

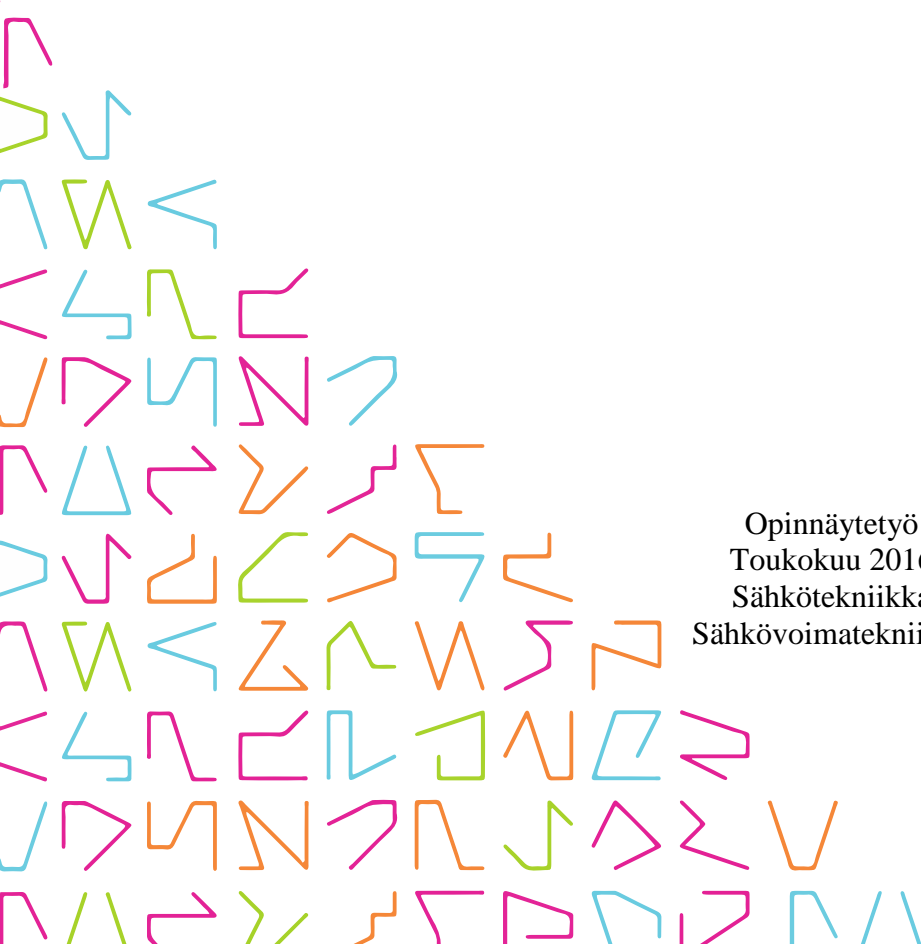


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SÄHKÖASEMIEN JA KAUKOKÄYTTÖEROTTIMIEN KUNNOSSAPITO-OHJELMIEN PÄIVITTÄMINEN

Jaakko Nylund

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

NYLUND, JAAKKO:

Sähköasemien ja kaukokäyttöerottimien kunnossapito-ohjelmien päivittäminen

Opinnäytetyö 74 sivua, joista liitteitä 20 sivua
Toukokuu 2016

Tämä opinnäytetyö tehtiin Leppäkosken Sähkö Oy:lle. Työssä päivitettiin sähköasemien sekä kaukokäyttöerottimien kunnossapito-ohjelmia, jotka alkutilanteessa olivat puutteellisia ja epäkäytännöllisiä. Laitekohtaiset kunnossapito- ja huoltotiedot olivat hajanaisesti eri paikoissa dokumentoituina, joten työssä selvitettiin laitteiden huoltohistoria sekä päivitettiin niiden tiedot ajan tasalle yhteen dokumenttiin.

Työssä kerättiin laitteistoluettelo jokaisen sähköaseman laitteista. Näiden tietojen perusteella selvitettiin valmistajien suosittelemia laitekohtaisia huolto- ja kunnossapitotarpeita. Kokemusperäisen tiedon sekä valmistajien ohjeiden perusteella päivitettiin kunnossapito-ohjelma, jota jatkossa tullaan noudattamaan. Lisäksi luotiin käyttöiimin sähköasentajien käyttöön uusi ja käytännöllisempi suojareleiden tarkastuskortti, joka sisältää vain tarpeenmukaiset tiedot.

Vanhoissa kunnossapito-ohjelmissä ei ollut suuria puutteita, minkä takia kaikkien laitteiden kunnossapito-ohjelmiin ei tarvinnut tehdä suuria muutoksia. Kuitenkin työn aikana löytyi muutama kehitysehdotus kunnossapidon parantamiseksi tulevaisuudessa. Tulevaisuudessa voidaan harkita sähköasemilla laitteiden lämpökuvausta, jolloin löydetään mahdolliset heikot liitokset laitteista. Muuntajien kunnonvalvonnassa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää jatkuvaa kunnonvalvontaa suorittavia mittalaitteita. Lisäksi akustoille voidaan suorittaa kuormituskokeita toiminnan varmistamiseksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

NYLUND, JAAKKO:

Maintenance programs update for substations and remote controlled disconnectors

Bachelor's thesis 74 pages, appendices 20 pages
May 2016

This thesis was commissioned by Leppäkosken Sähkö Oy. At the beginning of the thesis, maintenance program for substations and remote controlled disconnectors was out of date and impractical. All the information about devices and maintenances were located in many files and places. The main purpose for this thesis was to collect and update all maintenance information in one document.

In this thesis, a device list was gathered from every substation. Manufacturers were contacted for information about maintenance and service guidelines. Device manuals were also studied. The maintenance program was updated by using empirical knowledge and manufacturer guidelines. In addition an inspection card for relays testing was created.

Previous maintenance programs were pretty decent so major changes not needed for any of substation devices. The results show that, thermographic measurement which can be used to find faults from substation devices. Systems that constantly measure transformer's condition could be acquired. In addition for batteries can be done load tests for ensuring the operation.

Key words: maintenance program, maintenance, substation, remote controlled disconnecter

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LEPPÄKOSKEN SÄHKÖ -KONSERNI	7
2.1	Tietoa konsernista	7
2.2	Historia.....	8
3	SÄHKÖASEMA	9
3.1	Sähköasema siirto- ja jakeluverkon osana	9
3.2	Sähköaseman rakenne	9
3.3	Kojeistot.....	12
3.4	Sähköaseman laitteet.....	13
3.4.1	Muuntaja	13
3.4.2	Katkaisijat	16
3.4.3	Erottimet.....	18
3.4.4	Suojareleet.....	20
3.5	Relesuojaus	22
3.6	Sähköaseman maadoitus	23
4	KUNNOSSAPITO-OHJELMA	25
4.1	Kunnossapito yleisesti	25
4.2	Kunnossapitolajit	26
4.3	Velvoittavat lait ja määräykset	28
4.4	Määräaikaistarkastus.....	28
4.5	Asematarkastukset	29
4.6	Päämuuntajat.....	30
4.6.1	Käytönaikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet.....	31
4.6.2	Määräaikaishuolto	32
4.6.3	Perushuolto.....	33
4.6.4	Uudet mahdolliset kunnonvalvontamenetelmät.....	34
4.7	110 kV katkaisijat	35
4.7.1	Valmistajan suosittelemat huolto-ohjeet	35
4.7.2	110 kV katkaisijoiden kunnossapito Leppäkosken Sähköllä.....	37
4.8	110 kV erottimet	38
4.9	20 kV katkaisijat	39
4.9.1	Valmistajan ilmoittamat huolto-ohjeet.....	39
4.9.2	Leppäkosken Sähkö Oy:n kunnossapito katkaisijoille.....	40
4.10	Suojareleet	42
4.11	Akustot.....	43
4.11.1	Akkujen hoito ja kunnossapito.....	43

4.11.2 Akustojen kunnossapito Leppäkosken Sähköllä.....	44
4.12 Maadoituksen kuntotarkastus ja maadoitusimpedanssin mittaus	45
5 KAUKOKÄYTETTÄVÄT EROTTIMET	47
5.1 Yleisesti kaukokäytettävistä erottimista	47
5.2 Kaukokäyttöerottimien kunnossapito	48
6 POHDINTA.....	50
LÄHTEET.....	52
LIITTEET	55
Liite 1. Kunnossapito-ohjelmat	55
Liite 2. Laitteistoluettelot	64
Liite 3. Releen tarkastuskortti	74

1 JOHDANTO

Laitteiston pitkän eliniän edellytyksenä on niiden kunnossapidosta huolehtiminen. Jakeluverkkoyhtiön sähkölaitteistojen kunnossapitoa säädellään sähköturvallisuuslain sekä erilaisten määräyksien avulla. Jakeluverkkoyhtiölle kunnossapito-ohjelman laatiminen on pakollinen. Tämä opinnäytetyö tehtiin Leppäkosken Sähkö Oy:lle ja työssä perehdytään yleisesti sähköasemien sekä kaukokäyttöerottimien rakenteisiin ja laitteisiin. Tämän lisäksi työssä esitetään Leppäkosken Sähkö Oy:n tulevaisuuden kunnossapito-ohjelman sisältö sekä tehtävät toimenpiteet.

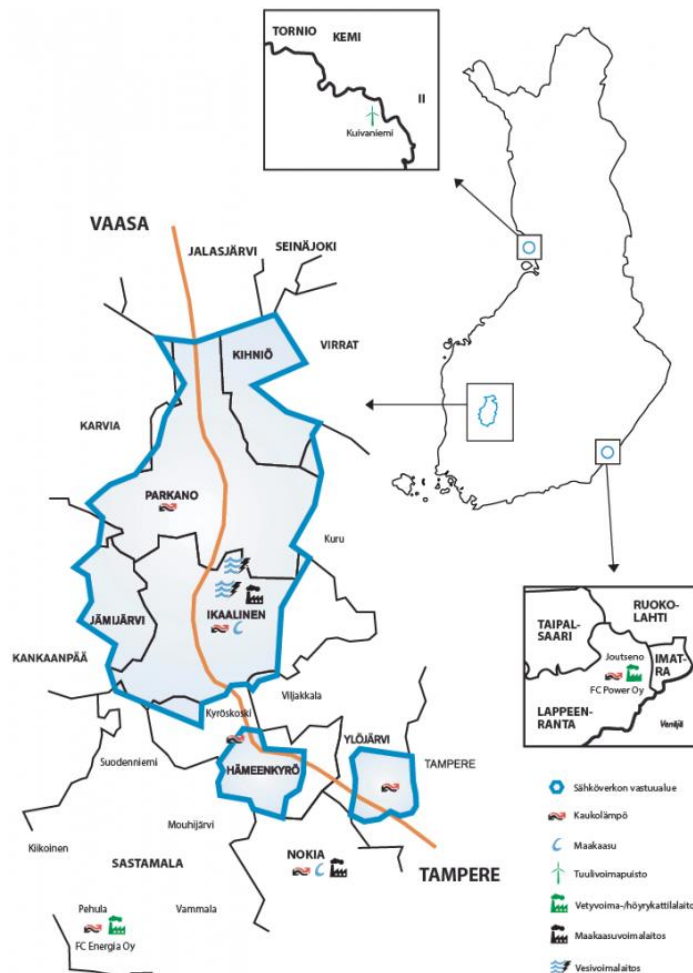
Tavoitteena opinnäytetyössä oli luoda sekä koota uusi, päivitetty ja ajan tasalla oleva kunnossapito-ohjelma yhteen dokumenttiin. Työn ensimmäinen vaihe oli laitteistoluetteloiden luominen, jonka avulla saatiin ajankohtainen tilanne sähköasemilla käytössä olevista laitteista. Laitetietojen pohjalta kerättiin valmistajien kunnossapitosuosituksia, joiden pohjalta muodostettiin omaa kokemusperäistä tietoa hyväksikäyttämällä uusi kunnossapito-ohjelma. Kunnossapito-ohjelmaa varten oltiin myös yhteydessä Vatajan kosken Sähkö Oy:hyn sekä ABB Oy:hyn, jonka laitteita on runsaasti Leppäkosken Sähköllä käytössä. Työstä on rajattu pois Ylöjärvelle syksyllä 2015 valmistunut sähköase ma, sillä se oli työtä aloitettaessa vasta rakenteilla. Lisäksi tässä työssä keskitytään laitteiden ennakoivaan kunnossapitoon, eikä työssä käsitellä laiterikkojen aiheuttamia kunnossapitotehtäviä.

Johdannon jälkeen työssä kerrotaan Leppäkosken Sähkön konsernista ja sen historiasta. Tämän jälkeen käsitellään teoreettisesta näkökulmasta sähköasemien merkitystä siirtoverkon osana ja sen tärkeimpiä laitteita. Luvussa neljä käsitellään yleisesti kunnossapitoa sekä jakeluverkkoyhtiötä koskevia kunnossapidon järjestämiseen vaikuttavia lakeja ja säädöksiä. Tämän jälkeen on koottu sähköaseman tärkeimmistä laitteista valmistajan suosittelemia kunnossapitotehtäviä ja kerrottu, miten Leppäkosken Sähkö huoltaa omia laitteitaan. Luvussa viisi on käsitelty kaukokäytettäviä erottimia ja niiden kunnossapitoa. Viimeisessä luvussa on pohdittu työn tuloksia ja kehitysehdotuksia Leppäkosken Sähkön kunnossapidolle.

2 LEPPÄKOSKEN SÄHKÖ -KONSERNI

2.1 Tietoa konsernista

Leppäkosken Sähkö Oy:n päätoimipaikka sijaitsee Ikaalisissa osoitteessa Eino Salmelaisen katu 23. Yrityksellä on lisäksi kolme aluetoimipaikkaa, jotka sijaitsevat Ylöjärvellä, Nokialla ja Parkanossa. Leppäkosken Sähkö –konserniin kuuluvat emoyhtiön Leppäkosken Sähkö Oy:n lisäksi sen sataprosenttisesti omistamat tytäryhtiöt Leppäkosken Energia Oy, Leppäkosken Lämpö Oy sekä DL Power Oy. Lisäksi Leppäkosken Sähkö Oy ja Kemira Chemicals Oy omistavat yhdessä FC Power Oy ja FC Energia Oy yhtiöt. Kuvassa 1 on esitetty konsernin toimialueet. (Leppäkosken Sähkö Oy)



KUVA 1. Leppäkosken Sähkö –konsernin toimialuekartta (Leppäkosken Sähkö Oy).

Emoyhtiö Leppäkosken Sähkö Oy toimii verkonhaltijana Ikaalisissa, Jämsällä, Kihniössä, Parkanossa, Hämeenkyrössä ja Ylöjärvellä. Leppäkosken Sähkö Oy vastaa säh-

kön siirto- ja liittymäpalveluista, sähköverkoston rakentamisesta ja ylläpidosta sekä konsernin yhteisistä toiminnoista kuten taloushallinnosta. (Leppäkosken Sähkö Oy)

Vuoden 2015 lopussa Leppäkosken Sähkö –konsernissa työskenteli yhteensä 74 henkilöä. Vuonna 2015 konsernin liikevaihto laski edellisen vuoden liikevaihtoon nähden. Liikevaihto vuonna 2015 oli noin 64,2 M€, josta liikevoitto oli 4,6 M€. Emoyhtiön Leppäkosken Sähkö Oy:n liikevaihto vuonna 2015 oli 33,1 M€, josta liikevoitto oli vähän alle 3,4 M€. (Leppäkosken Sähkö Oy)

2.2 Historia

Leppäkosken Sähkö Oy on perustettu vuonna 1919 perustajiensa ja asiakkaidensa energiatarpeisiin. Parkanolainen maanviljelijän poika Jooseppi Rytilä kiinnostui Ikaalisten pohjoisosissa sijaitsevan Leppäkosken hyödyntämisestä sähkön tuotantoon, ja täten Leppäkoskeen rakennettiin pato ja pieni voimalaitos. Sähköntuotanto laitoksella aloitettiin elokuussa 1921. (Leppäkosken Sähkö Oy)

Vuosikymmenien kuluessa Leppäkosken Sähkö Oy:n toimiala ja toimialue ovat laajentuneet runsaasti. Yhtiö on hankkinut lähiseudun sähkö- ja kaukolämpöyhtiöitä sekä monipuolistanut energiantuotantoaan laajan yhteistyöverkoston avulla. 2000-luvun alussa Leppäkosken Sähkö Oy ja Kemira Chemicals perustivat kaksi puhdasta vetyä käyttävää yhteistyöyrittystä. FC Energian omistama voimalaitos sijaitsee Äetsässä ja FC Power Oy:n Joutsenossa. (Leppäkosken Sähkö Oy)

3 SÄHKÖASEMA

3.1 Sähköasema siirto- ja jakeluverkon osana

Sähkönjakeluverkon tärkein yksittäinen rakenneosana on sähköasema (Lakervi & Partanen 2009, 119). Sähköasemalla tarkoitetaan sähköenergian siirto- tai jakeluverkon kohtaa, jossa voidaan suorittaa kytkentöjä, jännitteen muuntamista sekä sähköenergian siirron keskittämistä tai jakoa eri johdoille. Sähköasemasta käytetään myös nimitystä muuntoasema, kytkinasema tai kytkinlaitos riippuen sähköaseman rakenteesta sekä tehtävistä osana siirtoverkkoa. (Aura & Tonteri 1993, 330; Elovaara & Laiho 1999, 235; Elovaara & Haarla 2011, 76)

Keskijänniteverkkoa syöttävällä sähköasemalla muunnetaan usein 110 kV suurjännite 20 kV:n tasolle. Sähköasemalta lähtevien keskijänniterunkojohtojen pituudet, mitoitus- ja varasyöttöyhteydet määräytyvät sähköaseman koon ja sijainnin perusteella. Sähköasema koostuu tyypillisesti ulkokytkinlaitoksesta, yhdestä tai useammasta päämuuntajasta, keskijännitekytkinlaitoksesta sekä apujännitejärjestelmästä käytöntukitoimintoinen. (Lakervi & Partanen 2009, 119)

Sähköverkkoyhtiöillä, eli jakeluverkon haltijoilla, sähköasemien jännitetaso on yleensä 110/20 kV. Leppäkosken Sähköllä on jakeluverkon alueellaan yhdeksän 110/20 kV sähköasemaa. Kahdella näistä sähköasemista on jännitteen muuntamisen ja sähköenergian siirron lisäksi toinenkin tehtävä. Paunun sähköasemaan liittyy kaksi pienehköä vesivoimalaitosta ja Teiharjun sähköasemaan liittyy tuulivoimala. Muuntoasemien lisäksi jakeluverkon alueella on neljä kytkinasemaa, jotka saavat syöttönsä sähköasemalta. Kytkinasemilla ei suoriteta jännitetason muuntamista vaan asemien tarkoitus on pelkästään jakaa sähköenergiaa eri johtolähdöille.

