet, sähkökäyttöiset rajakatkaisimet, asennonsoittimet, lämmitysvastukset, käsikäyttöiset kammet akselille ja hätäseis painikkeet. (Elovaara & Haarla 2011)



Kuva 2. Käämikytkin ja kytkimenohjaimet. (ABB:n www-sivut 2015)

4.2.3 Kaasurele

Virtauslaukaisuna toimii kaasurele, joka on usein nopeampi, kun muuntajassa tapahtuu vakavia sisäisiä vikoja. Tämä rele tunnetaan myös toisella nimellä, Buckholz-rele. Paikalliset ylikuumentumiset, purkaukset ja valokaaret aiheuttavat eristeaineen tai öljyn hajoamisen kaasuksi ja ne kerääntyvät kaasureleeseen. Suuret vikaantumiset aiheuttavat paineaallon, joka tekee öljysyöksyn paisuntasäiliöön. Öljysyöksy aiheuttaa laukaisun kulkiessaan releen läpi. Kaasurele on sijoitettu muuntajan ja paisuntasäiliön väliin yhdistettyyn putkeen. Kaasureleessä on myös säiliö, josta otetaan talteen kaasuanalyysiä varten näytteitä, jotta voidaan tarkastaa kaasun muodostamisen syy. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki muuntajan kaasureleesta.

Kaasureleessä on kaksi hälytyspiiriä, jotka laukeavat koskettimien välityksellä. Hälytykset ovat varustettuja kahdella vaihtokoskettimella. Uimuri ohjaa koskettimia releessä. Kaasureleen voi laukaista myös öljyn vähyys paisuntasäiliössä. Jos pinta laskee tarpeeksi alas, rele laukeaa. (Elovaara & Haarla 2011)



Kuva 3. Kaasurele. (ABB:n www-sivut 2019)

4.2.4 Kaasuanalysointilaite

Kaasuanalysointilaitteen avulla voidaan arvioida muuntajan kuntoa sisältäpäin, jota on ulkopuolelta vaikea havaita (Elovaara & Haarla 2011). Kuvassa 4 on esitetty esimerkki muuntajan kaasuanalysointilaitteesta.



Kuva 4. Kaasuanalysointilaite (Vaisalan www-sivut 2017)

4.2.5 Ylipaineventtiili

Ylipaineventtiiliä käytetään muuntajissa rajoittamaan muuntajan sisällä tapahtuvia ylipaineita, joita syntyy vikatilanteissa. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki muuntajan ylipaineventtiilistä. Venttiili päästää muuntajasäiliöstä paineen pois hallitusti siten, ettei muuntajan öljy pääse laskemaan vaaralliselle tasolle. Ylipaineventtiili voi olla varustettuna suojalla, jonka seurauksena mahdollisen kuumen öljyn purkaus voidaan hallitusti suunnata haluttuun paikkaan. (Elovaara & Haarla 2011)



Kuva 5. Ylipaineventtiili. (Qualitrol:n www-sivut 2019)

4.2.6 Öljynkorkeudenosoitin

Öljynkorkeuden osoitin on sijoitettu muuntajan paisuntasäiliön pätyyn. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki muuntajan öljynkorkeuden osoittimista. Osoitin näyttää paisuntasäiliön öljyn pinnankorkeuden. Koska öljy on muuntajassa eristeenä ja jäähdysaineena, pitää öljyn määrää tarkkailla ja lisätä välittömästi jos vajetta huomataan. Korkeudenosoittimesta huomataan samalla myös onko muuntajaan jäänyt ilmakuplia, tai onko jopa sisäistä vuotoa, jonka takia voi muodostua kaasuja. Laitoksen muuntajat ovat varustettu ylä- ja alaraja hälytyskoskettimilla. (Elovaara & Haarla 2011)



Kuva 6. Öljynkorkeuden osoitin. (Qualitrol:n www-sivut 2019)