3.2 Sähköaseman rakenne

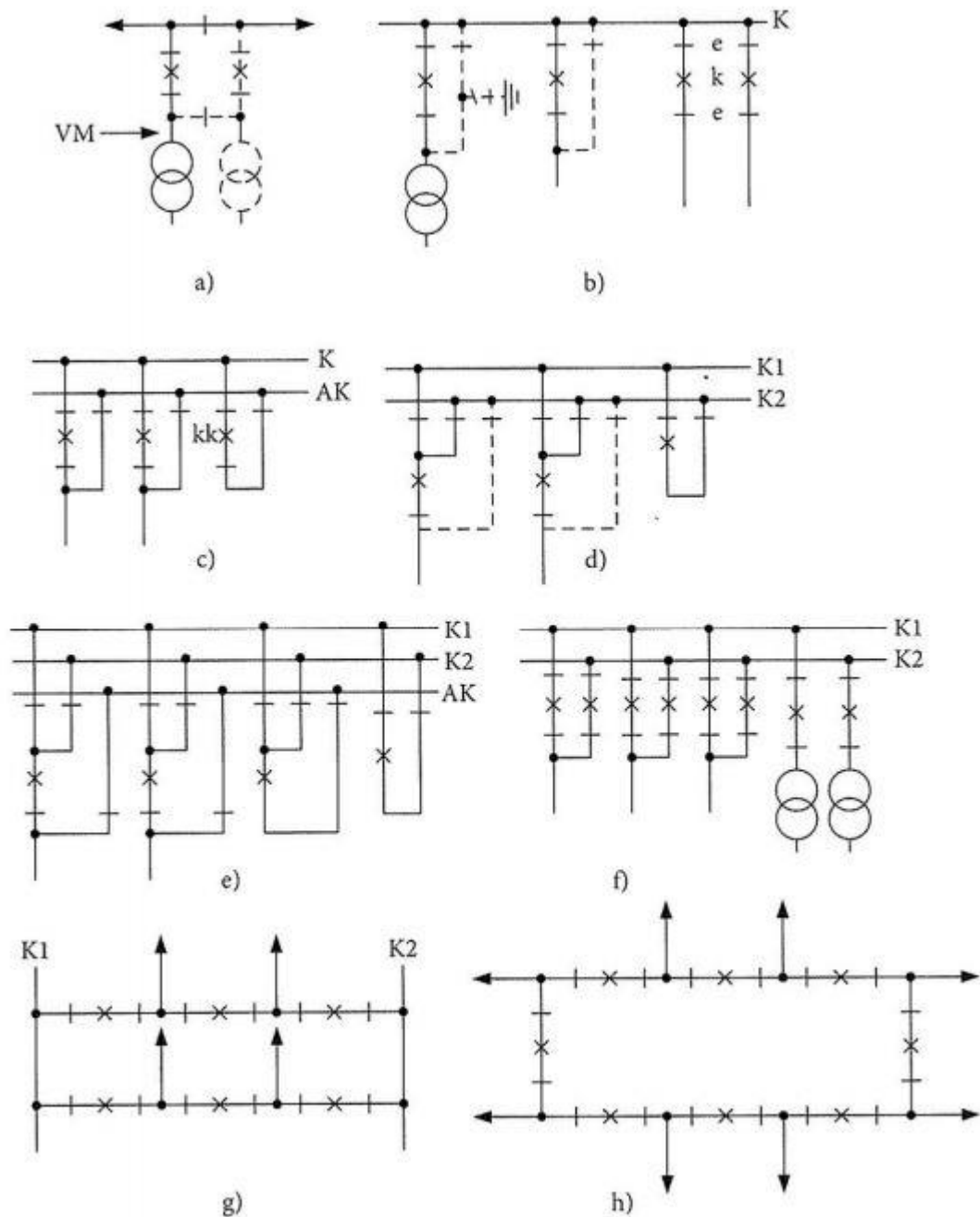
Sähkö- eli kytkinaseman rakenne riippuu olennaisesti sen käyttötarkoituksesta. Suunniteltuna tehtävänä saattaa olla pelkästään sähkönsiirto ja -jakelu, voimalaitoksen liittämisen sähköverkkoon tai toimia vain verkoston kytkentä- ja muuntoasemana. Rakentee-

seen vaikuttaa suuresti myös, kuinka tärkeässä verkoston solmukohdassa asema sijaitsee. (Elovaara & Laiho 1999, 300; Elovaara & Haarla 2011, 96)

Sähköasemat voidaan jakaa päätepiesteasemiin sekä johdonvarsiaseemiin. Nämä ovat perusratkaisuja yksittäiseen johtoon liittyvän aseman tapauksessa. Päätepiesteasemalla tarkoitetaan yksittäiseen suurjännitejohtoon liittyvää sähköasemaa, jossa nimensä mukaisesti suurjännitejohto päättyy sähköasemalle. Asemalta sähkönjakelu jatkuu keskijännitejohtolähtöjä pitkin. Toisin kuin päätepiesteasema, johdonvarsiasema on suurjännitejohton varrella. Tällöin sähköasemalta sähkönjakelu jatkuu suurjännitejohtoa sekä keskijännitejohtolähtöjä pitkin. (Elovaara & Laiho 1999, 302; Elovaara & Haarla 2011, 98)

Suurjännitekytkinlaitokseen saattaa liittyä säteittäisjohton sijaan useitakin johtoja, jolloin sähköasemalle saadaan vaihtoehtoisia syöttösuuntia. Kiskoston tyyppin perusteella on mahdollisuus suurjänniteverkon renkaiden jakorajan vaihtoon tai silmukoituun käyttöön. (Lakervi & Partanen 2009, 119) Kolmeen tai useampaan suurjännitejohtoon liittyvää asemaa kutsutaan solmupisteasemaksi. Nämä solmupisteasemat rakennetaan lähes poikkeuksetta kokoomakiskolaitokseksi. (Elovaara & Haarla 2011, 98)

Yksinkertaisimmillaan sähköasema voi liittyä suoraan suurjänniteputkeen. Sähköaseman käytettävyyteen, erilaisten tehonsiirtotilanteiden kytkentöihin, tulevaisuuden laajentamiseen sekä laitteiden huolto- ja korjaustöiden suorittamisen mahdollisuuteen voidaan vaikuttaa erilaisilla kiskojärjestelmillä. Kuvassa 2 on esitetty yleisimpiä kiskojärjestelmiä. Kokoojakiskoa nimitetään pääkiskoksi, kun siihen liitytään katkaisijalla. Jos kokoojakiskoon liitytään pelkästään erottimella, kokoojakiskosta käytetään nimitystä apukisko. (Elovaara & Haarla 2011, 102)



KUVA 2. Erilaisia kiskojärjestelmiä (Elovaara & Haarla 2011, 104)

Kuvassa 2 on esitetty kiskoton pienehkö asema (a), yksikiskojärjestelmä (b), kisko–apukiskojärjestelmä (c), kaksoiskiskojärjestelmä (d), kaksoiskisko–apukiskojärjestelmä (e), kaksikatkaisijajärjestelmä eli duplex (f), ½-katkaisijajärjestelmä (g) ja rengaskiskojärjestelmä (h). Kiskojärjestelmän valinta riippuu sille asetetuista vaatimuksista liittyen sen käytettävyyteen ja luotettavuuteen. Tehdyillä valinnoilla on myös vaikutusta muun muassa aseman rakentamis- ja kunnossapitokustannuksiin. (Elovaara & Haarla 2011, 104–108)

3.3 Kojeistot

Rakennekokonaisuudesta, joka sisältää tarvittavat kytkentä-, suojaus-, ohjaus- sekä valvontalaitteet, käytetään nimitystä kojeisto. Kojeistoja voidaan luokitella monella eri tavalla. Kojeistorakenteet voidaan jakaa jännitetason mukaan suur-, keski- ja pienjännitekojeistoihin. Usein pienjännitekojeistosta käytetään nimitystä jakokeskus. Suurjännitekojeistot voidaan jakaa ulko- ja sisäkojeistoihin. Toinen tapa on puhua avorakenteisista ja koteloituista kojeistoista. Joissain tapauksissa voi kojeistorakenteen luokitteluperusteena olla myös käytetty eriste. (Elovaara & Haarla 2011, 117)

Ulos rakennettua kojeistojärjestelmää, jossa suurjännitteisten kokoomakiskojen sähköisenä eristeenä on ilma, kutsutaan avorakenteiseksi ulkokojeistoksi. Tällaista käytetään tyypillisesti 123 kV:n ja sitä suuremmilla jännitteillä silloin, kun tarjolla on riittävästi ja edullisesti tonttitilaa. Maaseuduilla tällaiset kytkinlaitokset pyritään rakentamaan matalarakenteisina, kun taas kaupunkiseudulla on taloudellisempaa rakentaa myös korkeussuunnassa säästämällä tontin kustannuksissa. (Elovaara & Haarla 2011, 117–119)

Kaupunkiseudulla ja teollisuuskeskuksissa tilanpuutteen ja maisemahaittojen takia suurjännitteiset sisäkytkinlaitokset ovat yleistyneet. Kohtuuhintaisia ja ulkokytkinlaitokselle sopivia alueita ei enää löydy niin helposti kuin aiemmin. Ennen suurjännitteiset sisäkojeistot rakennettiin avorakenteisina, mutta jo tuolloin kaikki mahdolliset keinot käytettiin hyväksi rakennustilavuuden pienentämiseksi ja kustannuksissa säästämiseen. Sisäratkaisuilla saavutetaan kuitenkin erilaisia etuja verrattuna ulkorakenteisiin. Etuja ovat maisemahaittojen väheneminen, käyttötoimenpiteiden äänien minimointi lähiasutukselle, kojeiston suojaus sään vaihteluilta ja samalla työskentelyn mahdollistaminen säätilasta riippumatta. (Elovaara & Haarla 2011, 119)

Keskijänniteverkoissa yleinen ratkaisu on ollut avorakenteiset sisäkojeistot. Kojeiston eri kennot on erotettu toisistaan väliseinien avulla, jolloin on saavutettu turvallinen työskentely viereisessä kennossa sattuvien häiriöiden aiheuttamilta vahingoilta. Kuitenkin kehityksen ansioista avoimien kojeistorakenteiden tilalle on tullut tehdasvalmisteisia ilma- tai SF₆-eristeisiä koteloituja kojeistoja, jotka on varustettu kattolevyin sekä kennojen välisin ja jopa sisäisin seinin. Avorakenteisista kennokojeistoista on nykyään luovuttu kaikilla käyttöjännitetasoilla. (Elovaara & Haarla 2011, 119–120)

3.4 Sähköaseman laitteet

Sähköasemalla on monenlaisia laitteita. Tämän työn osalta ei ollut tarpeellista käsitellä kaikkia, vaan tässä luvussa on kerrottu kunnossapito-ohjelman päivityksen kannalta oleellisista laitteista. Kunnossapito-ohjelman kannalta tärkeimmät laitteet ovat päämuuntaja, katkaisijat, erottimet ja suoja-releet.

Sähköasemien laitteet kehittyvät koko ajan ja sähköasemilla onkin käytössä laitteita eri aikakausilta. Sähköjakelun luotettavuudelle määrätyt vaatimukset ovat johtaneet asemien saneerauksiin sekä laiteinvestointeihin. Tekniikan kehityksen myötä markkinoille on tullut uudenlaisia laitteita, jotka usein ovat pitkäikäisempiä ja toimintavarmempia kuin aiemmat laitteet.

3.4.1 Muuntaja

Tehomuuntaja on sähköaseman kallein yksittäinen sähkölaite. Vaihtosähköjärjestelmässä muuntaja muuntaa ja usein myös säättää jännitteitä ja virtoja kahden tai useamman käämityksen välillä sähkömagneettisella induktiolla. (Elovaara & Haarla 2011, 141) Muuntajan tärkeimmät tehtävät sähkölaitostekniikassa ovat jännitteen asettelu voimansiirron ja jakelun kannalta edulliseen arvoon eri sähköverkon osissa, eri jänniteportaiden galvaaninen erottaminen toisistaan sekä jakeluverkkojen oikosulkuvirran rajoittaminen. Yleisesti muuntajia valmistetaan laajalla tehoalueella pienistä muuntajista suuriin tehomuuntajiin asti. Teho- eli voimamuuntajat voidaan jakaa jakelu- ja suurtehomuuntajiin. Jakelumuuntajat voidaan jakaa rakenteeltaan paisuntasäiliöllisiin, hermeettisesti suljettuihin ja valuhartsieristeisiin jakelumuuntajiin. Näistä paisuntasäiliölliset ja hermeettiset muuntajat ovat öljyeristeisiä ja -jäähdytteisiä. Valuhartsieristystä käytetään kuivamuuntajissa. (Korpinen 1998) Kuvassa 3 on esitetty paisuntasäiliöllinen 110/20 kV:n tehomuuntaja.



KUVA 3. Öljyeristeinen, paisuntasäiliöllinen tehomuuntaja (Kortet & Pihkoluoma 2016).

Suurien muuntajien eristeenä käytetään edelleen paperia ja prespaania sekä muuntajaöljyä, joka toimii myös jäähdytysväliaineena. Muuntaja-astia on valmistettu tavallisesti lujasta ja sitkeästä teräslevystä ja rautasydän puolestaan ohuista kidesuunnatuista sydänlevyistä. Tehomuuntajien käämit valmistetaan yleensä kuparista, mutta jakelumuuntajien käämit voivat olla myös alumiinia. (Elovaara & Haarla 2011, 141–142)

Kuormitettuna syntyvät häviöt lämmittävät muuntajan rautasydäntä ja käämityksiä. Syntyvä lämpö poistetaan jäähdytysaineen avulla. Jäähdytysaineita on useita, mutta tavallisesti käytetään joko ilmaa tai öljyä. Öljymuuntajien yleisin jäähdytystapa on luonnollinen öljyjäähdytys, jossa käämeissä ja rautasydämessä syntyvä lämpö siirtyy öljyyn, josta lämpö johtuu muuntajan seinämiin. Seinämistä lämpö siirtyy ympäröivään ilmaan, mitä voidaan vielä tehostaa aaltolevyistä tehdyillä seinämillä, radiaattoreilla ja tuulettimilla. (Korpinen 1998)

Muuntajan suojaustapa määräytyy pitkälti muuntajakoon mukaan. Suuret ja kalliit muuntajat, kuten verkkomuuntajat, on suojattu monipuolisesti erilaisien vikatilanteiden varalta. Kaikki viat eivät välttämättä aiheuta riittävän suuria virranmuutoksia, joten

muuntajilla on sähköisien suojuareiden lisäksi myös muuntajassa itsessään olevia suoja- ja valvontalaitteita. (Elovaara & Haarla 2011, 378)

Sähköisistä suojuareista tärkein on muuntajan pääsuojana toimiva differentiaalirele eli erovirtarele, mikä mittaa muuntajaan tulevia ja siitä lähteviä virtoja. Virtojen eron ylittäessä asetteluarvot, rele lähettää laukaisukäskyn. Muuntajan varasuojana on ylivirtarele, minkä pääasiallinen tehtävä on toimia kisko- ja johto-oikosuluissa. Lisäksi tähtipisteestä maadoitetut muuntajat on aina varustettu kaksiporaisella nollavirtareleellä. Nollavirtareleen tehtävä on toimia ylivirtareleen tavoin varasuojana ja osallistua myös johto- ja kiskosuojaukseen. (Elovaara & Haarla 2011, 380)

Yksi tärkeimmistä muuntajassa itsessään olevista suojualaitteista on kaasurele, jota käytetään suojuamaan öljyeristeisiä, paisuntasäiliöllisiä muuntajia sisäisten vikojen yhteydessä. Kaasureleen toiminta perustuu muuntajassa tapahtuvaan kaasunkehitykseen tai vakavan sisäisen vian paineen nousun aiheuttamaan öljyn syöksyyn muuntajan säiliöstä paisuntasäiliöön. Kaasua voi muodostua esimerkiksi käämissä esiintyvän paikallisen ylikuumenemisen, purkaus- tai valokaari-ilmiöiden tai sisäisten oikosulkujen takia. (Hietalahti 2011, 31) Käämikytkimen suojualaitteena käytetään virtausrelettä, joka laukaisee muuntajan verkosta, jos käämikytkimen suorittama kytkentä epäonnistuu aiheuttaen valokaaren. Käämikytkin voi olla myös varustettu ylipaineventtiilillä, joka estää käämikytkimen räjähdysten sen epäonnistuessa toiminnassaan. Ylipaineventtiilejä voi olla myös muuntaja-astian kannella. Lisäksi muuntajaan voidaan asentaa käämin lämpötilan kuvaaja sekä öljyn lämpörelle, joka mittaa kapilaariputken avulla öljyn lämpötilaa. (Elovaara & Haarla 2011, 379)

Jännitteensäätö toteutetaan käämikytkimellä ja väliottokytkimellä. Käämikytkimellä muuntajan muuntosuhdetta voidaan vaihtaa muuntajan ollessa kuormitettuna, jolloin tavallinen säätöalue on ± 15 prosenttia. Pienissä muuntajissa tavanomainen jännitteensäätöväline on väliottokytkin, jonka käyttö edellyttää virrattomuutta ohjaushetkellä. (Elovaara & Haarla 2011, 146–147) Tärkeinä öljyeristeisten, paisuntasäiliöllisten muuntajien varusteina voidaan vielä mainita paisuntasäiliö sekä ilmankuivain. Öljyn lämpötila ja tilavuus vaihtelevat kuormituksen sekä ympäristön lämpötilan vaihdella (ABB Strömberg Voimansiirto Oy 2007). Paisuntasäiliö huolehtii, että muuntaja-astiassa on aina tarpeeksi öljyä tilavuuden muutoksista huolimatta. Paisuntasäiliössä olevaa öljyn määrää voidaan valvoa tavallisesti paisuntasäiliön päätyyn sijoitetulla öljynkorkeuden

osoittimella, joka on suurissa muuntajissa varustettu ylä- ja alarajan hälytyskoskettimilla (Hietalahti 2011, 31). Ilmankuivaimen tehtävä on estää kosteuden pääseminen muuntajaan sisäänhengityksessä. Öljyn tilavuuden kasvaessa ilmankuivain puolestaan päästää muuntajan uloshengitysilman pois. (ABB Strömberg Voimansiirto Oy 2007)

3.4.2 Katkaisijat

Katkaisija on kytkinlaite, jota käytetään virtapiirin avaamiseen ja sulkemiseen. Katkaisijoita voidaan ohjata käsin tai automaattisesti. Automaattisessa ohjauksessa avautumiskäskyn antaa mittamuuntajien avulla kytketty rele. Katkaisijan tyypillinen ominaisuus on, että se pystyy vikatilanteessa vaurioitumatta sekä avaamaan että sulkemaan virtapiirin, jossa virta voi olla moninkertainen verrattuna katkaisijan mitoitusvirtaan. (Elovaara & Haarla 2011, 162–163)

Virtapiirin katkaisutilanteessa virta ei katkea välittömästi katkaisijan koskettimien avautuessa vaan virtapiiri pysyy suljettuna valokaaren takia. Valokaaren katkaisussa käytetään hyväksi virran luonnollisia nollakohtia. Katkaisun helpottamiseksi valokaarta pidennetään, se jaetaan useaan eri osaan sekä sitä jäähdytetään. Lisäksi valokaarta ympäröivä väliaine on valittu niin, että se edesauttaa valokaaren sammumista. Yhteisvaikutuksen ansiosta valokaari muuttuu virran nollakohdassa erittäin nopeasti johteesta eristeeksi. Katkaisijat voidaan ryhmitellä valokaaren sammutusväliaineen perusteella seuraaviin ryhmiin:

- ilmakatkaisijat
- öljykatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat
- SF₆-katkaisijat tai yleisemmin kaasukatkaisijat
- tyhjökatkaisijat. (Elovaara & Haarla 2011, 163–169)

Kaikkia edellä lueteltuja katkaisijatyyppejä on vielä käytössä. Kuitenkin 1970- ja 1980-luvuilla katkaisijatekniikka kehittyi voimakkaasti, minkä ansiosta SF₆- ja tyhjökatkaisijat ovat syrjäyttäneet lähes täysin muut katkaisijatyypit. Katkaisijalajit voidaan erotella toisistaan myös toisella tavalla, jolloin jako tapahtuu katkaisukammion potentiaaliperusteella. Tällöin katkaisukammiot ovat joko suurjännitteen määräämässä potentiaalissa

(live-tank circuit-breakers) tai maan potentiaalissa (dead-tank circuit-breakers). Suomessa on lähes poikkeuksetta käytössä vain live-tank –katkaisijoita. (Elovaara & Haarla 2011, 168–170)

Ilmakatkaisija on vanhin käytössä oleva katkaisijatyyppe, jossa katkaisijan katkaisukärjet ovat normaalipaineisessa ilmassa. Katkaisukärjet ovat tavallisesti suojattu tulenkkestävällä ja eristävällä valokaarisuojuksella, joka koostuu yleensä lukuisista valokaaren sammumista tehostavista välilevyistä. Suljettuna virta kulkee katkaisijassa pääkoskettimien kautta. Katkaisijan avautuessa pääkoskettimet avautuvat ennen valokaarikoskettimia, jolloin katkaisuvalokaari syttyy valokaarikoskettimien välille eivätkä pääkoskettimet vaurioidu. Syntynyt valokaari sammutetaan vetämällä se nopeasti valokaarisuojuksen muodostamaan moniosaiseen sammutuskammioon. (Elovaara & Haarla 2011, 172)