4.2.7 Ilmankuivain

Muuntajan ilmankuivaimen läpi muuntaja hengittää ilmaa öljyn tilavuuden vaihdella. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki muuntajan ilmankuivaimesta. Ilmankuivain pitää kosteuden pois. Muuntajan ulkopuolella nähtävä läpinäkyvä muovinen lieriö on täynnä hygroskooppista kuivausainetta. Tunnetaan myös nimellä silikageeli. (Elovaara & Haarla 2011)



Kuva 7. Ilmankuivain. (Indiamart:n www-sivut 2019)

4.2.8 Lämpömittarit

Lämpömittarit vahtivat muuntajan käynti- ja huippulämpötiloja. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki muuntajan öljyn kapillaarilämpötilamittarista ja käämilämpötilamittarista. Mittarin kaksi osoitinta kertovat käyntilämmön ja maksimilämmön. Mittarit ovat sijoitettu muuntajan kannessa oleviin öljyllä täytettyihin lämpömittaritaskuihin. Mittareina käytetään kosketinlämpömittareita ja kapillaarilämpömittareita. Muuntajan lämpömittarin taskuihin asennetut kosketinlämpömittarit ovat painelämpömittareita. Kahdella tai neljällä säädettävällä koskettimella voidaan mittari kytkeä hälytys- tai laukaisupiiriin. Kun ylitys asetuspisteestä on saavutettu säädetyistä lämpötila-asteikosta, piiri sulkeutuu ja aiheuttaa hälytyksen. (Elovaara & Haarla 2011)



Kuva 8. Öljyn kapillaarilämpötilamittari ja käämilämpötilamittari (Insulect:n & Reinhausen:n www-sivut 2019)

4.2.9 Venttiilit

Näytteenottoventtiileitä on nollapisteventtiilisuojuissa, ja sekä muuntajan ylä- että alaosassa. Kuvassa 9 esitetään esimerkki muuntajan venttiilityypeistä. Palloventtiileitä käytetään tyhjennysventtiileinä jäähdyttimellä, tyhjennys- ja näytteenottoventtiileinä tankissa, paisuntasäiliössä tyhjennysventtiileinä, suodattimien venttiileinä ja öljyn lisäämiselle tarkoitettulle venttiilille. Kaasureleelle, kaasun valvonnalle, jäähdyttimen ja yläjännitepuolen välillä, ja tankin välillä, ohitusputkelle ja paisuntasäiliölle on läppäventtiili sulkua varten.

Muuntajissa on myös täyttö-, tyhjennys- ja suodatinventtiileitä tankissa ja paisuntasäiliöllä. Ylipaineventtiili on myös tärkeä osa muuntajassa.



Kuva 9. Muuntajassa esiintyviä venttiilityyppejä (Reinhausen:n, Indiamart:n, Tameson:n &, Gemu:n www-sivut 2019)

4.2.10 Apulaitteet

Muuntajan apulaitteisiin voidaan lukea kojekaapin sisältö. Kuvassa 10 esitetään esimerkki muuntajan keskuskaapissa esiintyvistä komponenteista. Kaapissa on jännitevalvontareleet, kojekaapin lämmittimet, valaisinpaikat, vikavirtasuojat, johdonsuojakatkaisijat, kontaktorit, aikareleet, aikakytkimet, kytkimet, moottorinsuojakytkimet, työvirtalaukaisijat, katkaisijat, termostaatit, pistorasiat, lämpötilavahti ja ohjelmoitavat johdinlähettimet. Apulaitteet ovat osa muuntajan suojausjärjestelmää. Muuntajan jäähdytyksen ohjaus on hoidettu muuntajan kojekaapissa.

Muuntajien tiedonsiirtoa laitoksella hoidetaan johtimilla sekä valokuidulla, esimerkiksi lämpömittaukset. Apulaitteet ovat varustettuja hälyttämään laitoksen valvomoon, mikäli vikatilanne on laukaissut katkaisijan tai lämmönmittausarvot poikkeavat normaalista. Keskuskaapit ovat lämmitettyjä termostaateilla varustetuilla lämmitysvastuksilla.