Ölly- ja vähäöllykatkaisijoissa valokaaren sammutusaineena käytetään mineraaliöljyä. Vähäöllykatkaisijat korvasivat öljykatkaisijat, koska öljykatkaisijoiden räjähdyksissä suuri öljymäärä saattoi aiheuttaa suuria tuhoja kytkinasemilla. Vähäöllykatkaisijassa valokaaren sammutus perustuu öljyn höyrystyessä syntyvään paineeseen ja paineen vaikutuksesta syntyvään kaasun ja öljyn virtaukseen. Valokaaren sammumista voidaan tehostaa erilaisilla öljyn pumppauslaitteilla, joilla öljyn virtaus saadaan suunnattua valokaaren suuntaan tai poikittain sitä vastaan. Tyypillisesti katkaisijassa oleva kosketinpuikon sulkemis- ja avausliike saadaan aikaan jousien avulla, jotka viritetään moottorin avulla. Vähäöllykatkaisijoita on vielä käytössä varsinkin keskijänniteverkoissa, mutta ne ovat vähenemässä kokoajan tyhjö- ja SF₆-katkaisijoiden tieltä. Tätä kehitystä kuvaa myös se, että katkaisijavalmistajilla ei ole enää valikoimissaan vähäöllykatkaisijoita. (Elovaara & Haarla 2011, 174–176)

Paineilmakatkaisijoissa sammutusväliaineena käytetään nimensä mukaisesti paineilmaa. Valokaaren sammuttamisen lisäksi paineilmaa käytetään myös katkaisijan ohjaamiseen. Paineilmakatkaisijat sopivat ominaisuuksiensa puolesta vaativaankin käyttöön. Etenkin suurilla nimellis- ja oikosulkuvirroilla tai jos oikosulkuvirtojen katkaisuja tapahtuu usein, paineilmakatkaisijat ovat hyvä vaihtoehto. Paineilmakatkaisijan kiinni-auki -toimiessa syntyvä melu, paineilmaverkoston tarve sekä sen tarvitsema tehokas ilman-kuivausjärjestelmä voidaan mainita tämän katkaisijatyypin huonoina puolina. (Elovaara & Haarla 2011, 177)

SF₆-katkaisijat ovat taloudellisin vaihtoehto etenkin jännitealueella 123 kV – 765 kV. SF₆-katkaisijoiden etuina voidaan mainita sammutusväliaineen palamattomuus, suuri valokaaren jäähdytyskyky sekä suurempi palaavan jännitteen kestokyky. Keskijännitteellä tärkeimmät ominaisuudet ovat palamattomuus, vähäinen huollon tarve sekä pienet katkaisuylijännitteet. SF₆-katkaisijoiden ongelmia ovat kaasun nesteytyminen alhaisissa lämpötiloissa sekä valokaaren aiheuttamat myrkylliset kaasut, jotka yhdessä kosteuden kanssa aiheuttavat korroosiota. Korroosiota aiheuttavien yhdisteiden muodostuminen voidaan estää laittamalla katkaisukammion pohjalle sopivaa absorptioainetta. Kaasun nesteytyksen välttämiseksi puhtaan SF₆-kaasun tilalle voidaan laittaa seoskaasua, jolloin katkaisuteho ei paljonkaan poikkea puhtaan SF₆-katkaisijan katkaisutehosta. Kompensoimislaitteiden ja rinnakkaiskondensaattoriparistojen katkaisijoiksi SF₆-katkaisijat sopivat hyvin tuhansien toimintakertojen, jälleensyöttymättömyyden ja sysäysvirtakestoisuuden ansiosta. (Elovaara & Haarla 2011, 177–181)

Tyhjökatkaisijat ovat rakenteeltaan muita katkaisijatyyppejä yksinkertaisempia. Periaatteessa tarvitaan ainoastaan erittäin tiivis tyhjösäiliö, jonka sisälle sijoitetaan kiinteä sekä liikkuva kosketin. Tyhjän hyvän jännitelujuuden vuoksi koskettimien 5-15 mm:n avautuminen riittää tarvittavan jännitelujuuden saavuttamiseen. Pienen huoltotarpeen ansiosta tyhjökatkaisijat ovat taloudellisesti kilpailukykyisiä ja niitä on nykyään käytössä runsaasti keskijänniteverkoissa. Yli 100 kV:n jännitealueelle tyhjökatkaisijat ovat vasta kehitteillä. (Elovaara & Haarla 2011, 182–183)

3.4.3 Erottimet

Erotin on kytkinlaite, jonka tehtävänä on muodostaa turvallinen ja luotettava avausväli erotettavan virtapiirin ja muun sähköaseman välille sekä saada erotettava laitoksen osa jännitteettömäksi turvallista työskentelyä varten. Erottimelta ei vaadita kuormitetun virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen tarvittavaa virran katkaisu- tai sulkemiskykyä, vaan sen tehtävä on yksinkertaisesti luoda näkyvä ja jännitelujuudeltaan riittävä erotus virtapiirin katkaisun jälkeen. Jotta jännitteettömyys voidaan todeta, erottimen avausvälin on oltava näkyvä tai erotin on varustettava luotettavalla mekaanisella asennonosoituksella. (Elovaara & Haarla 2011, 190–191)

Erottimen käyttötapoja on monenlaisia. Turvallisuusvaatimukset määräävät, että erotin on sijoitettava syöttävän kiskon ja katkaisijan väliin, jos sähköenergialla on vain yksi ainoa virtaussuunta. Jos sähköenergian syöttö on mahdollista molemmista suunnista, erottimet on asennettava katkaisijan molemmille puolille. Erottimia käytetään sarjassa sellaisten laitteiden kanssa, mitkä täytyy saada jännitteettömäksi esimerkiksi huoltotöiden ajaksi. Näiden käyttötapojen lisäksi erottimia käytetään usein ohituserottimina mahdollistamaan keskeytymätön käyttö sekä maadoituserottimina estämään vikavirtojen ja indusoituneiden jännitteiden vaaravaikutuksia verkostotöiden ajaksi. Maadoitus-erottimen sulkeminen ei kuitenkaan poista työmaadoituksen tarvetta verkossa työskennellessä. (Elovaara & Haarla 2011, 190–191)

Rakenteeltaan erottimet ovat joko yksi- tai kolmenapaisia. Tavallisesti keskijänniteverkkojen erottimet on valmistettu suoraan kolminapaisiksi samalle rungolle, mutta suurjännitteillä erottimet kootaan yleensä yksinapaisista yksiköistä. Yleisin erotinmalli ulkokytkinasemilla on vaakatasossa liikkuva kaksipilarinen kiertoerotin (kuva 4), mutta asennuspinta-alaa saadaan pienennettyä käyttämällä kolmipilarista kiertoerotinta tai pystysuunnassa liikkuvaa tartuntaerotinta. Sisäkytkinasemilla käytetään yleensä veitsierottimia, jotka valmistetaan 3-napaisina samalle rungolle 36 kV:n jännitteeseen saakka. (Elovaara & Haarla 2011, 192–193)



KUVA 4. Kaksipilarinen kiertoerotin (Kortet & Pihkoluoma 2016).

3.4.4 Suojareleet

Suojarele on suojausjärjestelmään kuuluva mittaava laite, jota käytetään sähköasemilla suojaamaan sähkönjakeluverkkoa ja lisäämään sen käyttöturvallisuutta. Yksi suojareleen tehtävistä on havaita viat ja epänormaalit olosuhteet järjestelmässä, jotta viat voidaan selvittää ja epänormaalit olosuhteet palautettua takaisin normaaleiksi. (Elovaara & Haarla 2011, 335) Lisäksi suojareleet suojaavat henkilövahingoilta sekä estävät laitteita ja järjestelmiä vaurioitumasta vikatilanteissa. Suojareleitä on markkinoilla monenlaisiin tarkoituksiin. Releet voidaan jakaa mittaussuureen perusteella seitsemään ryhmään, jotka ovat ylivirtareleet, ali- ja ylijännitereleet, taajuusreleet, suunta- ja tehoreleet, epäsymmetriareleet, verto- eli differentiaalireleet sekä distanssireleet. (Korpinen 1998)

Suojareiden toiminta perustuu niiden tarkkailemien suureiden muutoksiin. Jos mitattava suure sivuuttaa releeseen asetellun toiminta-arvon, rele havahtuu. Jos rele pysyy havahtuneena tarpeeksi kauan, se antaa katkaisijalle laukaisukäskyn, lähettää hälytyksen tai suorittaa molemmat toiminnot. Jos suojarele havahtuu, mutta mittaussuure poistuu toiminta-alueelta havahtumisaikana tai releen toimittua, rele palautuu. Releen toiminta-ajalla tarkoitetaan aikaväliä, mikä kestää vian alkamisesta laukaisuun tai hälytykseen. Haluttaessa tätä voidaan pidentää asettelemalla hidastus. Palautumisajalla tarkoitetaan aikaa, mikä releeltä kuluu palautumiseen saakka, kun mittaussuure on alittanut asetteluarvon. Vian erotusajalla kuvataan vian alkamisen ja vikapaikan verkosta erottamisen välistä aikaa. (Elovaara & Haarla 2011, 344)

Vanhimmat käytössä olevat suojareleet ovat rakenteeltaan sähkömekaanisia releitä, jotka sisältävät nimensä mukaisesti mekaanisesti liikkuvia osia. Näitä suojareleitä ei enää valmisteta, mutta ne ovat hyvän kestäväyytensä vuoksi pitkäikäisiä sekä käyttövarmoja. Sähkömekaanisten releiden toiminta on yksinkertaista. Esimerkiksi releen toiminta voi perustua virran muutoksen aiheuttamaan magneettikentän muutokseen, joka aiheuttaa suojareleen mekaanisten osien liikkumisen. Sähkömekaanisten releiden huonona puolena nykyaikaisempiin suojareleisiin verrattuna voidaan pitää niiden suurta kokoa, hitautta sekä epätarkkuutta. Lisäksi releen liikkuvat osat vaativat säännöllisesti huoltoa ja rele pitää säännöllisin väliajoin koestaa jäykistymisen estämiseksi sekä luotettavan toiminnan ylläpitämiseksi. (Elovaara & Haarla, 344–345)

1960-luvulla ilmestyivät staattiset eli elektroniset releet, joissa mekaanisesti liikkuvat osat olivat korvattu puolijohdekomponentteja ja mikropiirejä hyödyntäen. Sähkömekaanisiin releisiin verrattuna staattiset releet ovat nopeampia ja tarkempia sekä niillä on mahdollista toteuttaa vaativampia suojaustoimintoja. Haittapuolena staattisille releille kuitenkin on jatkuva aputehon tarve sekä herkkyys ylijännitteelle. Myös releen elektronisten osien vanheneminen vaatii ajoittain korjausta tai osien vaihtamista. (Elovaara & Haarla, 344–345)

Kehityksen myötä 1980-luvun lopulla tulivat markkinoille mikroprosessorireleet eli digitaaliset releet, joissa hyödynnetään digitaalista signaalinkäsittelyä. Varsinaisten suojaustoimintojen lisäksi mikroprosessorireleet mahdollistavat kaksisuuntaisen tiedonsiirron suojareleen ja ylemmän tason automaatiojärjestelmän välillä. Tämä mahdollistaa

esimerkiksi releen mittaamien signaalien siirtämisen automaatiojärjestelmään sekä toiseen suuntaan releen asetteluarvojen muutokset ja katkaisijan kiinni- tai aukiohjauskäskyt. Uusimman sukupolven mikroprosessorireleiden toiminnot voidaan integroida yhdeksi kokonaisuudeksi käyttäjän tarpeiden mukaan. (Korpinen 1998)

3.5 Relesuojaus

Verkon suojauksesta erilaisissa vikatilanteissa huolehtii suojausjärjestelmä, joka koostuu mittamuuntajista, suojareleistä ja katkaisijoista. Oiko- tai maasulun tapahtuessa vikaantunut verkon osa on erotettava muusta verkosta, jotta se ei aiheuta vaaraa tai vahinkoa ihmisten terveydelle tai riko verkon laitteita. Etenkin juuri oiko- ja maasuluissa vikavirrat ovat niin suuria, että vikaantunut verkon osa on erotettava nopeasti muusta verkosta. Kun suojaus on erottanut vikaantuneen verkon osan, voi tehonsiirto jatkua verkon muissa osissa. Jännitteen laatuvaatimukset sekä taloudelliset seikat edellyttävät myös verkon suojaamista suojareleillä. (Elovaara & Haarla 2011, 335–336)

Hyvin toteutettu suojausjärjestelmä on normaalin käyttötilanteen lisäksi myös poikkeuksellisissa käyttötilanteissa selektiivisesti, nopeasti ja luotettavasti toimiva. Selektiivisyydellä tarkoitetaan, että suojaus erottaa vain vikaantuneen osan muusta verkosta. Kaikki verkon osat on oltava suojattu jollakin suojareleellä. Vian poistamisessa releen toimintanopeus on erityisen tärkeää, sillä vikavirran aiheuttamat vahingot ihmisille ja laitteille riippuvat vika-ajasta. Vika-ajan pidentymisellä myös verkon stabiilius voi vaarantua. Selektiivisyyteen voidaan vaikuttaa releiden toimintanopeudella siten, että lähellä olevat viat laukaistaan nopeammin kuin kaukana olevat viat. Suojauksen luotettavuudella tarkoitetaan kahta eri asiaa. Käyttövarmuudella tarkoitetaan, että suojaus toimii, kun suojausalueella on vika. Toimintavarmuudella tarkoitetaan puolestaan, että se ei lähetä laukaisukäskyä, jos suojausalueella ei ole vikaa. Molemmilla luotettavuusnäkökulmilla on verkon toimintavarmuuden kannalta merkitystä. Jos vikatilanteissa pääsuojarele ei toimi, eikä myöskään vararele, niin pahimmillaan tilanne voi johtaa suurhäiriöön. Jo pelkkä varareleeseen turvautuminen voi aiheuttaa, että isompi alue verkosta laukaistaan pois. Tästä seuraa, että verkko on heikompi kuin jos laukaisun olisi tehnyt pääsuojarele ja pitkä vika-aika voi vaarantaa verkon stabiiliuden. Stabiilius voi vaarantua myös, jos verkossa on samaan aikaan aiheetonta toimintaa ja vika, jolloin kaksi tai useampi komponentti laukeaa. (Elovaara & Haarla 2011, 343)

3.6 Sähköaseman maadoitus

Yleisesti maadoituksen tarkoituksena on jonkin laitteen tai virtapiirin jonkin kohdan yhdistäminen maahan mahdollisimman tehokkaasti maassa olevan metallisen maadoituselektrodin välityksellä. Yleensä tehokkuuden mittana käytetään maadoituselektrodin maadoitusresistanssia, joka on elektrodin potentiaalin ja elektrodin kautta maahan kulkevan virran osamäärä. (Elovaara & Haarla 2011, 427)

Maadoitukset voidaan jakaa käyttö- ja suojamaadoituksiin. Käyttömaadoittamisessa virtapiirin osa yhdistetään suoraan tai pienen impedanssin välityksellä maahan. Käyttömaadoituksen tehtävä on pitää virtajohtimien jännite maan suhteen sellaisena, ettei se aiheuta vaaratilanteita tai vaurioita. Toinen käyttömaadoituksen tehtävä on jänniteepäsymmetrian ja maavirran pitäminen riittävän pieninä. Näin heikkovirtalaitoksille aiheutuvat häiriöt jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Suojamaadoittamisessa virtapiiriin kuulumaton jännitteelle altis osa yhdistetään maadoitukseen. Suojamaadoituksella pyritään estämään vian aiheuttaman vaarallisen kosketusjännitteen syntyminen jännitteelliseksi muuttuvaan osaan. Käyttö- ja suojamaadoitusten lisäksi erityisen tärkeä turvallisuustoimenpide sähköverkoissa tai sähköasemilla työskenneltäessä on työmaadoittaminen. Työmaadoittamisessa normaalisti jännitteiset virtapiirin johtimet oikosuljetaan keskenään ja maadoitetaan sähkötyön ajaksi. (Elovaara & Haarla 2011, 427)

Sähköaseman maadoituksen tehtävänä on huolehtia, etteivät vikatapauksissa kosketus- ja askeljännitteet nouse aseman alueella liian suuriksi. Asemilla käytetään tavallisesti verkkomaista maadoituselektrodia, josta käytetään nimitystä maadoitusruudukko. Tähän maadoitusruudukkoon yhdistetään muun muassa sähköasemien laitteiden maadoitusjohtimet sekä asemalta lähtevien johtojen ukkosjohtimet. Jos sähköaseman maaperä on kovapohjainen ja johtavuudeltaan huono, voidaan maadoitusruudukon lisäksi käyttää apuna asemalta lähteviä vaakamaadoituselektrodeja, jotka vedetään aseman ympäristön hyvin johtaville alueille. Tavallisesti vaakamaadoituselektrodit vedetään johtoaueiden reunoja myöten ja yhdistetään pylväsmadoituksiin. Asemalta ulos lähteviä maadoituselektrodeja käytettäessä on kuitenkin huomioitava potentiaalin leviäminen ympäristöön ja siitä aiheutuvat ongelmat. (Elovaara & Haarla 2011, 446)

Standardissa SFS 6001 esitetyt suurjännitesähköasennuksia koskevat vaatimukset ovat suoraan sovellettavissa sähköasemille. Standardin SFS 6001 mukaan kaikki sähköjärjes-

telmän jännitteelle alttiit osat on maadoitettava sekä on suositeltavaa maadoittaa muitakin johtavat osat valokaaren tai kapasitiivisen tai induktiivisen kytkennän takia, mikäli se on tarkoituksenmukaista. Rakenteellisesti ja toiminnallisesti maadoitukset täytyy toteuttaa siten, että niillä on tarvittava mekaaninen lujuus ja korroosionkestävyys sekä niiden on kestettävä termisesti suurimman lasketun vikavirran vaikutukset. Niiden tulee myös estää laitteille ja muulle omaisuudelle tapahtuvat vahingot sekä varmistaa henkilöturvallisuus myös maasulun aikana, kun maadoituksissa tapahtuu jännitteennousuja. Lisäksi maadoitusjärjestelmä on suunniteltava niin, että askel- ja kosketusjännitteet sekä siirtyvät potentiaalit pysyvät sallituissa jänniterajoissa suojareleiden ja katkaisijoiden normaalien toiminta-aikojen aikana. (Elovaara & Haarla 2011, 430; SFS 6001, 91–101)

4 KUNNOSSAPITO-OHJELMA

4.1 Kunnossapito yleisesti

Kunnossapidolla tarkoitetaan erilaisten asioiden pitämistä toimintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti, esiintyvät viat korjataan sekä ympäristö ja turvallisuusriskit hallitaan. SFS-EN 13306 standardin mukaan kunnossapito koostuu kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. (Järviö 2006, 14)

Yleensä laitteen toimituksen yhteydessä ostajalle toimitetaan myös laitteen huolto-ohjelma. Näin ostaja voi heti aloittaa laitteen kunnossapitotyöt ohjelman mukaisesti. Kuitenkin monilla laitetoimittajilla huolto-ohjelma takuuajana voi olla ylimitoitettu johtuen laitteen takuuajasta, koska toimittajalla on laiterikkoihin usein vastuu. Tästä voi ostajalle aiheutua turhia kunnossapitotehtäviä ja täten kustannuksia. Lisäksi laitevalmistajille varaosa- ja tarvikekauppa on hyvää liiketoimintaa, joten huolto-ohjelmiin sisällytetään mieluusti hieman enemmän osien vaihtoja kuin liian vähän. Huolto-ohjelmaa suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon myös laitteen käyttöympäristö, koska huolto-ohjelmat on usein laadittu keskimääräisten käyttötapojen ja -olosuhteiden mukaan. (Laine 2010, 130)

Laitetoimittajien joukossa saattaa olla toimijoita, jotka panostavat hyvin vähän huolto-ohjelmien laatimiseen lähinnä velvollisuuden takia. Näiden toimittajien määrä on kuitenkin vähenemään päin. Toisaalta monet laitetoimittajat panostavat entistä enemmän kunnossapitopalveluiden kehittämiseen ja myymiseen. Silloin hyvät huolto-ohjelmat auttavat omaa palveluysikköä laadukkaampaan toimintaan, asiakastyytyväisyyteen ja edistävät uusien laitteiden myyntiä. (Laine 2010, 130)

Kunnossapito on yksi suurimmista yrityksen kustannuksista ja myös yrityksen suurin kontrolloimaton kustannuserä. Panostusten avulla hyvissä yrityksissä onkin päästy siihen, että kunnossapito on saatu hallintaan ja kustannukset kontrolliin. (Järviö 2006, 20) Korkeaan tuottavuuteen pyrittäessä yrityksen onkin itse viime kädessä kehitettävä kunnossapito-ohjelmiaan vastaamaan omia käyttöolosuhteitaan. Kaikki saman laitteen osta-

vat yritykset saavat samat kunnossapito-ohjelmat, joten saavuttaakseen tuottavuudella kilpailuetua, tulee yrityksen kehittää itse omat kunnossapito-ohjelmansa. Hyvin tehtynä on mahdollista saavuttaa muutaman prosentin hintakilpailuetua. (Laine 2010, 130)

4.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitotoiminta voidaan jakaa viiteen päälajiin, jotka ovat

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen (Järviö 2006, 41–44).

Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä. Huollolla tarkoitetaan käyttöominaisuuksien ylläpitämistä tai heikentyneen toimintakyvyn palautusta ennen vian syntymistä tai estetään vaurio. Huollon keinoin koneiden toimintaympäristö ja edellytykset pidetään mahdollisimman hyvänä. Pääsääntöisesti huolto on jaksotettua. Jaksot voidaan muodostaa esimerkiksi käyttöajan, määrän tai käytön perusteella. (Järviö 2006, 41–44)

Ehkäisevä kunnossapito koostuu joukosta tekniikoita, joilla pyritään vikaantumisen estämiseen ja hallintaan. Estäminen perustuu komponenttien vaihtamiseen määrättyin väliajoin. Vikaantumisen hallinnassa taas etsitään vikoja, jotka eivät ole vielä aiheuttaneet käyttökeskeytystä. Päämääränä ehkäisevässä kunnossapidossa on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai kyseisen koneen tai sen osan heikkenemistä. Toimenpiteet voidaan suorittaa jaksotetusti, jatkuvasti tai tarvittaessa. (Järviö 2006, 41–44)

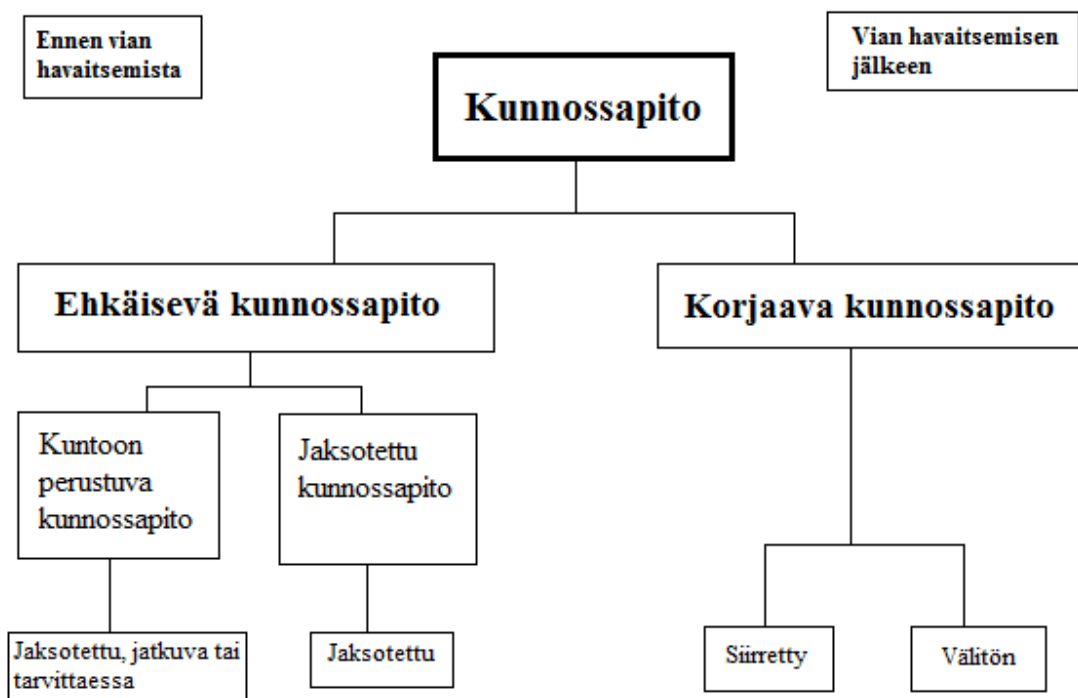
Korjaavassa kunnossapidossa vikaantuvaksi todettu osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon eli korjataan. Korjaava kunnossapito voi olla tilanteesta riippuen joko suunnittelematon häiriökorjaus tai suunniteltu kunnostus. (Järviö 2006, 43–44)

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään sen perusteella, mihin ominaisuuteen parannustoimenpiteet liittyvät. Ensimmäisessä pääryhmässä kohteen rakennetta muutetaan käyttämällä alkuperäisiä uudempia osia tai komponentteja, mutta koh-

teen suorituskykyä ei varsinaisesti paranneta. Toisessa pääryhmässä kohteen luotettavuutta parannetaan erilaisien uudelleensuunnittelujen ja korjauksien avulla. Kolmanteen pääryhmään kuuluvat modernisaatiot, joissa kohteen suorituskykyä parannetaan. Esimerkiksi modernisaatiolla voidaan uudistaa tuotantoprosessia, kun vielä käyttöikä omaava kone on järkevämpi uudistaa kuin romuttaa. (Järviö 2006, 42–45)

Vikojen ja vikaantumisen selvittämällä pyritään saamaan selville vikaantumisen perussy s y sekä vikaantumisprosessi. Selvitystyön perusteella pyritään suorittamaan toimenpiteitä, joilla estetään vastaavan vahingon uusiutuminen. Analyysien tekeminen vaatii usein erikoisosaamista, joten aivan jokaista rikkoontumista ei kannata analysoida. Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei yleensä katsota kunnossapitoon kuuluvaksi, joten sitä ei esitetä kunnossapidon standardeissa. Kuitenkin asiantuntijoiden mielestä vikaistorioiden ja riskianalyysien käytöstä on tulossa tärkeä kunnossapitoa ohjaava voima. (Järviö 2006, 42–45)

SFS-EN 13306 standardissa kunnossapitoa ei lajitella näin yksityiskohtaisesti vaan kunnossapito jaetaan ehkäisevään kunnossapitoon ja korjaavaan kunnossapitoon (kuva 5).



KUVA 5. Kunnossapitolajit (Järviö 2006, 43).

Jatkossa opinnäytetyössä puhutaan vain yleisesti kunnossapidosta eikä oteta kantaa erilaisiin kunnossapidon jaottelumuotoihin. Lähtökohtaisesti kunnossapito-ohjelmien toimenpiteet ovat ehkäisevää kunnossapitoa tai huoltoa. Pääsääntöisesti Leppäkosken Sähköllä ehkäisevää kunnossapitoa tehdään kuntoon perustuen jaksotetusti tai tarvittaessa. Edempänä esitettyjen laitteiden huolto-ohjelmat on koottu yhteen Excel-tiedostoon, jonka eri välilehdet ovat esitetty liitteessä 1.

4.3 Velvoittavat lait ja määräykset

Lainsäädäntö edellyttää haltijalta sähkölaitteiston sähköturvallisuuden ylläpitämistä ja valvomista. Sähköturvallisuuslaissa määrätään, että sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä siten, että

- niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa
- niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä
- niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti (Sähköturvallisuuslaki 1996).

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/1996 käsittelee sähkölaitteiston tarkastuksia, huoltoa ja kunnossapitoa. Päätöksen pykälässä 10 mainitaan, että sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava laitteiston kunnon ja turvallisuuden tarkkailusta ja havaittujen puutteiden ja vikojen riittävän nopeasta poistamisesta. Kunnossapito-ohjelman laadinta perustuu päätöksen pykälään 11, minkä mukaan luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. (KTMp 517/1996)

4.4 Määräaikaistarkastus

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/1996 on esitetty määräaikaistarkastuksien tarkastusvälit eri sähkölaitteistoluokille. Sähköasemat kuuluvat sähkölaitteistoluokkaan 3, mikä edellyttää määräaikaistarkastuksen suorittamista vähintään viiden vuoden välein. Sähkölaitteiston haltijan on

huolehdittava määräaikaistarkastuksesta, jonka luokan 3 sähkölaitteistolle saa suorittaa valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. (KTMp 517/1996)

Määräaikaistarkastuksella varmistutaan siitä, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteiston kunnosta on huolehdittu tekemällä huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet. Lisäksi varmistetaan, että sähkölaitteiston käyttöön ja huoltoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä sekä sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. Määräaikaistarkastuksesta laaditaan sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jossa on mainittava yksilöidyt tarkastusta koskevat tiedot ja havaitut sähköturvallisuuden puutteet. (KTMp 517/1996)

4.5 Asematarkastukset

Sähkö- ja kytkinasemien kuntoa valvotaan määrävälein suoritettavilla asematarkastuksilla. Asematarkastuksessa pyritään varmistamaan asemarakennuksen ja sitä ympäröivän asema-alueen turvallisuus sekä huomaamaan mahdolliset puutteet ja viat, joita käytönvalvontajärjestelmä ei havaitse. Asematarkastus koostuu visuaalisista tarkastuksista, mittauksista sekä asemarakennuksen eri teknisten järjestelmien toiminnan tarkastuksista.

Asematarkastukseen liittyen olin yhteydessä Vatajankosken Sähkö Oy:hyn ja tiedustelin, kuinka usein Vatajankoskella tehdään asematarkastuksia ja mitä toimenpiteitä tarkastus sisältää. Vatajankoskella sähkö- ja kytkinasemat tarkastetaan kuukausittain. Visuaalisia tarkastuksia suoritetaan ulkokentällä ja asemarakennuksen sisällä kojeistolle ja laitteille. Sähköaseman alue tarkastetaan yleisesti, ja tarkastuksessa kiinnitetään huomiota porttien ja aitojen kuntoon, lukituksiin sekä varmistetaan, että varoituskilvet ovat paikoillaan. (Lindstedt 2016)

Asematarkastus on Leppäkosken Sähköllä tehty kolmen kuukauden välein ja tarkastus dokumentoidaan Excel-tiedostoon. Visuaalisesti on tarkastettu käytännössä samoja asioita ulkokytkinlaitoksella, mitä Vatajankosken Sähkölläkin. Päämuuntajan pintakäsittely tarkastetaan silmämääräisesti sekä varmistetaan, ettei ole öljyvuotoja. Lisäksi päämuuntajalta tarkastetaan seuraavat asiat: öljynkorkeus, ilmankuivaimen kunto, öljyn

lämpötila, käämikytkimen asentotieto ja toimintalukema. Sisäkytkinasemalla tarkastetaan muun muassa yleinen siisteys, työmaadoitusvälineiden kunto, asemakuvien olemassaolo, kiskojännitteen suuruus sekä akuston akkuveden määrä ja latausjännite. Kenokohtaisesti dokumentoidaan myös katkaisijoiden toimintakertojen määrä sekä aikajälkeenkytkentöjen lukumäärät. Asematarkastuksissa tarkastetaan toki paljon muitakin asioita.

Tulevaisuuden kehitysehdotuksena asematarkastuksiin voidaan mainita lämpökuvaus, jota voisi hyödyntää muun muassa ulkokytkinlaitoksen 110 kV laitteiden sekä sisäkytkinlaitoksen laitteiston tarkastamisessa. Paras hetki kuvaamiselle olisi talvella, koska kuormitus on tällöin huipussaan ja liiallinen lämpeneminen huomattavissa. Lämpökuvausta suositellaan myös verkostosuosituksessa TA 1:97 (Sener 1997, 4). Leppäkosken Sähköllä on jo olemassa Fluke:n Ti27-lämpökamera, mutta sitä on tähän mennessä pystytty hyödyntämään rajoitetusti johtuen lämpökameran linssin tarkkuudesta. Korkeasta jännitetasosta johtuen kuvaaminen pitäisi suorittaa riittävältä etäisyydeltä henkilöturvallisuuden varmistamiseksi. Fluke Ti27 -lämpökameraan on markkinoilla linssi, mikä mahdollistaisi kuvaamisen turvalliselta etäisyydeltä. Tällaisen linssin hankintaa voitaisiin miettiä Leppäkosken Sähkölle, sillä lämpökuvaamisella saadaan havaittua esimerkiksi löysät johdin- ja kiskoliitokset sekä estettyä näistä johtuvat sähköpalot ja laiterikot.

4.6 Päämuuntajat

Päämuuntajien pitkän eliniän ja hyvän käyttövarmuuden saavuttaminen edellyttää, että niiden kunnossapidosta huolehditaan asianmukaisesti. Muuntajien kunnossapitoon liittyvä huolto voidaan jakaa käyttöhenkilökunnan suorittamaan tarkkailuun ja pienhuoltoon, käämikytkinhuoltoon (määräaikaishuolto) sekä perushuoltoon. (ABB Transmit, 35) Näiden tarkastuksien ja huoltojen toimenpiteistä on kerrottu tarkemmin tässä luvussa.

Työssäni otin yhteyttä ABB Oy:hyn öljyeristettyjen tehomuuntajien kunnossapitoon liittyen. ABB:n myyntipäällikkö Marko Kivimäeltä sain erilaisia kunnossapitoon liittyviä asiakirjoja ja tuoteselosteita, joista sain tarvitsemani tiedot työtäni varten.

4.6.1 Käytönaikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet

Käytönaikaisia tarkastuksia ja huoltotoimenpiteitä kannattaa tehdä säännöllisesti tehomuuntajalle. Huoltotoimenpiteitä voidaan suorittaa käytön aikana hyvin rajoitetusti henkilöturvallisuussyistä. Lisäksi on noudatettava sähköturvallisuusmääräyksiä työkenneltäessä jännitteisten osien läheisyydessä. (ABB Transmit, 35–36) Taulukossa 1 on esitetty öljyristeisille tehomuuntajille käytönaikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet, jotka käyttökäytökunta suorittaa asematarkastuksen yhteydessä.

TAULUKKO 1. Käytönaikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet (ABB Transmit, 35–36)

Käytönaikaiset tarkastukset	<ul style="list-style-type: none"> • Ilmankuivaimen kunto (kuivaussuola vaihdettava, kun n. 2/3 on kostunut) • Öljynkorkeuden ja öljyvuotojen tarkastus • Öljyn ja käämin lämpötilan tarkastus • Puhtaus ja pintakäsittelyn tarkastus • Tuulettimien, pumppujen ja lämmityksen toiminta • Ääni • Muuntajaympäristön tarkastus (kasvillisuus, roskat ym.)
Käytönaikaiset huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> • Öljynäytteiden otto • Öljyn keruualtaan tyhjennys vedestä • Ilmankuivaimen kuivaussuolan vaihto • Pinnoitevikojen korjaus

Muuntajaöljyn laatu on verrannollinen muuntajan toimintakykyyn, joten muuntajaöljyanalyysi on tärkeä kunnonvalvontatoimenpide. Kosteus huonontaa paperin ja öljyn sähköistä eristyskykyä ja edistää paperin vanhenemistä. Muuntajasta otettuja öljynäytteitä tutkimalla voidaan todeta eristyksen kosteus ja vanhenemisaste. (ABB Oy 2013, 2–3) Muuntajaöljyanalyysien avulla saadaan siis tietoa muuntajan kunnosta ja mahdollisista sisäisistä vioista sekä voidaan mahdollisesti ennakoida ja ehkäistä vikojen syntymistä ja muuntajan hajoamista. ABB Oy:llä on tarjolla kolme erilaista öljyanalyysipakettia, jotka ovat suppea analyysi, perusanalyysi ja täysanalyysi. Nämä eroavat toisistaan laboratorii-

ossa öljynäytteestä tehtävien eri analyysin perusteella. Sähköjakelumuuntajille suositellaan perusanalyysiä vuoden välein sekä täysanalyysiä 5–7 vuoden välein. (ABB Oy 2014a, 1–2)

Leppäkosken sähköasemien päämuuntajista otetaan öljynäytteet vuoden välein. Öljynäytteille suoritetaan viiden vuoden välein täysanalyysi ja välivuosina suppea analyysi. Suppea analyysipaketti katsottiin laajuudeltaan riittäväksi täysanalyysien välivuosien ajalle. Analysoiduista öljynäytteistä ABB lähettää öljyanalyysiselosteen, joka pitää sisällään mittaustulokset, kirjalliset lausunnot tuloksista sekä suositukset mahdollisista jatkotoimenpiteistä. Jotta mittaustulokset sekä niiden perusteella suositellut jatkotoimenpiteet ovat luotettavia, tulee öljynäytteiden ottoon kiinnittää erityistä huomiota ja noudattaa ohjetta. (ABB Oy 2013, 2–3)

4.6.2 Määräaikaishuolto

Määräaikaishuolto tilataan Leppäkosken päämuuntajille kuuden vuoden välein. Tehomuuntajan määräaikaishuolto voidaan suorittaa käyttöpaikalla, ja siinä varmistetaan käämikytkimen sekä muuntajan muiden varusteiden toiminta.

ABB:n muuntajan käämikytkinhuollon palvelukuvauksessa kerrotaan käämikytkimen tehokytkimelle, sen ohjaimelle ja muuntajan muille varustelleille tehtävistä huoltotoimenpiteistä. Tehokytkimelle tehdään puhdistus, tarkastus, säätö ja toimintakokeet valmistajan ohjeen mukaisesti. Askelvastukset puhdistetaan, tarkastetaan ja mitataan. Jos tehokytkin sisältää öljyä, niin öljyn vaihto kuuluu myös tehtäviin toimenpiteisiin. Kulu- neet ja vaurioituneet osat vaihdetaan tarvittaessa. Ohjaimelle ja sen mekaanisille osille tehdään toiminnan tarkastuksia, puhdistuksia sekä voiteluja. Mekaaniset rajat testataan ja säädetään valmistajan ohjeiden mukaan. (ABB Oy 2015c, 1)

Muille varusteille ja suojalaitteille, kuten ilmankuivaimelle, lämpömittarille ja tuulettimille suoritetaan toiminnan tarkastuksia. Tiivisteet, radiaattorit, venttiilit ja saumat tarkastetaan mahdollisten vuotojen osalta. Lisäksi muuntajan pintakäsittely tarkastetaan ja öljystä otetaan öljynäytteet. (ABB Oy 2015c, 1)

4.6.3 Perushuolto

Perushuoltoja on aikaisemmin tehty tehomuuntajan ikään perustuen, mutta nykyään ABB:n näkemyksen mukaan perushuolto tulisi suorittaa muuntajan kunnan perusteella. Jos perushuolto suoritetaan liian aikaisin todelliseen kuntoon nähden, niin perushuollolla ei saada maksimaalista hyötyä. Jos taas muuntaja perushuolletaan liian myöhään, ei huollolla ole enää paljon vaikutusta elinikään. ABB suosittelee, että tehomuuntajalle tehdään ennen perushuoltoa kuntokartoitus, jossa muuntajan kunto selvitetään perusteellisesti. Kuntokartoituksen perusteella perushuolto ajoitetaan muuntajan eliniän kannalta oikealle ajankohdalle, jotta perushuollolla saadaan kaikki mahdollinen hyöty. (Kivimäki 2016)

Perushuoltoa varten muuntaja puretaan käyttöpaikalla kuljetuskuntoon ja kuljetetaan huoltokeskukseen. Perushuolto on aina avaava huolto, jolloin tehomuuntajan aktiiviosa nostetaan kokonaan ulos säiliöstä. Avaava huolto mahdollistaa muuntajan ulkoisien tarkastus- ja huoltotoimenpiteiden lisäksi myös sisäiset tarkastukset ja puhdistukset. Määräaikaishuollon toimenpiteiden lisäksi perushuollossa tarkastetaan ja tarvittaessa korjataan muun muassa muuntajasydämen lohkot sekä käämitykset. Aktiiviosa pestään ja kuivataan kerosiiniuunissa. Myös muuntajaöljylle tehdään suodatus ja kuivauskäsittely. Huoltotoimenpiteiden jälkeen suoritetaan perusteelliset koestukset. (ABB Oy 2015d, 1) ABB:llä on myös TrafoSiteRepair tuotepalvelu, mikä mahdollistaa avaavan huollon käyttöpaikalla. Käyttöpaikalla suoritettavia korjaustöitä ovat muun muassa aktiiviosien purku ja kuivaus, käämien vaihto, sydämen kunnostus, suurjännitetestaus ja uudelleen käyttöönotto. (ABB Oy 2015b, 6)

Leppäkosken päämuuntajat on ennen tyypillisesti perushuollettu kerran elinikänsä aikana, noin 25–30 vuoden ikäisenä. Energiavirasto on laatinut 2. suuntaviivat vuosien 2016–2023 valvontamenetelmiksi, joissa päämuuntajien perushuollosta saatava ikävähennys on jätetty pois valvontamenetelmistä. Perushuolto ilman ikävähennystä on investointina niin suuri, että taloudellisesti se on vaikea perustella tehtäväksi. (Virtanen 2015, 1–3) Perushuollon jälkeen päämuuntajan jäljellä oleva pitoaika olisi enää 10–15 vuotta 30 vuoden sijaan. Tällä hetkellä Leppäkosken Sähköllä ei vielä varmasti tiedetä, tehdäänkö jatkossa perushuoltoja. Kuitenkin päämuuntajat ovat sähköverkon kalleimpia yksittäisiä komponentteja, joten niiden kunnossapitoon on syytä panostaa tavalla tai toisella, jotta toimintavarmuus ja luotettavuus säilyvät koko eliniän ajan.

4.6.4 Uudet mahdolliset kunnonvalvontamenetelmät

Kuten aikaisemmin tässä luvussa 4.6 on mainittu, päämuuntajien toimintakuntoa pidetään yllä käytönaikaisilla tarkastuksilla ja huoltotoimenpiteillä. Vuoden välein päämuuntajalle tehdään öljyanalyysi, joka antaa vain ajoittaista, jälkikäteistä tietoa muuntajan kunnosta ja mahdollisista sisäisistä vioista. Vuoden aikana pienikin vika on jo voinut kasvaa suureksi todelliseksi viaksi ja samalla lyhentänyt muuntajan elinikää. Uusien vikojen syntymistä voidaan ennakoida ja ehkäistä hankkimalla mittalaitteita, jotka suorittavat jatkuvaa kunnonvalvontaa. Tällaisia mittalaitteita on tarjolla ainakin muutamalla eri valmistajalla.

Yksi markkinoilla oleva tuote, jolla voidaan edellä olevaa ongelmaa rajoittaa, on ABB:n kehittämä huoltovapaa CoreSense-kuntoanalysointilaitteisto. Se valvoo jatkuvasti öljyn vetyta- soa ja kosteutta. (ABB Oy 2015a) Vastaavaa jatkuvaa kunnonvalvontaa suorittaa myös Vaisala Oyj:n kosteus-, vety- ja lämpötilalähetin MHT410 (Vaisala Oy). Myös UTU Oy:llä on tarjolla öljyanalysointilaitteisto UTU Condor, joka mittaa, laskee ja rekisteröi muun- tajaöljyn kuntoa ja muuntajan vanhenemista koko eliniält (UTU Oy). Kuvassa 6 on esitetty edellä mainitut mittalaitteet.



KUVA 6. Mittalaitteet vasemmalta oikealle: CoreSense (ABB Oy 2015a), MHT410 (Vaisala Oy) ja UTU Condor (UTU Oy).

Yllä esitetyt laitteet ovat vain muutamalta valmistajalta löytyviä tuotteita, joita voi olla valikoimissa myös muilla laitevalmistajilla. Vastaavien jatkuvaa kunnonvalvontaa teke- vien mittalaitteiden tarvetta ja hankintaa voisi arvioida myös Leppäkosken Sähkölle. Tällaisien tuotteiden avulla riskiä laiterikoille voitaisiin pienentää, ja sitä kautta luotet- tavuutta parantaa. Laitteiden mittauksen luotettavuus tulee kuitenkin varmistaa, jotta niillä saavutettaisiin luvatus hyödyt.

4.7 110 kV katkaisijat

Jotta 110 kV:n katkaisijoiden pitkä elinikä ja varma toiminta saavutettaisiin, pitää katkaisijoiden kunto tarkastaa säännöllisesti ja tarvittaessa suorittaa puhdistuksia, rasvausta ja muuta huoltoa. 110/20 kV:n sähköasemilla tapahtuu hyvin harvoin vikatilanne, jolloin ulkokytkinasemalla sijaitseva, päämuuntajaa suojaavan 110 kV:n katkaisijan täytyy toimia. Katkaisijan vähäinen toiminta tulee siis huomioida huoltoväliä määrittäessä, jotta toimintavarmuus säilytetään. Luonnollisesti katkaisijan käyttökohde sekä ympäristöolosuhteet vaikuttavat myös huoltovälin pituuteen. Valmistajien ilmoittamat huolto-ohjeet ovat usein yleistäviä ja suosittavia, joten niiden soveltaminen on suositeltavaa vastaamaan käyttäjän ja käyttöympäristön vaatimia kunnossapitotarpeita.

Lähes kaikki Leppäkosken sähköasemien 110 kV:n katkaisijat ovat SF₆-eristeisiä. SF₆-katkaisijoita on kahta eri mallia, ABB:n LTB 145 sekä ASEA:n HPL 145. Näiden lisäksi yhdellä sähköasemalla on ASEA:n HLD 145 vähäöljykatkaisija.

4.7.1 Valmistajan suosittamat huolto-ohjeet

Valmistajien suosittamat huolto-ohjeet eroavat hieman toisistaan eri katkaisijoilla. ABB:n LTB-sarjan katkaisijoille suositellaan suppean tarkastuksen suorittamista 2–4 vuoden välein sekä laajan tarkastuksen suorittamista 14–16 vuoden välein. Suppea tarkastus sisältää lähinnä visuaalisia tarkastuksia, joten sen voi suorittaa ilman katkaisijan purkamista tai jännitteettömäksi kytkemistä. Laajassa tarkastuksessa katkaisijalle tehdään toiminnan varmistamiseen liittyviä testauksia ja mittauksia. Siinä suoritetaan myös suppeassa tarkastuksessa määrätyt toimenpiteet. Tehtävät toimenpiteet on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. LTB-katkaisijoiden huoltotoimenpiteet (ABB Oy 1999a, 2).

<p>Suppea tarkastus: 2-4v välein</p>	<p>Visuaalinen tarkastus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posliinieristiminen likaantuminen ja mekaaniset vauriot • Ulkoisten metalliosien syöpymiset ja vauriot • Käyttölaitteen kotelon vuodot • Ruuviliitokset (vain ensimmäisen tarkastuksen yhteydessä) <p>Kunnon tarkastus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eristekaasun tiheyden mittaus • Toimintakertojen laskurin lukema • Lämmittimen toiminnan tarkastus
<p>Laaja tarkastus: 14–16v välein tai 5000 toimintoa</p>	<p>Visuaalinen tarkastus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Käyttömekanismin osien ja käyttölaitteen tarkastus (syöpyminen, kuluminen, löystyminen ym.) • Vaimentimen öljyvuotojen tarkistus <p>Kunnon tarkastus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiheysvahtien hälytystoiminto • SF₆-eristekaasun kosteuspitoisuus • Päävirtapiirin resistanssi • Koskettimien palaminen • Toiminta-arvojen mittaus

HPL- katkaisijoille valmistaja suosittelee kolmenlaisia huoltotoimenpiteitä. Huoltotoimenpiteet on jaettu niiden suorittamiselle suositeltujen aikavälien perusteella. Kuten LTB-katkaisijoillekin, myöhempi tarkastus sisältää aina myös lyhyemmällä aikavälillä tehtävät toimenpiteet. HPL-katkaisijoiden katkaisupää tarvitsee avata vasta, jos epäillään valokaarikoskettimien kuluneen tai on todettu kaasuvuoto tai mekaaninen vika. HPL-katkaisijoiden valmistajan suosittelema huolto-ohjelma on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. HPL-katkaisijoiden huoltotoimenpiteet (ABB Oy 1989, 2–3).

1–2 vuoden välein	Visuaalinen tarkastus: <ul style="list-style-type: none"> • Katkaisijan kunto (kaasun paine ja tiiviys, eristimet, ohjain, lämmitysvastukset) • Koeohjaus pari kertaa kiinni ja auki • Ulkopuolinen puhdistus tarvittaessa
6–8 vuoden välein	Tehtävät toimenpiteet: <ul style="list-style-type: none"> • Mekanismiosien puhdistus • Mekanismiosien ruosteensuojauksikäsitely ja rasvaus • Iskunvaimentimien öljyn tarkastus • Tarvittaessa paikkamaalaus • Katkaisijan toiminta-arvojen tarkastus
12–16 vuoden välein tai 2000 toimintoa	Tehtävät toimenpiteet: <ul style="list-style-type: none"> • Vaihjetaan ohjaimen ja ohjausjärjestelmän kuluneet osat

Aikaisemmin jo mainittiin, että yhdellä sähköasemalla on vielä käytössä ASEA:n HLD mallinen vähäöljykatkaisija. Tähän katkaisijatyypin ei löydetty tämän työn kannalta sopivaa kunnossapito- tai huolto-ohjetta, joten tälle ei esitetä valmistajan kunnossapito-suosituksia. Luvussa 4.9 käsitellään 20 kV:n vähäöljykatkaisijoiden valmistajan suosituksia, joiden perusteella vähäöljykatkaisijat vaativat enemmän huoltotoimenpiteitä kuin huoltovapaammat katkaisijatyypit.

4.7.2 110 kV katkaisijoiden kunnossapito Leppäkosken Sähköllä

Tähän mennessä 110 kV:n katkaisijahuollot on suorittanut ulkopuolinen palveluntoimit-taja Empower Oy. Aiemmin ulkokytkinlaitoksen laitteet eivät ole olleet Leppäkosken Sähkön omistuksessa. Nyt kuitenkin ne on hankittu omaan omistukseen, joten tulevai-suuden kunnossapito on Leppäkosken Sähkön vastuulla. Leppäkosken Sähkö ei kuiten-kaan tule itse tekemään 110 kV:n katkaisijahuoltoja, joten niiden kunnossapito tullaan tulevaisuudessa kilpailuttamaan.

Tähän mennessä 110 kV:n vähäöljykatkaisija on tarkastettu ja huollettu kolmen vuoden välein. Katkaisijalle on tehty vuorotellen tarkastus- ja perushuoltoja. SF₆-katkaisijoille

on puolestaan tehty tarkastushuoltoja kuuden vuoden välein sekä tarvittaessa perushuoltoja. Kokemusperäisesti huoltovälit ovat olleet riittäviä.

4.8 110 kV erottimet

Leppäkosken Sähköllä on käytössä sähköasemilla muutamia erityyppisiä suurjänniteerottimia. Eniten on käytössä Hapam:n SGF-tyyppisiä erottimia, mutta myös Strömberg:ltä ja ASEA:lta on erottimia. Tarkemmat tyytit on nähtävissä liitteestä 1 ja 2. Tässä työssä on käsitelty kuitenkin vain ASEA:n ilmoittamia huolto-ohjeita NSA-tyypin erottimelle. Erottimilla ei kuitenkaan ole suurta eroa keskenään ja niitä kaikkia huolletaan Leppäkosken Sähköllä samalla tavalla riippumatta valmistajasta.

NSA-tyypin erottimen huolto-ohjelma koostuu valmistajan käyttöohjeen mukaan neljästä osasta, mutta normaalisti ei tarvita muita toimenpiteitä kuin valvontaa ja täydentäviä voiteluja. Huolto-ohjelmaa suositellaan noudatettavaksi aluksi ennen kuin huoltovälit on määritelty haltijan käytön perusteella sopiviksi. (ASEA a, 11)

Suosittelut kunnossapitotoimenpiteet ovat ylläpitotarkastus, toimintatarkastus sekä huolto ja kunnan tarkastus. Ylläpitotarkastus on silmämääräinen tarkastus, joka voidaan tehdä normaalilla asemakäynnillä vähintään joka kolmas vuosi. Toimintatarkastus suositellaan tehtäväksi 4-6 vuoden välein. Siinä tarkoituksena on todeta, että kaikki osat ovat toimintakunnossa. Huolto tai kunnontarkastus tehdään tarvittaessa, jos on huomattu kulumista tai halutaan tarkastaa ja arvioida laitteistoa. (ASEA a, 11–12)

Leppäkosken Sähkön käyttöasentajat tekevät käytännössä itse vain ylläpito- ja toimintatarkastuksia 110 kV erottimille asematarkastuksien yhteydessä. Ylläpitotarkastuksessa tarkastetaan erottimen kunto silmämääräisesti korroosion varalta, lämmitysvastuksen toiminta, ohjaimen ja koskettimien voitelutarve sekä mahdollisuuksien mukaan tehdään testiohjauksia. Myös erottimien lukitukset tarkastetaan. Leppäkosken Sähköllä suuremmat huollot ja kunnontarkastukset suorittaa ulkopuolinen palveluntarjoaja. Huoltohistoriasta voidaan nähdä tarkemmin, miten erottimia on aiemmin huollettu, ja sen perusteella voidaan arvioida tulevaa huoltotarvetta. Aiemmin huoltoja on suoritettu kuuden vuoden välein ja tulevaisuudessa kunnossapitosopimukset tullaan kilpailuttamaan.

4.9 20 kV katkaisijat

Leppäkosken Sähköllä on asemillaan käytössä vähäöljy-, tyhjö- ja SF₆-katkaisijoita. Vähäöljykatkaisijat ovat Oy Strömberg Ab:n valmistamia ja näitä on käytössä neljää eri tyyppiä. Tyypit ovat OSAM, OSAN, OSAP ja OSAK. Eri vähäöljykatkaisijatyypit eivät eroa oleellisesti rakenteellisesti tai huollettavuudeltaan toisistaan, joten tässä työssä on käytetty OSAK ja OSAP katkaisijoille tarkoitettua valmistajan huolto-ohjetta.

Vähäöljykatkaisijoita on Leppäkosken Sähköllä käytössä vielä melko paljon. Niistä ollaan kuitenkin tulevaisuudessa luopumassa korvaamalla ne huoltovapaammilla tyhjö- tai SF₆-katkaisijoilla. Tällä hetkellä Leppäkosken Sähköllä käytössä olevat tyhjökatkaisijat ovat ABB:n valmistamia VD4-katkaisijoita. SF₆-katkaisijat ovat ASEA:n valmistamia ja malliltaan HPA.

4.9.1 Valmistajan ilmoittamat huolto-ohjeet

Valmistajan (Oy Strömberg Ab) huolto-ohjeen mukaan vähäöljykatkaisijoille on suoritettava määräajoin, katkaisijan käytöstä riippuen öljynvaihto, valokaaren kuluttamien osien tarkistus ja ohjaimen voitelu. Valokaaren kuluttamia osia ovat muun muassa sammutuskammio, kosketinpuikon kärki sekä kiinteän koskettimen vaihto-osa. Suurien oikosulkuvirtojen katkaisu aiheuttaa koskettimien kulumista ja pienien oikosulkuvirtojen katkaisussa öljy likaantuu. (Oy Strömberg Ab)

Valokaaren kuluttamien osien huoltoväli riippuu suuresti katkaisuvirroista. Nimellisvirran katkaisussa osat kestävät luonnollisesti huomattavasti paremmin kuin oikosulkuvirran katkaisussa. Nimellisvirroilla katkaisuja sallitaan 1000 kertaa ja oikosulkuvirran nimelliskatkaisuissa tai lähellä sitä huolto tulisi suorittaa jo kolmen katkaisutoiminnon jälkeen. Öljynvaihto tulisi suorittaa jokaisen huollon yhteydessä tai vähintään kahden vuoden välein. Ohjaimen voitelu suositellaan tehtäväksi viiden vuoden välein. (Oy Strömberg Ab)

Tyhjökatkaisijaelementit ovat koko käyttöikänsä huoltovapaita. Toistuvilla katkoilla katkaisuelementissä ei ole haitallisia vaikutuksia nimellis- tai oikosulkuvirralla. Kuitenkin ympäristöolosuhteet, ohjauskerrat ja katkaisut oikosulkuvirralla määrittelevät huol-

totoimenpiteet. Valmistajan ohjeiden mukaan ohjausmekanismi vaatii huoltoa ja toiminnan tarkistuksia, jotta oletettu käyttöikä saavutetaan. Tyhjökatkaisimia täytyy tarkistaa myös silmämääräisesti säännöllisin väliajoin. Näissä tarkistuksissa katsotaan mahdolliset pinttymiset, jäljet korroosiosta ja sähkönpurkausilmiöt. Lisäksi liittimiä on hyvä pyöritellä, jotta liitännäpinnat pysyisivät puhtaina ja tarvittaessa ne on puhdistettava. (ABB Oy 2014b, 61–64)

ASEA:n HPA-katkaisijalle valmistaja ilmoittaa huolto-ohjeessaan huoltotoimenpideväliksi viisi tai kymmenen vuotta riippuen siitä, onko katkaisija varustettu kunnonilmaisimella vai ei. Suoritettavia huoltotoimenpiteitä ovat kaasunpaineen tarkastus, ohjaimen toiminnan tarkastus, ohjaimen puhdistus sekä vaihteiston mahdollinen voitelu. (ASEA b, 8)

4.9.2 Leppäkosken Sähkö Oy:n kunnossapito katkaisijoille

Vähäöljykatkaisijoiden kunnossapitoon ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota viimevuosien aikana, joten päivitetystä kunnossapito-ohjelmassa tämä on huomioitu. Käyttöpäällikkö Tero Salonen oli yhteydessä Savon Voima Oy sähköverkkoyhtiöön vähäöljykatkaisijoiden huoltoon liittyen. Savon Voima Oy:n huolto-ohjelma vähäöljykatkaisijoille todettiin hyväksi toimintatavaksi myös Leppäkosken Sähkölle, joten kunnossapito-ohjelmaa päivitetään saatujen tietojen pohjalta.

Vähäöljykatkaisijoiden kunnossapito koostuu asematarkastuksen yhteydessä suoritettavasta tarkastuksesta sekä määrävälein suoritettavasta katkaisijahuollosta. Asematarkastuksessa tarkastetaan silmämääräisesti vähäöljykatkaisijan yleinen siisteys mahdollisten öljyvuotojen osalta sekä kiinnitetään huomiota öljyn korkeuteen, mikä tulee olla pilarin rungossa olevien mittamerkkien välillä. Lisäksi asematarkastuksessa dokumentoidaan vähäöljykatkaisijan toimintalaskurin lukema. Toimintalaskurin lukeman sekä öljyn värin perusteella voidaan arvioida öljyn kuntoa, mikä antaa hieman suuntaviivaa seuraavalle katkaisijahuollolle tai öljynvaihdolle.

Katkaisijahuolto suoritetaan kolmen vuoden välein valmistajan huolto-ohjeita noudattamalla sekä huoltoon tarkoitettuja erikoistyökaluja käyttämällä. Joka toinen huolto on tarkastushuolto ja toinen täyshuolto. Tarkastushuollossa katkaisija puhdistetaan ulkoi-

sesti ja ohjain voidellaan. Katkaisijalle tehdään toiminnan kokeiluja ja toiminta-ajat mitataan, jotta varmistutaan katkaisijan toimivuudesta. Näiden huoltotoimenpiteiden lisäksi jokaisesta vaiheesta mitataan erikseen ylimenovastus. Toiminta-aikojen ja ylimenovastuksien mitattuja arvoja verrataan taulukkoon, jossa on määritelty sallitut arvot kyseiselle katkaisijatyypeille. Tarvittaessa toimintakunto palautetaan vaaditulle tasolle varaosien tai tarvittavien toimenpiteiden avulla. Täyshuollossa katkaisija huolletaan perusteellisemmin kuin tarkastushuollossa. Tarkastushuollon toimenpiteiden lisäksi sammutuskammio avataan ja kaikki osat puhdistetaan perusteellisesti sekä tiivisteiden ehjyys tarkistetaan. Täyshuollossa myös sammutuskammion öljy vaihdetaan. Öljyn laatuun on tärkeää kiinnittää huomiota, jotta se on varmasti käyttötarkoitukseen sopivaa.