Kuva 10. Esimerkki keskuskaapin sisällöstä. Kontaktori, moottorisuojakytkin, askelrele, lämmitysvastus termostaatilla, kolmivaihevalvonta, johdonsuojakatkaisija, apurele, kellokytkin, kuormakytkin, pistorasia, lämpölähetin, vikavirtasuojakatkaisija. (SLO:n, Sähkönumerot:n, DOLD:n, Inor:n & ABB:n www-sivut 2019)

4.3 Laitteistokokonaisuus Olkiluodon ydinvoimalassa

Olkiluodon ydinvoimalan suurmuuntajia ovat päämuuntajat, käynnistysmuuntajat ja omakäyttömuuntajat. Kuvassa 14 esitetään laitousyksiköiden omakäyttöverkko.

4.3.1 Päämuuntajat

Päämuuntajia on kaksi kappaletta, kummallakin laitoksella omansa ja niiden kokonaisuus koostuu varsinaisesta muuntajasta varusteineen ja muuntajan suojausliitännästä venttiilisuojusta sekä nollapiste kuristimesta. Kuvassa 11 on esitetty OL2 laitoksen päämuuntaj. OL1 päämuuntaja on teholtaan 1000 MVA. OL2 päämuuntaja on vaihdettu vuoden 2015 revisiossa uuteen ABB muuntajaan. Uuden muuntajan myötä nimellisteho nousi 1000 MVA:sta 1150 MVA:n. Molemmat muuntajat ovat öljyeristeisiä kolmivaihemuuntajia. Päämuuntajat sijaitsevat betonirakenteisissa muuntajabunkkereissa laitoksen pohjoispuolella. Päämuuntajilla on OFAF jäähdytys, eli öljypumppujen avulla lämmönvaihtimien läpi kierrätettävä öljyvirtaus, jota on tehostettu lämmönvaihtimien läpi puhaltavien tuulettimien avulla. Päämuuntajat ovat varustettu sprinklerijärjestelmillä ja muuntajien alla olevalla öljynerotuskaivoilla joihin mahtuu muuntajissa olevat noin 100 tonnin, 113 000 litran öljymäärä per muuntaja. Normaalitilanteessa päämuuntajat muuntavat laitoksen päägeneraattoreista tulevan 20 kV jän-

nitteen valtakunnan verkkoon 400 kV tasolla. Vastaavasti laitoksen ollessa pysäytettyinä, muuntaja muuntaa 400 kV jännitteen laitoksen omaan käyttöön. Päämuuntajien turvallisuusluokitus on EYT/STUK. (Jurkola 2017)



Kuva 11. Olkiluoto 2:n 611 päämuuntaja. (ABB:n www-sivut 2015)

4.3.2 Käynnistysmuuntajat

Käynnistysmuuntajien tehtävänä on varmistaa laitoksen sähkön saanti tilanteissa, jos yhteys 400 kV kantaverkkoon on menetetty. Kuvassa 12 esitetään käynnistysmuuntaja. Käynnistysmuuntajat koostuvat varsinaisista muuntajista varusteineen ja muuntaja suojaukseen liittyvistä nollapistevastuksista, venttiilisuojista ja hälytyskeskuksesta. Näitä laitoksella on neljä kappaletta, kummallakin laitoksella kaksi kappaletta. Käynnistysmuuntajat ovat kolmivaiheisia, öljyeristeisiä kolmikäämimuuntajia. Käynnistysmuuntajat ovat painoltaan 65 000 kg. Jäähdytys on ONAN/ONAF eli muuntajissa on luonnollinen öljynkierto ja luonnollinen jäähdytys tai puhaltimilla tehostettu ilmankierto. Käynnistysmuuntajien yläjännitepuoli on liitetty 110 kV verkkoon maakaapeleiden avulla. Käynnistysmuuntajien alajännitepuoli on kytketty syöttämään kaapelien avulla A- ja C – osajärjestelmien 6,6 kV kojeistoja ja toinen käynnistysmuuntaja B- ja D – osajärjestelmien kojeistoja. Käynnistysmuuntajat sijaitsevat erillisissä muuntajabunkkereissa laitosyksikköjen vieressä. Ne on myös varustettu sprinklerilaitteistolla ja öljynerotuskaivoilla. Käynnistysmuuntajajärjestelmä muuntaa 110 kV verkon jännitteen omakäyttöverkon 6,6 kV tasolle. Turvallisuusluokitus on EYT/STUK. (Jurkola 2017)