On myös hyvä huomioda, että ABB on siirtynyt uuden tuotesukupolven tuotteisiin, joten varaosien ja teknisen tuen saatavuus ei ole enää taattua kaikille vähäöljykatkaisijatyypeille. ABB suosittelee vanhojen tuotteiden korvaamista uuden sukupolven tyhjö- ja SF₆-katkaisijoilla. (ABB Oy 2004, 1)

SF₆- ja tyhjökatkaisijoiden kunnossapito koostuu vähäöljykatkaisijoiden tavoin asematarkastuksessa suoritettavasta visuaalisesta tarkastuksesta sekä määrävälein tehtävästä huollosta. Visuaalisessa tarkastuksessa katkaisijoiden kunto tarkastetaan silmämääräisesti sekä toimintalaskurin lukemat kirjataan Excel-tiedostoon. SF₆-katkaisijoista tarkistetaan lisäksi kaasun paine, jonka tulee olla valmistajan ilmoittaman arvon mukainen. Huolto SF₆- ja tyhjökatkaisijoille suoritetaan viiden vuoden välein koestuksen yhteydessä. SF₆- ja tyhjökatkaisijoiden katkaisukammiot ovat huoltovapaita, joten näiden katkaisijoiden huolto on käytännössä ohjaimen huoltoa sekä katkaisijan toiminnan testausta sekä varmistamista. Ohjain tarkastetaan silmämääräisesti sekä puhdistetaan ja voidellaan tarvittaessa. Käytännön kokemus on osoittanut, että SF₆- ja tyhjökatkaisijoille on hyvä suorittaa koeohjauksia, joilla moitteeton toiminta varmistetaan. Samalla mitataan toiminta-ajat ja verrataan mitattuja arvoja taulukon sallittuihin arvoihin. Ylimenovastuksen suuruus mitataan jokaisesta vaiheesta erikseen ja näitä verrataan toiminta-aikojen tavoin sallittuihin arvoihin. Katkaisijahuollot suoritetaan aina valmistaja huolto-ohjeita noudattaen.

4.10 Suojareleet

Sener on julkaissut verkostosuosituksen TA 1:97, joka käsittelee verkonhaltijan toimesta tehtäviä sekä omia käyttöönottotarkastuksia. Verkostosuosituksessa suurjännite- ja keskijänniteverkon ylivirta- ja maasulkusuojauksen tarkastuksen suositus on kolmen tai kuuden vuoden välein. Itsevalvonnalla varustetuille suojareille pidetään riittävänä kuuden vuoden tarkastusväliä ja suojareleet ilman itsevalvontatoimintoa tulisi tarkastaa kolmen vuoden välein. (Sener 1997, 4–5)

Leppäkosken Sähköllä sähkö- ja kytkinasemien keskijännitejohtolähtöjen suojaus on toteutettu ABB:n suojareleillä. Suojareleinä on käytetty SPAA 341 C - johdonsuojarelettä tai REF 541 -kennoterminaalia. Suojareleet ovat käyttöohjeen mukaan ylläpitovapaita niitä käytettäessä normaaleissa ympäristöolosuhteissa. Jos olosuhteet poikkeavat esimerkiksi lian, lämpötilan tai kosteuden osalta teknisissä tiedoissa määritellyistä ympäristöolosuhteista, tulee suojarele tarkastaa silmämääräisesti koestuksen yhteydessä. Käyttöohjeissa mainitaan, että jos suojareleen toiminnassa ilmenee häiriöitä tai toiminta-arvot poikkeavat määritellyistä arvoista, tulee kennoterminaali tai johdonsuojakatkaisija toimittaa asiantuntevaan huoltoon. Johdonsuojakatkaisijalle kuitenkin pienet huoltotoimenpiteet, kuten relemoduulien vaihdon, voi suorittaa haltija itse. (ABB Oy 1998, 28; ABB Oy 1999b, 85)

Yhdellä sähköasemalla on vielä käytössä suojareleitä, joissa ei ole itsevalvontatoimintoa. Tämän sähköaseman kohdalla suojareleiden uusiminen on ajankohtainen lähivuosien aikana. Suojareleet koestetaan verkostosuosituksen mukaisesti kolmen tai viiden vuoden välein. Ylivirta- ja maasulkusuojauksen koestustulokset kirjataan ylös releen tarkastuskorttiin, joka on esitetty liitteessä 3. Koestus kattaa suojareleen, laukaisupiirin ja katkaisijan sisältävän kokonaisuuden. Relekoestus tehdään toisiokoestuksena, jolloin mittamuuntajilta tulevat johtimet irrotetaan suojareleestä ja koestuslaitteistolla syötetään koestussuureita suoraan suojareleelle. Koestus tehdään aina jännitteettömään kenttään, jolloin koestus voidaan suorittaa aina katkaisijan toimimiseen asti. Toiminta-ajat mitataan katkaisijan jokaisesta vaiheesta erikseen eli mitatut ajat ovat todellisia katkaisijan toiminta-aikoja. Lisäksi varmistetaan tietokoneelta käytönvalvontajärjestelmästä, että katkaisijan toimimisesta tapahtuu hälytys.

4.11 Akustot

Kaikilla Leppäkosken Sähkön sähköasemilla akusto muodostuu avoimista lyijyakuista. Tarkemmat tiedot käytössä olevista akuista ja niitä varaavista tasasuuntaajista on esitetty liitteissä 1 ja 2. Tasasähköjärjestelmät ovat nimellisjännitteeltään 220 V, 110 V tai 48 V.

Leppäkosken Sähköllä on käytössä pääosin Exide Classic -tuoteryhmän akkuja. Kahdella asemalla on käytössä jonkin muun valmistajan akkuja. Tarkat laitetiedot näkyvät liitteissä 1 ja 2.

4.11.1 Akkujen hoito ja kunnossapito

ST 96.30 -kortti käsittelee paikallisakkujen hoitoa ja kunnossapitoa. Kortissa kerrotaan yleisesti mitä varusteita, kuten mittalaitteita, huoltovälineitä ja turvavarusteita huollon suorittamisessa tarvitaan sekä esitellään eri akkutyypin huoltotoimenpiteet. Kortissa kerrotaan myös akustojen turvallisuudesta sekä romutuksesta. Kortissa esitetyt huoltotoimenpiteet eivät kuitenkaan korvaa valmistajan ilmoittamia ohjeita huollolle, mutta antaa tarvittavat perustiedot hoito- ja kunnossapito-ohjelmaa varten. Esimerkiksi Exide:n Classic tuoteryhmän OPzS-LA avoimille lyijyakuille laadittu huolto-ohje ei oleellisesti eroa ST-kortin ohjeesta. Valmistajien ohjeissa saatetaan ottaa kantaa akkujen huoltoväliin tai määritellä tarkemmin sallittuja raja-arvoja ja toimenpiteitä.

Pitkä käyttöikä edellyttää huolellista akkujen hoitoa. ST 96.30 -kortissa on ilmoitettu avoimien lyijyakkujen mitattavat ja kirjattavat asiat, jotka tulisi suorittaa jokaisella huoltokäynnillä. Näitä ovat:

- akuston kokonaisjännite
- kaikkien kennojen jännitteet
- vähintään yhden kennon elektrolyytin tiheys (ns. tarkkailukkenno)
- kennojen tiheys, joiden ylläpitovarausjännite on alle 2,2 V
- kennojen elektrolyytin tason tarkistus ja tarvittaessa akkuveden lisäys maksimitasoon asti
- visuaalinen tarkistus
- napojen ja johtimien tarkistus korroosion osalta

- liitoksien puhdistus ja rasvaus tarvittaessa
- sähköisten liitosten kireyden tarkistus. (Sähkötieto ry 2003, 2)

ST-kortissa todetaan, että mikäli mittaukset antavat aihetta epäillä akuston kuntoa, voidaan sille tehdä kuormituskoe. Kuormituskokeella saadaan tietoa akuston suorituskyvystä purkamalla akuston varausta joko erilliseen kuormaan tai yleisemmin akuston varmistamaan todelliseen kuormaan. Akustoa tulisi purkaa vähintään 20 % sen kapasiteetista, jotta kuormituskokeella saataisiin luotettava kuva akuston kunnosta. Kuitenkaan ei haluta purkaa yli 50 % kapasiteetista, koska tällöin akuston varmistuskyky kokeen jälkeen on rajoitettu sekä syvemmät purkaukset rasittavat akkua turhaan. (Sähkötieto ry 2003, 3)

Kuormituskokeen aikana tulisi mitata ja kirjata 1-30 minuutin välein akuston virta, kokonaisjännite ja mahdollisuuksien mukaan yksittäisten kennojen/akkujen jännitteet. Vertailemalla kuormituskokeen tuloksia aikaisempien mittauksien tuloksiin sekä valmistajan ilmoittamiin nimellisarvoihin voidaan tehdä arvio akuston kunnosta. (Sähkötieto ry 2003, 2) Kansainvälisessä standardissa IEC 60896-21 käsitellään paikallisten liijyakkujen testauksia. Standardista löytyy suoritearvot, joiden sisällä kuormituskokeita tulee suorittaa akustoille. Standardissa kuitenkin kehoitetaan aina tarkastamaan valmistajan suoritearvot purkaukskokeille, koska ne voivat olla standardin rajoja tiukemmat.

4.11.2 Akustojen kunnossapito Leppäkosken Sähköllä

Asematarkastuksen yhteydessä mitataan akuston kokonaisjännite ja muutaman yksittäisen akun jännite. Akusto tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa akkujen pinnat puhdistetaan vedellä. Silmämääräisessä tarkastuksessa tarkistetaan akkujen väliset liitännät sekä akkuveden määrä. Tarvittaessa akkuvettä lisätään akkuihin. Näiden lisäksi asematarkastuksessa kirjattavia asioita ovat akkuhuoneen lämpötila sekä varaajan latausjännite. Sähköasemien akustot huolletaan joka vuosi, jolloin akustolle tehdään kapasiteetin mittausta asematarkastuksessa suoritettavien toimenpiteiden lisäksi. Kapasiteetin mittaukseen käyttökunnalla on mittalaite, jolla pystytään mittaamaan yksittäisen akun kapasiteetti. Kapasiteetin mittausta on todettu hyväksi ja melko luotettavaksi toimenpiteeksi kokemukseräisesti. Mittauksella löydetään vioittunut akku toimintakuntoisten akkujen joukosta.

Akuston kunnossapitoa voisi tulevaisuudessa parantaa suorittamalla kuormituskokeita 3-5 vuoden välein tai jos on syytä epäillä akuston kuntoa. Huollossa tehtävällä kapasiteetin mittauksella löydetään akustosta yksittäinen vioittunut akku. Suorittamalla kuormituskokeen voidaan mahdollisesti havaita vikaantuva akku jo ennen kuin se on täysin vioittunut. Lisäksi kuormituskokeella saataisiin suuntaa antavaa tietoa, kuinka kauan akusto pystyy vähintään syöttämään kuormaa mahdollisessa sähköaseman vikatilanteessa.

4.12 Maadoituksen kuntotarkastus ja maadoitusimpedanssin mittaus

Kuntotarkastus sisältää maadoituksen visuaalisen tarkastuksen ja maadoitusjohtimen jatkuvuusmittauksen. Visuaalisesti tarkastetaan maadoitusjohtimien luotettava kiinnitys sekä kunto korroosion osalta. Maadoituksen jatkuvuusmittaus suoritetaan Leppäkosken Sähkön sähköasemille kuuden vuoden välein. Mikro-ohmimittarilla mitataan maadoitusresistanssin suuruus aseman päämaadoituskiskon ja laitteiden väliltä. Laitteet on tyyppillisesti maadoitettu kahdella maadoitusjohtimella. Tästä johtuen mittaus olisi hyvä suorittaa sähköaseman ollessa kylmänä, jolloin voitaisiin vuorotellen irrottaa laitteelta toinen maadoitusjohdin mittauksen ajaksi. Tällä tavoin saataisiin varmuus molempien maadoitusjohtimien ehjyydestä sekä maadoituksen toimivuudesta, jos toinen maadoitusjohdin jostain syystä menee poikki. (Kortet & Pihkoluoma 2016)

Maadoitusimpedanssimittaukset ovat osa laitteiston kunnossapitoa ja huoltoa. Laitteiston käyttöönoton lisäksi mittauksia pitää suorittaa määräajoin. Maadoitusimpedanssi on mitattava aina, kun sille on määritetty suurin sallittu arvo. Suurimman sallitun arvon maadoitusimpedanssille määräävät yleensä maasulkuvirta ja maadoitusjännitteelle sekä kestoajalle asetetut raja-arvot. Maadoitusimpedanssien mittausvälit ovat enintään 6-12 vuotta riippuen maadoitusjärjestelmän rakenteesta ja luotettavuudesta. (Sähkötieto ry 2005, 1) Verkostosuosituksen TA 1:97 mukaan maadoitusimpedanssin mittausväli on kuusi vuotta, kun maadoitus on yhden maadoitusjohtimen varassa, ja 12 vuotta maadoituksen ollessa useamman maadoitusjohtimen varassa. (Sener 1997, 5)

Maadoitusresistanssin ja -impedanssin mittaamiseen on käytössä useita eri menetelmiä, mutta Leppäkosken Sähköllä mittaus on tehty 12 vuoden välein voltti-

ampeerin menetelmällä. Menetelmällä jäljitellään todellista maasulkutilannetta johtamalla virransyöttömuuntajan synnyttämä mittausvirta esimerkiksi avojohtoa myöten kaukana sähköasemasta maadoitukseen. Tällöin virta kulkee kauempana sijaitsevan vastamaadoituselektrodin ja mitattavan maadoituselektrodin kautta. Maadoitusimpedanssimittaukset vaativat aina erikoiskaluston ja asiantuntemusta. (Sähkötieto ry 2005, 3–4) Leppäkosken Sähkön sähköasemien maadoitusimpedanssimittaukset suorittaa ulkopuolinen toimija.

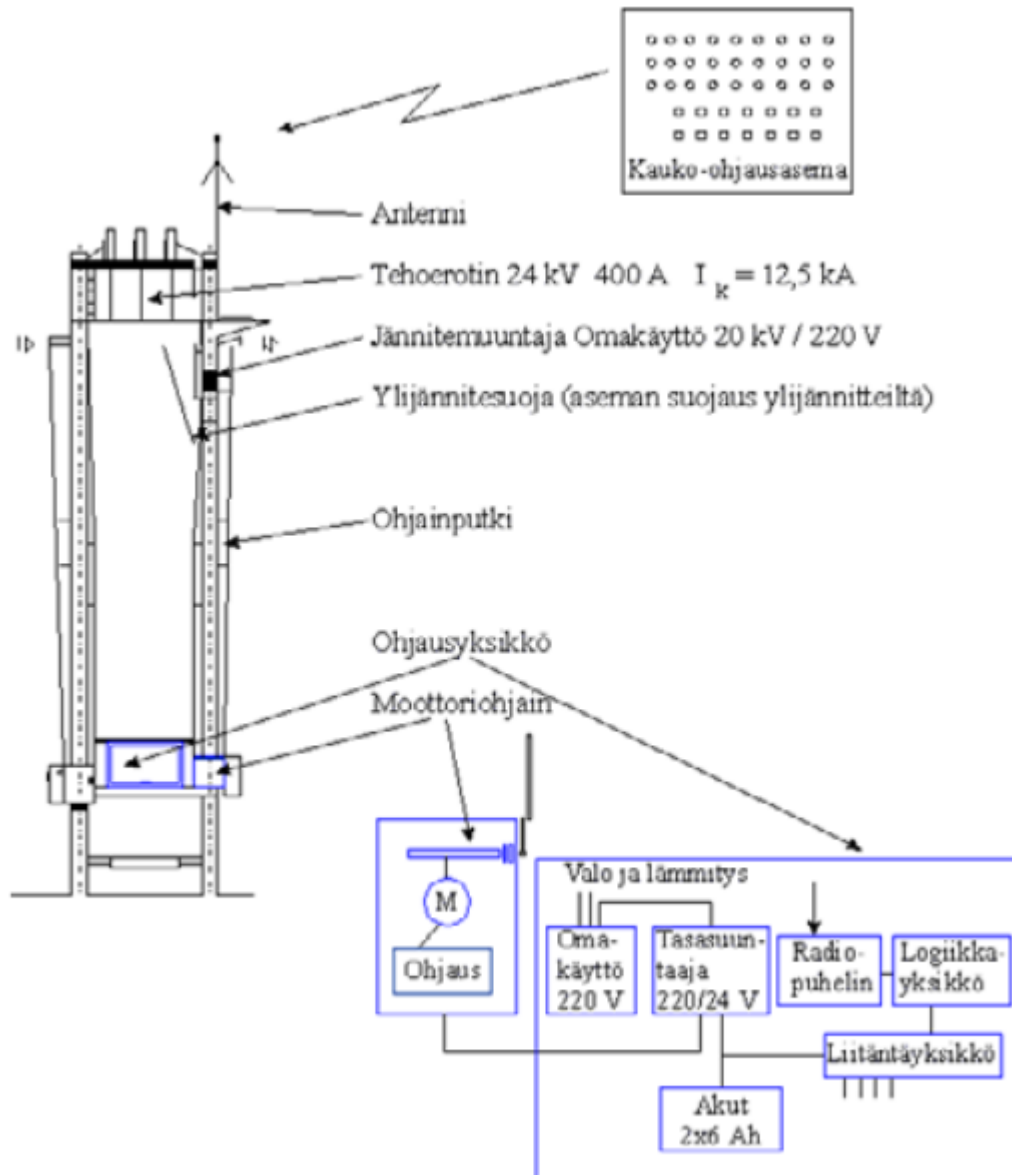
5 KAUKOKÄYTETTÄVÄT EROTTIMET

5.1 Yleisesti kaukokäytettävistä erottimista

Pyrkimys vähentää sähkönjakelun käyttökeskeytyksen haittavaikutuksia on tuonut tarpeen ohjata verkossa olevia erottimia etänä ilman paikalla käyntiä. Kaukokäytettäviä erottimia on nykyään paljon käytössä keskijänniteverkossa, ja niistä on apua, kun halutaan jokin tietty osa verkosta jännitteettömäksi. Käsikäyttöisen erottimen ohjaukseen kuluva aika on useita kymmeniä minutteja riippuen oleellisesti erottimen sijainnista sekä käyttöhenkilöstön sijainnista ja valmiusasteesta. Kaukokäytetyillä erottimilla monimutkaisetkin kytkentämuutokset voidaan suorittaa muutamassa minuutissa erottimien sijainnista riippumatta.

Kaukokäytetyillä erottimilla saadaan nopeammin viallinen verkosto-osa paikannettua ja kytkettyä eroon muusta ns. terveestä verkosta. Vikapaikan rajaamisen ja erottamisen jälkeen sähköttömiä asiakkaita on huomattavasti vähemmän kuin alkutilanteessa, jolloin kaikki johtolähdön asiakkaat olivat ilman sähköä. Lisäksi niiden avulla voidaan nopeuttaa varayhteyksien kytkentää sekä verkon jakorajojen siirtoa, mikä on hyödyllistä vika-tilanteiden lisäksi myös esimerkiksi johtotöiden vuoksi. (Sener 1996, 3)

Yhden kaukokäytettävän erottimen sijasta samassa verkoston kohdassa voi olla useampikin kaukokäytettävä erotin. Tällöin puhutaan kaukokäytettävästä erotinasemasta. Kaukokäytetyn erotinaseman rakenne koostuu tyypillisesti moottoriohjaimesta, ohjausyksiköstä, jännitemuuntajasta tehonsyöttöä varten, ylijännitesuojasta sekä radioantennista. Kaukokäytettävän erotinaseman tyypillinen rakenne on esitetty kuvassa 7. Kytkinlaitteena käytetään tavallista erotinta tai kuormaerotinta, mikäli erottimelta vaaditaan kuormitusvirran tai oikosulkuvirran katkaisu- tai kytkentäkykyä. (Korpinen 1998)



KUVA 7. Kaukokäytettävän erotinaseman rakenne (Korpinen 1998).