Kuva 12. 612 Käynnistysmuuntaja (Jurkola 2017)

4.3.3 Omakäyttömuuntajat

Omakäyttömuuntajia on neljä, kummallakin laitoksella kaksi kappaletta. Ne ovat kolmivaiheisia öljyeristeisiä kolmikäämimuuntajia. Kuvassa 13 esitetään omakäyttömuuntaja. Kokonaispaino on 51 000 kg. Jäähdytys on samanlainen kuin käynnistysmuuntajilla. Omakäyttömuuntajien järjestelmän tehtävänä on muuntaa generaattorijännite 20 kV omakäyttöverkon 6 kV tasolle. Omakäyttömuuntajien yläjännitepuoli on kytketty generaattorikiskoon ja alajännitepuoli 6,6 kV kojeistoihin. Normaalissa tilanteessa omakäyttöjakelu tapahtuu omakäyttömuuntajien kautta generaattorikiskosta. Mikäli generaattori ei ole käytössä, syötetään omakäyttöverkkoa päämuuntajan ja omakäyttömuuntajien kautta 400 kV kantaverkosta. (Jurkola 2017)



Kuva 13. 613 Omakäyttömuuntaja (Jurkola 2017)

4.3.4 Muuntajien teknisiä tietoja

Päämuuntajat 1.611T101, 2.611T101

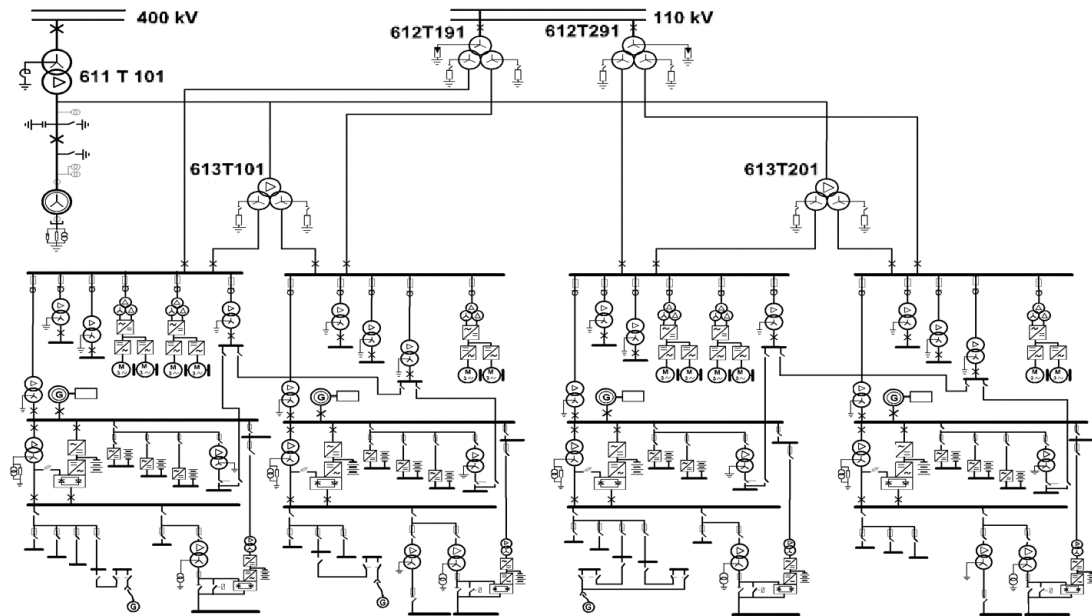
Mallit	KTAA 420 V 1000 (OL1)
	LTSH345TR GSU 412/20kV (OL2)
Valmistajat	ABB TRANSMIT Oy
	ABB AB Power Transformers
Tehot	1000 MVA, 1150 MVA
Jännite	412/20 kV
Virrat, taajuus	1401/28 868 A, 1612/33198 A, 50 Hz
KytKentä	YN/d11
Kokonaispainot	73,1 tkg; 513,5 tkg;
Öljyn määrä, Kuljetuspaino	99,8 tkg; 430,6 tkg (ilman öljyä)
	86,17 tkg; 401 tkg (ilman öljyä)