5.2 Kaukokäyttöerottimien kunnossapito

Verkostosuositus RM 6:96 käsittelee keskijänniteverkon kauko-ohjattavien erottimien rakenteita. Verkostosuosituksessa käsitellään myös lyhyesti kauko-ohjattavien erottimien toiminnan luotettavuutta ja samassa yhteydessä on suositeltu, että riittävän luotettavuustason säilyttämiseksi erotinasemat tarkastettaisiin ja huollettaisiin kerran vuodessa. (Sener 1996, 12) Verkostosuositus RJ 19:06 käsittelee pylväserotinasemien ja muuntopiirien maadoituksia standardin SFS 6001 mukaan. Verkostosuosituksen mukaan kauko-ohjattujen pylväserotinasemien maadoitusjärjestelmä tulisi testata 12 vuoden välein, mikäli sähköenergia otetaan lähimuuntopiiristä ja maadoituselektrodijärjestelmään yh-

teys on rakennettu kahdella maadoitusjohtimella. Maadoitusjärjestelmän testaus suoritetaan irrottamalla maadoitusliittimestä elektrodin paluumaadoitusjohdin ja mittaamalla elektrodin resistanssi. Jos pylväserotinaseman sähköenergia on otettu omakäyttömuuntajasta, pitäisi maadoitusjärjestelmän testauksen lisäksi mitata maadoitusimpedanssin suuruus aina 12 vuoden välein. Molemmat mittaukset tekemällä voidaan todeta todellisen kosketusjännitteen olevan riittävän pieni. Mittaustulokset tulisi kirjata ylös ja säilyttää seuranta varten. (Energiateollisuus ry 2006, 14)

Kaukokäytettävien erottimien ohjainkoneisto ja ohjauskeskus saavat toimintaenergiansa suljetuista akuista. Suljettujen lyijyakkujen huolto eroaa huomattavasti avoimien lyijyakkujen huollosta. Yksittäisten kennojen tai ryhmäakkujen jännitteet voidaan mitata, mutta se ei anna välttämättä kovin luotettavaa kuvaa akuston todellisesta kunnosta. Jokaikaisella huoltokäynnillä tulisi mitata ja kirjata akuston kokonaisjännite sekä akustotilan lämpötila. Jos varaaja ei tee automaattisia akkutestejä, lyhyet kuormituskokeet ovat suositeltavia. Niissä mitataan koko akuston tai mahdollisuuksien mukaan yksittäisten akkujen jännitteet. (Sähkötieto ry 2003, 2)

Leppäkosken Sähkön käyttäjäasentajat tarkastavat kaukokäytettävät erottimet vuoden välein. Suoritettavia toimenpiteitä ovat lämmityksen toiminnan tarkastus, tarvittaessa ohjauskeskuksen puhdistus sekä varaajan latausjännitteen mittaus. Lisäksi akkujen kapasiteetit mitataan yksitellen mittalaitteella. Akkuja ei Leppäkosken Sähköllä vaihdeta aikaperusteisesti vaan vasta silloin, kun niiden käyttöikä todetaan olevan ohitse. Kaukokäytettävälle erottimelle tehdään mahdollisuuksien mukaan vielä testiohjauksia, joilla varmistetaan luotettava toimivuus. (Kortet & Pihkoluoma 2016)

Itse erotinosan huollon suorittaa Leppäkosken Sähkön linjamiehet. Tyypillisesti erotinosat on huollettu kahden tai kolmen vuoden välein. Tehtäviin toimenpiteisiin kuuluu koskettimien voitelu sekä tarvittaessa vioittuneiden osien vaihto ja ohjausvarren säätö. Työt voidaan suorittaa tilanteesta riippuen jännitteettömänä tai jännitetyönä. Työskentelely jännitteettömänä edellyttää johtokatkoksien avaamisen, mikä on suoritettava jännitetyönä. (Kortet & Pihkoluoma 2016)

6 POHDINTA

Työssä on esitelty sähköasemien tärkeimmät laitteet ja koottu valmistajien käyttöohjeista laitekohtaisesti suositeltuja kunnossapitotoimia ja niiden määräaikoja. Kunnossapito-ohjelman päivittämisessä on otettu kokemukseräisen tiedon lisäksi huomioon viranomaisten määräykset, suositukset eri kunnossapitotoimenpiteille sekä lain vaatimukset. Kunnossapitoa suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon kokemukseräinen tieto, koska valmistajien esittämät kunnossapitotoimenpiteet ovat pitkälti suuntaa antavia ja epätarkasti ilmoitettuja. Lisäksi käyttöolosuhteet sekä laitteen käytön määrä tulee huomioida kunnossapitosuunnitelmaa laatiessa. Tärkein asia on kuitenkin varmistua sähköturvallisuuslain sekä viranomaisten vaatimusten toteutumisesta.

Työssä saatiin kartoitettua sähköasemien laitteistot ja päivitettyä laitekohtaiset kunnossapitotaulukot ajan tasalle. Käytettävyyden parantamiseksi kunnossapito-ohjelmat koottiin samaan Excel-tiedostoon eri välilehdille. Huolto-ohjelmat suunniteltiin 15–30 vuotta eteenpäin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö suunnitelmiin tulisi muutoksia. Kunnossapito-ohjelmia pitää täydentää tarpeen vaatiessa sekä pitää ajan tasalla. Jokaisen laitteen kunnossapitotarpeesta keskusteltiin käyttötiimin kanssa ja muodostettiin tulevaisuutta koskeva kunnossapitotarve taulukoihin. Lisäksi työssä suunniteltiin uusi suojarleiden koestus- eli tarkastuskortti käyttötiimin sähköasentajien toivomusten mukaan.

Tämän työn tuloksista on hyötyä Leppäkosken Sähkölle. Laitteistoluettelon ansiosta käyttöpäällikön työ helpottuu, kun laitteistotiedot ovat ajan tasalla ja löydettävistä yhdestä dokumentista. Tietoja ei aiemmin ole ollut kirjattuna, joten tietojen selvittäminen on vaatinut asemakäynnin. Hyödyllistä oli myös saada Vatajankosken Sähköltä vertauskuvaa, miten heillä kunnossapitoa tehdään. Vatajankosken Sähkökin on kokemukseräisesti suunnitellut laitteiden kunnossapitoa, joten saatiin toinenkin mielipide laitteiden huoltotarpeista.

Laitteita on tarkastettu Leppäkosken Sähköllä visuaalisesti usein paljon tarkemmin kuin mitä valmistajan ohjeet suosittelevat. Asematarkastus tehdään kaikille asemille neljä kertaa vuodessa, jolloin laitteiden kunto tarkastetaan silmämääräisesti. Vaikka asematarkastus kirjataan Excel-tiedostoon kolmen kuukauden välein, visuaalisia tarkastuksia

tehdään aina asemalla käynnin yhteydessä ja havaitut puutteet korjataan välittömästi. Ehkäisevää kunnossapitoa laitteille tehdään pääosin valmistajien vaatimusten ilmoittamissa rajoissa. Aikavälit ovat suunniteltu kokemusperäisen tiedon ja suositusten perusteella. Yksi suurin muutos on sisäkytkinlaitoksen vähäöljykatkaisijoiden huolto, mitä tullaan jatkossa tekemään kolmen vuoden välein jaksotetusti.

Työtä tehdessä löydettiin muutamia kehitysehdotuksia. Asematarkastusta voitaisiin parantaa lämpökuvauksia suorittamalla, jolla voidaan estää sähköpaloja sekä laiterikkoja. Päämuuntajien osalta kunnossapitoa voitaisiin parantaa investoimalla mittalaitteisiin, jotka suorittavat jatkuvaa kunnonvalvontaa. Akustojen kunnossapito-ohjelmaan voitaisiin lisätä säännöllisesti tehtävä kuormituskoe, jolla saataisiin tietoa akuston suorituskyvystä ja -ajasta. Työtä tehtäessä ei ollut päätetty 110 kV:n katkaisijoiden ja erottimien tulevaisuuden kunnossapidosta.

Työtä tehtäessä materiaalia eri laitteiden kunnossapidosta oli saatavilla vaihtelevia määriä. Osasta laitteista ei lopulta löytynyt tarkasti kyseistä laitetta koskevaa manuaalia ja osasta löytyi hyvin yksityiskohtaisiakin tietoja. Tässä työssä ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta perehtyä yksittäiseen laitteeseen kovin tarkasti. Tämä aiheutti haasteita myös työn rajaukselle. Osasta sähköaseman laitteista on aiemmin tehty täysin omia opinnäytteitä. Tässä työssä on pyritty tuomaan esille yleisellä tasolla eri laitteiden kunnossapitotarve, eikä ole keskitytty tarkasti mihinkään yksittäiseen laitteeseen. Tarvittaessa voidaan tutkia tarkemmin yksittäisten laitteiden kunnossapitoa, mikäli sille havaitaan tarvetta.

LÄHTEET

ABB Oy. 1989. Tuoteseloste. SF₆-katkaisija laji HPL. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

ABB Oy. 1998. SPAA 341 C johdonsuojarele. Käyttöohje ja tekninen selostus. Luettu 9.2.2016.
https://library.e.abb.com/public/de4227695829fe99c2256c7e003f1ed7/FM_SPAA341C_FI_CBBA.pdf

ABB Oy. 1999a. Kunnossapito- ja tarkastusohje. SF₆-katkaisija varustettuna BLK 222 käyttölaitteella ja kolmepylväisellä jalustalla (LTB-sarja). Leppäkosken sisäinen materiaali.

ABB Oy, 1999b. REF 541, REF 543, REF 545 kennoterminaali. Tekninen ohje. Luettu 9.2.2016.
https://library.e.abb.com/public/62e52b4424f25f24c2256e5200321e6d/ref54_techfic.pdf

ABB Oy. 2004. Vähäöljykatkaisijoiden OSAK_ ja OSAP_ elinkaaren vaiheen muutos. Luettu 31.10.2015.
https://library.e.abb.com/public/4971ed21135ced49c225701f0040a4ac/Tiedote%20elinkaaren%20vaiheen%20muutoksesta%20OSAK_%20OSAP_.pdf

ABB Oy. 2013. Muuntajan kunnonvalvonta. Muuntajaöljyanalyysi. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

ABB Oy. 2014a. Muuntajaöljyanalyysit. Tuotekuvaus. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

ABB Oy. 2014b. VD4. Asennus- ja käyttöohjeet. Luettu 6.2.2016.
https://library.e.abb.com/public/54fc221e473ec0a8c1257ca50052d714/MA_VD4-36kV-50KA%28FI%29Y_647654-1403.pdf

ABB Oy. 2015a. CoreSense. Anturilla älyä muuntajaan. Tuotekuvaus.

ABB Oy. 2015b. Muuntajan elinkaaripalvelut. Ennakoiva huolto tuo käyttövarmuutta tulevaisuuteen.

ABB Oy. 2015c. Muuntajan käämikytkinhuolto käyttöpaikalla. Palvelukuvaus.

ABB Oy. 2015d. Suurmuuntajahuolto. Palvelukuvaus.

ABB Oy. 2016. VD4 Asennus- ja käyttöohjeet. Luettu 10.11.2015.
https://library.e.abb.com/public/54fc221e473ec0a8c1257ca50052d714/MA_VD4-36kV-50KA%28FI%29Y_647654-1403.pdf

ABB Strömberg Voimansiirto Oy. 2007. Ilmankuivain WJKHM. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

ABB Transmit. Öljyeristeiset tehomuuntajat. Asennus-, käyttö- ja hoito-ohjeet. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

ASEA a. Erotin laji NSA52-170/2000-3150E moottoriohjaimella tai käsiohjaimella ja varustettuna maadoitusveitsellä. Käyttöohje. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

ASEA b. SF₆-katkaisija HPA. Käyttö- ja huolto-ohje. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

Aura, L. & Tonteri, A.J. 1993. Sähkölaitostekniikka. 1. painos. Porvoo: WSOY.

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

Elovaara, J. & Laiho, Y. 1999. Sähkölaitostekniikan perusteet. 4. jatkopainos. Helsinki: Otatieto Oy.

Energiateollisuus ry. 2006. Verkostosuositus RJ 19:06. Pylväserotinasemien ja muuntopiirien maadoitukset standardin SFS 6001 mukaan. Helsinki: Adato Energia Oy.

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. 1. painos. Tampere: AMK-Kustannus Oy

Järviö, J. 2006. Kunnossapito. 3. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517.

Kivimäki, M. 2016. Sähköpostikeskustelu päämuuntajien huollosta. 22.3.2016.

Korpinen, L. 1998. Sähkövoimatekniikkaopus. Luettu 24.4.2016.
<http://www.leenakorpinen.fi/node/158>

Kortet, M. & Pihkoluoma, J. 2016. Käyttötiimin sähköasentajien haastattelu. 19.5.2016. Ikaalinen.

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito: tuottavuutta käynnissäpidolla. 1. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2009. Sähkönjakelutekniikka. 2. painos. Helsinki: Otatieto Oy.

Leppäkosken Sähkö Oy. Leppäkosken Sähkö Oy:n verkkosivut. Luettu 10.11.2015.
<http://www.leppakoski.fi/>

Lindstedt, E. 2016. Sähköpostikeskustelu sähköasemien kunnossapidosta. 21.4.2016.

Oy Strömberg Ab. Katkaisijoiden OSAM_, OSAN_ ja OSAO_ huolto-ohje. Leppäkosken Sähkö Oy:n sisäinen materiaali.

Sener. 1996. Verkostosuositus RM 6:96. Keski­jänniteverkon kauko-ohjattavien erottimien rakenteet. Helsinki: Adato Energia Oy.

Sener. 1997. Verkostosuositus TA 1:97. Verkonhaltijan toimesta tehtävät sekä omat käyttöönottotarkastukset. Helsinki: Adato Energia Oy.

SFS 6001. 2015. Suurjännitesähköasennukset. Suomen standardisoimisliitto ry. 4. painos.

Sähkötieto ry. 2003. ST 96.30 Akkujen hoito ja kunnossapito. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähkötieto ry. 2005. ST 53.22 Maadoitusresistanssin mittaaminen. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähköturvallisuuslaki (14.6.1996/410).
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410>

UTU Oy. Muuntajan öljyanalysaattori UTU Condor. Luettu 20.3.2016.
<http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/esiste-oljyanalysaattori-utu-condor-fi.pdf>

Vaisala Oy. MHT410 kosteus-, vety- ja lämpötilalähetin suurjännitemuuntajan kunnonvalvontaan. Luettu 20.3.2016.
http://www.vaisala.fi/fi/industrialmeasurements/products/moistureinoil/Pages/MHT410.aspx?_ga=1.190614632.254809523.1429870607#prettyPhoto

Virtanen, M. 2015. Lausunto 2. suuntaviivoista valvontamenetelmiksi 2016–2023. Luettu 27.1.2016.
<https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Lepp%C3%A4kosken+S%C3%A4hk%C3%B6%20Oy.pdf/12f2853b-6f65-40f2-ba25-b6f0a6d89e3a>

Sähkösasema		Suojarele		Itsevalvonta		Käyttöönotovuosi														
Kolmenkulma		ABB REF 630, REF 615		ON		2015														
Ylöjärvi		ABB SP AJ 140C, SP AJ 3C5 J3		ON																
Elovaatio		ABB SP AJ 140C, SP AJ 131C		ON		2002														
Hämenekyrö		ABB REF 543, SP AJ 140C		ON		2011														
Ikaalinen		ABB REF 545, SP AJ 140C		ON		2007														
Teharju		ABB SP AC 510 C15, SP AJ 140C		ON		1990														
Puumu		ABB SP AJ 140C, SP AJ 131C		ON		2010														
Parkano		ABB SP AJ 3C5 J3, SP AJ 140C		ON																
Jaakkola		ABB SP AJ 131C		ON		2000														
Sähkösasema								Huolto-ohjelma												
								2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047												
Kolmenkulma		Uusi		K																
Ylöjärvi		K		K																
Elovaatio		K				K														
Hämenekyrö		K		K																
Ikaalinen		K		K		K														
Teharju		K		K																
Puumu		K		K		K														
Parkano		K		K		K														
Jaakkola		K		K		K														

MAADOITUSVERKON KUNTOTARKASTUS

Kuntotarkastus sisältää silmämääräisen tarkastuksen ja suojohtimien ehjyyssmittauksen.
Kuntotarkastus 6 vuoden välein.

	Huolto-ohjelma																																							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036				
Sähkösema															T																									
Kolmenkulma																		T																						
Ylöjärvi																																								
Elovaatio																																								
Hämeenkyrö																																								
Ikaalinen																																								
Teilarju																																								
Puumu																																								
Parkano																																								
Jaakkola																																								

SÄHKÖASEMIEN MAADOITUSARVOMITTAUKSET

Maadoitusvastuksien arvot mitataan VA-menetelmällä 12 vuoden välein.
Mittausarvojen perusteella arvioidaan kosketusjännitteen muodostuminen

Sähköasema	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031				
Kolmenkulma																																								
Ylöjärvi													M																											
Elovaatio							M						M																											
Hämeenkyrö																																								
Ikaalinen																																								
Telharju																																								
Paunu																																								
Parkano																																								
Jaakkola																																								
Aro																																								
Loukkuroja																																								
Nerkoo																																								
Välkyjä																																								

Ylöjärven sähköasema								
110 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käämikytkin	Ohjain	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä
ULKOKENTTÄ	PÄÄMUUNTAJA (25 MVA)		ABB	KTRT 123 X 25	MS III 300 Y-110/B	MA 9	1988	1
	SF6-KATKAISUJA		ASEA	HPL 145/201 C1		BLG 352	1988	1
	EROTIN		STRÖMBERG	OJY-ZD3				1
	VIRTAMUUNTAJA		ASEA	IMBD 142 A2			1988	3
	JÄNNITEMUUNTAJA							
	YLIJÄNNITESUOJA		STRÖMBERG	XAR 123 A3/123			1988	3
ASEMARAKENNUS	YLIVIRTASUOJA		ABB	SPAJ 140 C SPCJ 4D29				1 1
	VARAYLIVIRTASUOJA		STRÖMBERG	SPAJ 3C5 J3				1
	JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄ (muuntaja)		GOSSEN	REG 5A-17506				1
20 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
	KATKAISUAKOJEISTO							
SYÖTTÖKENNO	VÄHÄÖLJYKATKAISUJA, 1250 A		STRÖMBERG	OSAM 24 D1	1983	1		
	VIRTAMUUNTAJA 800/5/5		STRÖMBERG	KOFA 24 D3		3		
	JÄNNITEMUUNTAJA 20/0,1 kV					1		
	YLIVIRTARELE		ABB	SPAJ 131 C SPCJ 3C3		1 1		
LÄHTÖKENNOT	VÄHÄÖLJYKATKAISUJA, 800A TYHÖKATKAISUJA, 630A		STRÖMBERG ABB	OSAM 24 D2 VD4	1983 2011	6 2		
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 100/1 KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 50/1		STRÖMBERG ABB	KOLA KOLMA		6 2		
	VIRTAMUUNTAJA 400/5 VIRTAMUUNTAJA 200/5		STRÖMBERG ABB	KOFA 24 D3 KOFA 24		21 3		
	SUOJARELE		ABB STRÖMBERG STRÖMBERG STRÖMBERG STRÖMBERG	REF 541 SPAN 2A4 J3 SPAT 2D200 J3 SPAS 1F1 J3 SPAJ 3C5 J3	2011 1983	2 6 6 6 6		
	MITTAUSKENNO	JÄNNITEMUUNTAJA 20/01 kV	ABB	KRES 24 A2-V02		3		
		MAASULKURELE	STRÖMBERG	SPAU 320 C SPCU 1C6		1 1		
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät								
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
ASEMARAKENNUS	230 VDC LATURI		ESMI			1		
	AKKU 12V		EXIDE TUDOR	SAFETY SGF 12/100		17		
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000		1		
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO 64D4 SACO 16 D2		1 2		
	KOMPENSOINTISÄÄTÄJÄ							
	SAMMUTUSKURISTIN							
	MAADOITUSMUUNTAJA							
	SECTOS-KATKAISUJA							