Käynnistysmuuntajat 1/2.612T191, 1/2.612T291

Malli	KTRT 123 x 45
Valmistajat	ABB Oy, Ab Strömberg Oy
Teho, Jännitteet	40/25/25 MVA, 115 ± 9x 1,67 % /6,9/6,9 kV
Virrat, Taajuus	175–201–236/2092/2092 A, 50 Hz
KytKentä	YNynOynO
Kokonaispaino	68,4; 63,9 tkg
Öljyn määrä, Kuljetuspaino	19,8; 17,5 tkg; 44,3; 52 tkg

Omakäyttömuuntajat 1/2.613T101, 1/2.613T201

Malli	KTRU 24 NC 31000, KTRW 24 x 31
Valmistajat	ABB Oy, Ab Strömberg Oy
Teho	30/16/16 MVA
Jännitteet	2 0000 +/- 4x 2,5 % /6900/6900 V
	2 0000 +/- 3x 2,5 % /6900/6900 V
Virrat, Taajuus	866/1 339/1 339 A, 50 Hz
	806–866-936 /1339/1339 A, 50 Hz
KytKentä	Dyn1yn1
Kokonaispaino	51 000 kg
Öljyn määrä, kuljetuspaino	10,6 tkg; 46 tkg



Kuva 14. OL1 ja OL2 laitosyksiköiden omakäyttöverkko

5 NYKYISET HUOLTOMENETELMÄT

Suuret tehomuuntajat ovat pitkäikäisiä ja niiden äkillinen vikaantuminen on melko harvinaista. Elinkaari riippuu käyttötarkoituksesta, käyttölämpötilasta, käyttöolosuhteista, kuormituksesta ja ennakkohuollon onnistumisesta. Suurtehomuuntajan käyttöikä käyttötarkoituksesta riippuen on tyypillisesti 20–40 vuotta. Muuntajalle on hyvä tehdä kuntokartoitus, jonka perusteella voidaan päätellä ja päättää muuntajan peruskunnostuksesta tai uusinnasta. Muuntajille tehtävät huollot antavat tietoa muuntajan kunnosta ja kestävydestä, sekä ennalta ehkäisevät mahdollisia äkillisiä muutoksia tapahtumasta johtaen muuntajan toimimattomuuteen.

Huolto- ja tarkastustoimenpiteisiin kuuluu varmisteltavia toimenpiteitä. Erotustoimenpiteet, tarvittavat aputyöt, erikoistyökalut, mittaus- ja virransyöttölaitteisto resistanssin mittaamista varten ja öljynkäsittelylaitteisto jos läpivientejä joudutaan vaihtamaan.

611, 612 ja 613 järjestelmien varsinaiset huolto- ja tarkastustoimenpiteiden toimenpidenumerot vastaavat samaa työtä muuntajasta riippumatta. Huolto- ja tarkastustoimenpiteitä on monta muuntajan koosta riippumatta ja toimenpiteet vaihtelevat muuntajien välillä. Näihin toimenpiteisiin kuuluu:

- Muuntajan öljyntiiveyden seuranta ja öljynäytteiden ottaminen
- Kaasuanalysaattorin toiminnan ja kaasuhälytyksen koestus
- Puhallinmoottoreiden ja öljynpumppujen vaihto
- Ilmankuivaimien kuivausaineiden ja öljynpintojen tarkastus
- Muuntajan lämpökuvaus
- Jäähdytysjärjestelmien hälytysten tarkastus sekä automaattisen ohjauksen tarkastus ja jäähdytysmoottorien kunnon tarkastus
- Öljynkorkeuden osoituksen ylä- ja alaraja hälytyksen tarkastus
- Kaasureleen toiminnan tarkastus
- Lämpömittareiden hälytysten, laukaisun tarkastus ja kalibrointi
- Lämpöantureiden toiminnan tarkastus
- Tiivisteiden tarkastus
- Muuntajien puhdistus ja paikkamaalaus
- Käämitysten eristystason mittaus ja käämikytkimien toiminnan tarkastus ja huolto
- Alajänniteläpivientikoteloiden eristysvastusmittaus
- Läpivientieristimien puhdistus ja läpivientiliitosten kireyden tarkastus
- Tehokytkimien painereleen toiminnan tarkastus
- Sydämen lohkovastuksen mittaus
- Yläjännitekäämityksen resistanssin mittaus
- Doble-mittaus