Elovainion sähköasema								
110 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käämikytkin	Ohjain	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä
ULKOKENTTÄ	PÄÄMUUNTAJA (25 MVA)		ABB	KATI 123 X 25	MS III 300-123/B-10191W	ED 100 S	2002	
	SF6-KATKAISUJA		ABB	LTB 145 D1		BLK 222	2002	1
	EROTIN		ABB	SGF123n100+1E		MT 50	2002	1
	MAADOITUSEROTIN		ABB	SGF123n100+1E		HA 31-80	2002	1
	VIRTAMUUNTAJA		ABB	IMB 123 200-400			2002	3
	JÄNNITEMUUNTAJA		ABB	EMFC			2002	3
ASEMARAKENNUS	YLIVIRTA-MAASULKURELE		ABB	SPAJ 140 C SPCJ 4D29			2002	1 1
	VARAYLIVIRTASUOJA		ABB	SPAJ 131 C SPCJ 3C3			2002	1 1
	JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄ (muuntaja)		ABB	SPAU 141 C1 SPCU 1D50 SPCN 1D56			2002	1 1 1
20 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
SYÖTTÖKENNO	KATKAISUAKOJEISTO		ABB	MH24 C20/MH 12-24 C/M	2002	1		
	TYHÖKATKAISUJA, 1250 A		ABB	VD4 24 12-16	2002	1		
	VIRTAMUUNTAJA 800/5/5		ABB	KOFA	2002	3		
	JÄNNITEMUUNTAJA 20/01 kV		ABB	KRES	2002	1		
	VALOKAARISUOJA		ABB	REA 101	2002	1		
	YLIVIRTARELE		ABB	SPAJ 131 C SPCJ 3C3	2002	1 1		
LÄHTÖKENNOT	TYHÖKATKAISUJA, 630A		ABB	VD4 24 06-16	2002	7+1 vara		
	VIRTAMUUNTAJA 300/5/5		ABB	KOFA	2002	21		
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 50/1 (100/1)		ABB	KOLMA	2002	7		
	SUOJARELE		ABB	SPAA 341 C SPCJ 4D28 SPCS 2D26 SPCT 5D54		7 7 7 7		
MITTAUSKENNO	JÄNNITEMUUNTAJA 20/01 kV		ABB	KRES		3		
	YL- JA ALAJÄNNITERELE/MAASULKU		ABB	SPAU 330 C1 SPCU 1C6 SPCU 3C14		1 1 1		
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät								
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
ASEMARAKENNUS	110 VDC LATURI		ELDACO	CL40	2002	1		
	48 VDC LATURI		ELDACO	CL40	2002	1		
	AKKU 12V (110 VDC)		EXIDE CLASSIC	12V 2 OPzS 100 LA	2002	9		
	AKKU 12V (48 VDC)		EXIDE TUDOR	SAFETY SGF 12/50	2002	4		
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000	2002	1		
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO SACO 16 D2	2002		4	
	KOMPENSOINTISÄÄTÄJÄ		TRENCH	EFC20	2002	1		
	SAMMUTUSKURISTIN							
	MAADOITUSMUUNTAJA							
	SECTOS-KATKAISUJA							

Hämeenkyrön sähköasema									
110 kV laitteisto									
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käämikytkin	Ohjain	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä	
ULKOKENTTÄ	PAÄMUUNTAJA (20 MVA)		ABB	KTRT 123 X 20	M III 300 Y-110/B	MA 7	1983	1	
	SF6-KATKAISIJIA (3150 A)		ABB	LBT 123 D1/B		HA 31-80	2011	1	
	EROTIN		ABB	SGF 123 n100+1E			2011	1	
	VIRTAMUUNTAJA		ARTECHE	CA 123			2011	3	
	JÄNNITEMUUNTAJA		ARTECHE	UTD 123			2011	3	
	YLIJÄNNITESUOJA		PEXLM	R123-XV 123			2011	3	
	TÄHTIPISTESUOJA		PEXLM	R090-YN123			2011	1	
	ASEMARAKENNUS	YLIVIRTA-/MAASULKURELE		ABB	REF 543			2011	1
		VARAYLIVIRTARELE		ABB	SPAJ 140 C SPCJ 4D29			2011	1 1
		DIFFERENTIAALIRELE		ABB	SPAD 346 c3 SPCD 3D53			2011	1 1
	JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄ			SPAU 341 C1 SPCU 1E30 SPCN 1D56			2011	1 1 1	
20 kV laitteisto									
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä			
SYÖTTÖKENNO	KATKAISIJAKOJEISTO		ABB	UniGear ZS1	2011	1			
	TYHJÖKATKAISIJIA (VAUNU), 1250 A		ABB	VD4	2011	1			
LÄHTÖKENNOT	VIRTAMUUNTAJA 800/5/5/1		ABB	TPU 65.23	2011	3			
	JÄNNITEMUUNTAJA 200/1 kV		ABB	TDC6	2011	1			
	YLIVIRTARELE		ABB	REF 543	2011	1			
	VALOKAARIVALVOJA		ABB	REA 101	2011	1			
MITTAUSKENNO	TYHJÖKATKAISIJIA (VAUNU), 630 A		ABB	VD4	2011	9			
	VIRTAMUUNTAJA, 200-400/5/5 A		ABB	TPU 63.13	2011	24			
	VIRTAMUUNTAJA, 200-400/5/5 A		ABB	TPU 63.13	2011	3			
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 100/1		ABB	KOKM	2011	9			
	YLIVIRTARELE		ABB	REF 541	2011	9			
ASEMARAKENNUS	JÄNNITEMUUNTAJA 200,1 kV		ABB	TJP6	2011	3			
	JÄNNITESUOJA		ABB	SPAU 330 C1 SPCU 1C6 SPCU 3C14	2011	1 1 1			
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät									
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä			
ASEMARAKENNUS	110 V DC LATURI		BENNING	LSA-FIN 110/10	2011	1			
	AKKU 12 V		EXIDE classic	2 Oper 100 LA	2011	9			
	48 V DC LATURI		BENNING	LSA-FIN 48/10	2011	1			
	AKKU 12 V		EXIDE classic	1 OPS 50 LA	2011	4			
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000	2011	1			
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO 16 D2	2011	3			
	KOMPENSOINTISÄÄTÄJÄ		A-EBERLE	REG_DPA	2011	1			
	SAMMUTUSKURISTIN								
	MAADOITUSMUUNTAJA								
	SECTOS-KATKAISIJIA								

Kaalisten sähköasema								
110 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaite	Laitetus	Valmistaja	Tyyppi	Käimäkytkin	Ohjain	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä
ULKOKENTTÄ	PÄÄMUUNTAJA (25 MVA)		ABB	KTPUT123NC	MS III 300-Y-123/B	ED-S	2011	1
	SF6-KATKAISUJA		ABB	LTB 145 D1/B		BLK 222	2007	1
	EROTIN		ABB	SGF 123 n100+1E			2007	1
	VIRTAMUUNTAJA (100-200/5/5/5 A)		ABB	IMB 123			2007	3
	JÄNNITEMUUNTAJA		ABB	EMFC 145			2007	3
	YLIJÄNNITESUOJA		ABB	PEXLM R132-AV123			2007	3
ASEMARAKENNUS	YLVIRTARELE		ABB	REF 545			2007	1
	VARAYLVIRTASUOJA		ABB	SPAJ 140 C SPCJ 4D29			2007	1 1
	JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄ (MUUN.)		ABB	SPAU 341 C1			2007	1
				SPCU 1D50				1
				SPCN 1D56				1
DIFFERENTIAALIRELE		ABB	SPAD 346 C3 SPCD 3D53			2007	1	
20 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaite	Laitetus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
	KATKAISIJA KOJEISTO		ABB	UNISWITCH 14 F1 UNISWITCH SDF UNISWITCH SDC	2007			(8 kennoa) (mittaus&omakäyt. kennot) (Aron syöttökennot)
	VALOKAARISUOJA		ABB	REA 101	2007	1		
SYÖTTÖKENNO	TYHÖKATKAISUJA, 1250 A		ABB	VD4	2007	1		
	VIRTAMUUNTAJAT		ABB	TPU 63.13 800/5/1	2007	3		
	YLVIRTARELE		ABB	REF 543	2007	1		
LÄHTÖKENNOT	TYHÖKATKAISUJA (VAUNU), 630A		ABB	VD4	2007	7		
	VIRTAMUUNTAJAT		ABB	TPU 60.13 200/400/5/5	2007	21		
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 100/1		ABB	KOKM 06J23 100/1	2007	7		
	SUOJARELE		ABB	REF 541	2007	7		
MITTAUSKENNO	JÄNNITEMUUNTAJA 200,1		ABB	TJC 6	2007	3		
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät								
Sijainti	Toimilaite	Laitetus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
	110 VDC LATURI		ELDACO	CL40	2007	1		
	AKKU 12 V		EXIDE	OPzS 100 LA	2007	9		
	48 VDC LATURI		ELDACO	CL40	2007	1		
	AKKU 12 V		EXIDE	OPzS 50 LA	2007	4		
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000	2007	1		
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO 64D4-3-AA	2007	1		
				SACO 16 D2			4	
	KOMPENSOINTISÄÄTÄJÄ		TRENS	EFC 20	2007	1		
	SAMMUTUSKURISTIN		TRENCH	ENK 20/100/1250	2007	1		
	MAADOITUSMUUNTAJA, 1180 kVA		MORE TRAF0	OTK 6560 H	2007	1		
	SECTOS-EROTIN + MOOTTORINOHJAIN		ABB	NXBS 24E630AM3	2007	1		

Teiharjun sähköasema								
110 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaitte	Laitetus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Ohjain	Lukumäärä	
ULKOKENTTÄ	PÄÄMUUNTAJA (25 MVA)		ABB	KTRT 123 X 25	UZERN 550/300	BUF 3	1990	1
	KATKAISUJA		ASEA	HPL 145/20 C1			1990	1
	EROTIN		ASEA	HSA 123/2000 E			1990	1
	VIRTAMUUNTAJA		ABB	IMBD 145A3			1990	3
	JÄNNITEMUUNTAJA		ABB	EMFC 145			1990	3
	YLIJÄNNITESUOJA		ABB	CAR 123A3 XER 123N			1990	1
	ASEMARAKENNUS	YLIJIVTARELE		ABB	SPAC 510 C15 SPCJ 3C3 SPCU 1C1			
VARAYLIJIVTASUOJA			ABB	SPAJ 140 C SPCJ 4D29				1 1
JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄ (muuntaja)			REINHAUSEN	MK20			1990	1
20 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaitte	Laitetus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
SYÖTTÖKENNO	SF6-VAUNUKATKAISUJAKOJEISTO		ABB	MH 24 C 12,5	1990	1		
	SF6-VAUNUKATKAISUJA, 1250 A		ASEA	HPA 24/1220 MH	1990	1		
	VIRTAMUUNTAJAT 400/800/5/5		STRÖMBERG	KOFA 24D2	1990	3		
	JÄNNITEMUUNTAJA, 50 VA		STRÖMBERG	KRES 24B2/20kV	1990	1		
	SUOJARELE		ABB	SPAC 510 C15 E165 SPCJ 3C3 SPCU 1C1	1990	1 1 1		
LÄHTÖKENNOT	SF6-VAUNUKATKAISUJA, 630 A		ASEA	HPA 24/612 MH	1990	7		
	VIRTAMUUNTAJAT 200/400/5/5		STRÖMBERG	KOFA 24D2	1990	21		
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA		STRÖMBERG	KOLMA 06D1	1990	7		
	SUOJARELE		ABB	SPAC 510 C3 SPCJ 3C3 SPCS 3C4 SPCT 2C17	1990	7 7 7 7		
	JÄNNITEMUUNTAJA 50/90 VA		STRÖMBERG	KRES 24A2/20 kV	1990	3		
MITTAUSKENNO	KISKOJÄNNITTEENVALVOJA		ABB	SPAU 330 C1 SPCU 1C6 SPCU 3C 14	1990	1 1 1		
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät								
Sijainti	Toimilaitte	Laitetus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
ASEMARAKENNUS	110 VDC LATURI		ELDACO	CL40		1		
	AKKU 12 V		EXIDE	CLASSIC OPzS 100 LA		9		
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000		1		
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO SACO 16 D2		1 3		
	KOMPENSOINTISÄÄTÄJÄ		A-EBERLE	REG-DPA	2009	1		
	SAMMUTUSKURISTIN, 8,3-83 A		EGE	ASR1.OP	2009	1		
	MAADOITUSMUUNTAJA, 960 KVA		ABB	CTMU 24 HC 960	2009	1		
	SECTOS-EROTIN + MOOTTORINOHJAIN		ABB	NXBS 24E630AM3	2009	1		

Jaakkolan sähköasema								
110 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaitte	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käämikytkin	Ohjaan	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä
ULKOKENTTÄ	PÄÄMUUNTAJA (16 MVA)	PM1	ABB	KTRT 123 X 16 549215	MR D III 200 48992	MA 2D	1973	1
	SF6-KATKAISIJIA	E01Q0	ABB	LTB 145 D1		BLK 222	2000	1
	EROTIN	E01Q1	ABB	GF 123N100 + 1E.ohj		1E	2000	1
		E01Q9	ABB	GF 123N100 + 1E.ohj		HA 31-80	2000	1
	VIRTAMUUNTAJA		ABB	EMFC 145			2000	3
	JÄNNITEMUUNTAJA							
	YLIJÄNNITESUOJA		ABB	PEXLLM R132-XV123			2000	3
			ABB	PEXLLM R72-XX123			2000	1
ASEMARAKENNUS	YLIVIRTARELE		ABB	SPAJ 131 C			2000	1
				SPCJ 3C3			2000	1
	VARAYLIVIRTARELE		ABB	SPAJ 131 C			2000	1
				SPCJ 3C3			2000	1
	YLI- JA ALIJÄNNITERELE SAMA KUIN JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄ		ABB	SPAU 341 C3			2000	1
				SPCU 1D50			2000	1
20 kV laitteisto								
Sijainti	Toimilaitte	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
	KATKAISUJAKOJEISTO		STRÖMBERG	MELY 24 C1 GG	1977	1		
SYÖTTÖKENNO	VÄHÄÖLJYKATKAISIJIA, 1250 A		STRÖMBERG	OSAN 24 A1		1		
	VIRTAMUUNTAJA 1250/5					3		
	JÄNNITEMUUNTAJA			SARVIAAKKO		1		
	YLIVIRTARELE		ABB	REF 541	2013	1		
	VALOKAARIVALVOJA		ABB	REA 101	2000 ??	1		
LÄHTÖKENNOT	VÄHÄÖLJYKATKAISIJIA 800A KISKOKATKAISIJIA		ABB	OSAP 20 W2		7		
			ABB	OSAM 24 A2		1		
	VIRTAMUUNTAJA, 150-300/5/5 A KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 70/5	T7				24 8		
	YLIVIRTARELE		ABB	REF 541		8		
MITTAUSKENNO	JÄNNITEMUUNTAJA		STRÖMBERG	KRES 24 A1		3		
	SUOJARELE		ABB	SPAU 330 C1		1		
				SPCU 1C6		1		
				SPCU 3C14		1		
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät								
Sijainti	Toimilaitte	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä		
ASEMARAKENNUS	110 V DC LATURI AKKU 12 V		EFORE	CL40		1		
			VARTA	GLS PLUS 12/100		9		
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000	2012	1		
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO		1		
				SACO 16 D2		2		
	KOMPENSOINTISÄÄTÄJÄ		TRENCH	EFC 50		1		
	SAMMUTUSKURISTIN							
	MAADOITUSMUUNTAJA							
	SECTOS-KATKAISIJIA							

Aron kytkinasema							
20 kV laitteisto							
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä	
ASEMARAKENNUS	KATKAISIJAKOJEISTO		STRÖMBERG	MEKA 24 B-GC	1972	1	
SYÖTTÖKENNO	VÄHÄÖLJYKATKAISIJA, 630 A		STRÖMBERG	OSAM 24 A2		2	OLIKO?
	VIRTAMUUNTAJA, 200-400/5/5		STRÖMBERG			2	OLIKO?
LÄHTÖKENNOT	VÄHÄÖLJYKATKAISIJA 630A		ABB	OSAM 24 A2		9	
	VIRTAMUUNTAJA, 100-200/5/5 A		STRÖMBERG			3	
	VIRTAMUUNTAJA, 150-300/5/5 A		STRÖMBERG			3	
	VIRTAMUUNTAJA, 200-400/5/5 A		STRÖMBERG			15	
	VIRTAMUUNTAJA, 400-800/5/5 A, kaasuvoimalaite		STRÖMBERG			3	
	VIRTAMUUNTAJA, 100/5, J12 kondensattorikerro		STRÖMBERG			2	
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 70/1 A		ABB	KOLMA 06D1		9	
	YLIVIRTARELE		ABB	SPAA 341 C	2007	9	
				SPCJ 4D 28	2007	9	
				SPCS 2D 26	2007	9	
				SPCT 5D 54	2007	9	
MITTAUSKENNO	JÄNNITEMUUNTAJA		STRÖMBERG	KRES 24 A2		3	
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät							
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä	
ASEMARAKENNUS	60 V DC LATURI AKKU 12 V		MUUNTOLAITE OY EXIDE CLASSIC	60/12RE21 2 OPzS 100 LA		1 5	
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000	2013	1	
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO 16 D2	1995	2	

Loukkuojan kytkinasema							
20 kV laitteisto							
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä	
	KATKAISIJAKOJEISTO		STRÖMBERG			1	
LÄHTÖKENNOT	VÄHÄÖLJYKATKAISIJA 400A		ABB	OSAK 20-T3		6	
	VIRTAMUUNTAJA, 75-150/5/5					3	
	VIRTAMUUNTAJA, 50-100/5/5 A					15	
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 70/1					6	
	JÄNNITEMUUNTAJA					6	
	YLIVIRTARELE		ABB	SPAA 341 C	2012	6	
				SPCJ 4D 28	2012	6	
				SPCS 2D 26	2012	6	
				SPCT 5D 54	2012	6	
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät							
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä	
ASEMARAKENNUS	60 V DC LATURI AKKU 12 V		ELDACO SONNEN SCHEIN	CL30 50 Ah		1 5	
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000		1	
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO 16 D1		1	

Nerkoon kytkinasema							
20 kV laitteisto							
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä	
	KATKAISIJAKOJEISTO		STRÖMBERG	MELY 24 C1 GH	1978	1	
LÄHTÖKENNOT	VÄHÄÖLJYKATKAISIJA 800A		ABB	OSAM 24 A2		4	
	VIRTAMUUNTAJA, 100-200/5/5 A, kähmiö kk		STRÖMBERG	KOFA 24 D2		3	
	VIRTAMUUNTAJA, 50-100/5/5 A		STRÖMBERG	KOFA 24 D2		9	
	KAAPELIVIRTAMUUNTAJA 70/1					4	
	YLIVIRTARELE		ABB	SPAA 341 C	2012	4	
				SPCJ 4D 28	2012	4	
				SPCS 2D 26	2012	4	
				SPCT 5D 54	2012	4	
MITTAUSKENNO	JÄNNITEMUUNTAJA		STRÖMBERG	KRES 24 A1		3	
Tasasähköjärjestelmät ja muut järjestelmät							
Sijainti	Toimilaite	Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Käyttöönottovuosi	Lukumäärä	
ASEMARAKENNUS	110 V DC LATURI AKKU 12 V		ELDACO TUDOR	CL40 SGF 12/50	2002 2002	1 9	
	ALA-ASEMA		KUUMIC	KU-2000	2012	1	
	HÄLYTYSKESKUS		ABB	SACO 16 D1	2002	1	

Liite 3. Releen tarkastuskortti

Releen tarkastuskortti

Asema:		Virtamuuntaja:					
Kenno:		Muuntosuhde I_{FN} / I_{SN} :					
Rele:		Kaapelivirtamuuntaja:					
Releen/Lähdön asettelut		Muuntosuhde I_{FN} / I_{SN} :					
Ylivirta:		Maasulku:					
$I >$	$x I$				Ryhmä1: $I_0 =$	$x I_N$ $U_0 =$	
Polttoajat	$T =$				Polttoajat	$T =$	
$I >>$	$x I_N$				Ryhmä2: $I_0 =$	$x I_N$ $U_0 =$	
Polttoajat	$T =$				Polttoajat	$T =$	
	Koearvot	Katkaisijan toiminta-ajat				Huomautuksia:	
Mittaus	Aset./Tod.	U_0	Kulmat C°	t_1	t_2		t_3
$I >$	/						L1 L2 L3 Hwv.
$I >>$	/						
Ryhmä1 90°	/						
Ryhmä2 0°	/						
PJK							
AJK							
Pvm:		Koestaja:					
$I >$	/						
$I >>$	/						
Ryhmä1 90°	/						
Ryhmä2 0°	/						
PJK							
AJK							
Pvm:		Koestaja:					
$I >$	/						
$I >>$	/						
Ryhmä1 90°	/						
Ryhmä2 0°	/						
PJK							
AJK							
Pvm:		Koestaja:					
$I >$	/						
$I >>$	/						
Ryhmä1 90°	/						
Ryhmä2 0°	/						
PJK							
AJK							
Pvm:		Koestaja:					