(Olkidoc Final Safety Analysis Report 611, 612 & 613 2019)

6 VIKA-ANALYYSITYÖKALU

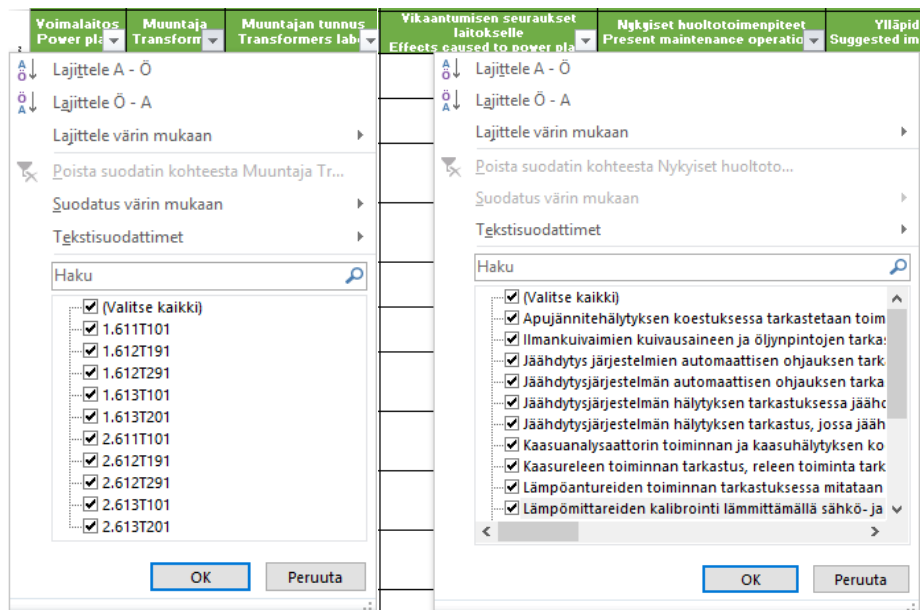
TVO:n sisäisestä tietokannasta ja arkistosta saadaan selville suurmuuntajien laitteistokokonaisuus. Muuntajien käyttöohjeita ja huoltoraportteja tutkimalla saatiin selville muuntajien laitteistot ja niiden huoltomenetelmät. Sisäisestä KUPI – tietokannasta saatiin lisäksi tarkennusta komponenttien tietoihin, kuten valmistajat, tyypit, tekniset tiedot ja varaosien määrät. Jokainen komponentti on kirjattu järjestelmään TVO:n omalla nimikkeellä. Nimikkeen avulla voidaan tunnistaa komponentti, ja kohteet missä kyseistä komponenttia käytetään. KUPI – tietokantaan on myös kirjattu vikaraportit. Vikaraportit antavat ennakkotietoa mahdollisen vikaantumisen aiheuttamille seurauksille. Single Point Vulnerability analyysi antaa suuntaa sille, miten laitteen ja komponentin vikaantumista kannattaa lähestyä ja käsitellä ydinvoimalan tasoisessa kokonaisuudessa.

Analyysityökaluun on sisällytettävä kaikki ne tiedot, jotka koetaan tarpeelliseksi yksittäisen laitteen tai komponentin vikaselvityksessä. Komponenttien määrän ja niiden teknisten tietojen vuoksi kannattaa työkalu rakentaa Microsoft Excel ohjelmaan. Yksittäisiä tarkasteltavia laitteita ja komponentteja on yhteensä 639. Tietojen sisällyttäminen Excelin taulukkopohjaan on helpoin tapa erotella ja suodattaa muuntajien komponentit, komponenttien tarkemmat tiedot, vikaantumisen seuraukset, huoltomenetelmät, sekä muut tarvittavat tarkennukset.

Esimerkki SPV – analyyseistä käy ilmi, että Excel pohja on yleinen ja helppo tapa käsitellä komponenttilistaa. Muiden analyysien avulla päätettiin mihin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota laitetason vikaantumisessa. Vika-analyysityökalun tekemisen avuksi käytettiin hyödyksi KUPI - tietokantaa. Vian seuraukset järjestelmälle ja laitokselle on KUPI - järjestelmässä merkitty viidelle eri tasolle. Komponentilla on KUPI tietokannassa kymmenen erilaista tapaa vikaantua. Vian seuraukset ja vikaantumistavat ovat merkitty kirjaimin.

Analyysityökaluun on eritelty voimalaitos, muuntaja, muuntajan tunnus, TVO:n komponentin nimike, kojettunnus, komponentti, valmistaja, tyyppi, tekniset tiedot, lisätiedot, komponentin käyttötarkoitus, aiemmat vikailmoitukset TVO:n vikaraporteista, vi-

katoiminnot, vikaantumisen seuraus järjestelmälle ja laitokselle, nykyiset huoltotoimenpiteet, ylläpidon parannusehdotukset, huollon aikavälit, huollon suorittajat ja varaosien määrät. Komponentit ja niiden vika-analyysit kerättynä yhteen luetteloon on itsessään vikaselvityksen kannalta käytettävä väline, mutta Excelin taulukkomuotoa hyödyntämällä voidaan tiedonhaku kohdistaa myös mihin tahansa haluttuun kohteeseen. Jokaisen sarakkeen suodattimesta voidaan valita mitä analyysityökalusta halutaan saada selville. Näytettävää tietoa voidaan kohdistaa käyttämällä useampaa suodatusta samaan aikaan. Kuvasta 15 nähdään miten tarkennetaan komponentin tiedonhaku muuntajakohtaisesti, ja sen nykyiset hoitotoimenpiteet. Kuvasta 16 nähdään komponentin erottelut sarakkein. Vika-analyysityökalua säilytetään TVO:n intranetissä ja sitä pääsee muokkaamaan vain oikeutetut henkilöt.



Kuva 15. Suodattimen käyttö

Voimalaitos Power plant	Muuntaja Transformer	Muuntajan tunnus Transformers label	TVO Nimike TVO component title	Kojetunnus Device identification
OL1	1.613T101	KTRU 24 NC 31000	12345-6789	X.X

Komponentti Component	Valmistaja Manufacture	Tyyppi Type	Tekniset tiedot Tech. Data	Lisätieto 1 Detail 1	Lisätieto 2 Detail 2
X	AB Company Oy	X	X	X.123	X.321

Käyttötarkoitus Purpose of use	Vikailmoitukset Failure reports	Vikatoiminnot Malfunction	Vikaantumisen seuraus järjestelmälle Effects caused to system	Vikaantumisen seuraukset laitokselle Effects caused to power plant
Muuntajan Y osa	Puuttuva signaali	L	I	K

Nykyiset huoltotoimenpiteet Present maintenance operations	Ylläpidon parannusehdotus Suggested improvement for maintenance	Huollon aikaväli Period of maintenance	Huollon suorittaja Maintenance performer	Varaosan määrä Spare part quantity
Määräaikaishuolloissa suoritetaan komponentin koestus	-	1 v	TVO, AB Firma Oy	1

Kuva 16. Vika-analyysityökalussa eritellyt komponentin tiedot ja kohdistukset

7 YHTEENVETO

Vika-analyysia varten mietittiin ne tärkeät aiheet joihin on kiinnitettävä huomiota muuntajien turvallisen toiminnan kannalta. Työssä pyrittiin kattamaan WANO:n suositukset.

Työssä käytiin läpi suurmuuntajien apu- ja päälaitteet, sekä niiden nykyiset huoltotoimenpiteet. Työssä tutkittiin myös muuntajien laitteiden vikaantumisen aiheuttamaa vaikutusta järjestelmään ja laitokselle. Päälaitteiden vikaantumisen vaikutusta selvitettiin ennakkotapauksia hyödyntämällä. Apulaitteiden vaikutusta tutkittiin hyödyntämällä ennakkotapauksia ja piirikaavioiden avulla. Selvitystyössä vika-analyysia varten käytettiin hyödyksi TVO:n dokumentteja ja tietokantaa. Muuntajien kirjalliset ja sähköiset dokumentit, sekä sisäiset dokumentaatiopalvelut auttoivat hahmottamaan laitteistokokonaisuuden.

Tuloksena saatiin vika-analyysityökalu TVO:n organisaatiolle, jota organisaation jäsenet hyödyntävät vikaantumisen hallinnassa sekä kehittääkseen voimalaitosten suurmuuntajien huoltotoimenpiteitä. Työkalun on tarkoitus tukea materiaali- ja laitevikojen tarkastelua. Työkalu on väline suunnitteluun ja selvityksiin. Ennakkotoimenpiteitä varten vika-analyysityökalua voidaan hyödyntää, jotta voimalaitoksen häiriötön toiminta suurmuuntajien osalta voidaan turvata. Analyysi näyttää myös sen, että onko kaikkia tietoja saatu selville. Selvitetyt tiedot kertovat, ovatko tiedot ajan tasalla ja selvittämättömät kertovat joko sen puutteesta taikka niitä on vaikea saada selville.

Single Point Vulnerability ratkaisut muista ydinvoimaloista ovat yleensä jonkin verran laajempia verrattuna työssä esiteltyyn vika-analyysityökaluun. Tehdyssä vika-analyysityökalussa ollaan enemmän sidottuna Teollisuuden Voiman laitetietokantaan. Vika-analyysityökalu on pohja, jota voi kehittää melkein loputtomiin.

Työtä tehdessä opin enemmän suurmuuntajista, niiden laitteista ja komponenteista. Ydinvoimalaitoksilla työskennellessäni opin kuinka tärkeää laitteiden ja komponenttien vikaantumisen hallinta on ydinvoimalaitosten mittakaavassa.

LÄHTEET

- ABB www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.abb.com>
- C-dokumentit OL1 & OL2
- Chhibber R.K.. 2018. Single point vulnerability study to improve plant availability. Narora Atomic Power Station Nuclear Power Corporation of India Limited
- Dold www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.en.dold.com>
- Elovaara & Haarla. 2011. Sähköverkot I ja II. Helsinki: Otatiето
- Final Safety Analysis Report 611, 612 & 612. 2019
- Gemu www-sivut. Viitattu 27.11.19. <https://www.gemu-group.com>
- Indiamarket www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.indiamart.com>
- Insulect www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://insulect.com>
- Jurkola Janne. 2017. TVO koulutusmateriaali
- Korpinen Leena. 1998. Sähkövoimatekniikkaopus
- Krohne-inor www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.krohne-inor.fi>
- Kupi laitosjärjestelmä
- Qualitrol www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.qualitrolcorp.com>
- Reinhausen www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.reinhausen.com>
- Stankorb Sarah. 2019. Epri Journal Nuclear Plant Operators Use EPRI Database to Mitigate Vulnerable Components That Can Cause Costly Shutdowns
- Sähkönumerot www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.sahkonumerot.fi>
- Tameson www-sivut. Viitattu 27.11.19. <https://www.gemu-group.com>
- Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. Viitattu 18.9.2019. <https://www.tvo.fi>
- Vaisala www-sivut. Viitattu 26.9.2019. <https://www.my.vaisala.net/fi>
- Wano www-sivut. Viitattu 20.9.2019. <https://www.wano.info>
- WANO. 2011. Significant Operating Experience Report 2011-11 Large Power Transformer Reliability
- WANO-audit Large Power Transformer Reliability. 2016
- Yu Yijun, Xu Ligen, Wang Xin & Wang Liansheng. 2010. Management of single point vulnerability components