

SÄHKÖASEMIEN ENNAKKOHUOLTO JA KUNNOSSA-
PITO TORNIONLAAKSON SÄHKÖ OY:SSÄ

Keränen Perttu

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Perttu Keränen	Vuosi	2018
Ohjaaja	DI Jaakko Etto		
Toimeksiantaja	Tornionlaakson Sähkö Oy Käyttöpäällikkö Reijo Mustonen		
Työn nimi	Sähköasemien ennakkohuolto ja kunnossapito Tornionlaakson Sähkö Oy:ssä		
Sivu- ja liitesivumäärä	80 + 6		

Tornionlaakson Sähkö Oy on läntisessä Lapissa toimiva sähköverkkoyhtiö. Yhtiö harjoittaa verkkoliiketoimintaa pääosin Kolarin, Pellon, Ylitornion ja Tornion kuntien alueella. Yhtiön sähköverkon pituus on noin 3700 km ja sähköasemia on 15 kpl. Muiden verkkoyhtiöiden tapaan, myös Tornionlaakson Sähkö Oy investoi sähköverkkoonsa merkittäviä summia, jotta vuonna 2013 voimaan tulleet sähkömarkkinalain velvoitteet täyttyisivät vuoteen 2028 mennessä.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Tornionlaakson Sähkö Oy:lle, ja aiheena oli sähköasemien ennakkohuolto ja kunnossapito. Työllä oli useita tavoitteita. Ensimmäisenä tavoitteena oli suunnitella, päivittää ja yhtenäistää sähköasemien ennakkohuolto-ohjelmat. Toisena oli laatia työohjeet yhtiön omilla resursseilla sähköasemilla tehtäviin ennakkohuoltotoihin ja sähköasematarkastuksiin. Kolmantena tavoitteena oli hyödyntää työnohjausjärjestelmää sähköasematarkastuksissa siten, että tarkastukset voitaisiin tehdä sähköisesti kannettavalla mobiililaitteistolla. Tarkastuslomakkeet löytyisivät työnohjausjärjestelmästä, tarkastuksen kohteena olevan sähköaseman alta. Mahdollisista epäkohdista tai vioista luotaisiin työmääräin, joka voitaisiin osoittaa tietylle organisaatiolle.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja työssä onnistuttiin tuomaan esille sähköasemien eri komponenteille suoritettavat huollot ja huoltovälit resurssointineen. Ennakkohuolto-ohjelma ja omilla resursseilla tehtävät huollot työohjeineen ja sähköasematarkastuksineen onnistuttiin laatimaan alkuperäisten tavoitteiden mukaisesti. Tavoite työnohjausjärjestelmän hyödyntämisestä sähköasematarkastuksissa saavutettiin ja kyseinen sähköinen tarkastuskäytäntö otettiin käyttöön onnistuneesti TLS:n sähköasemilla.

Työ oli hyvin laaja kokonaisuus ja työn aikana joutui perehtymään useisiin eri aineistoihin ja julkaisuihin. Työ oli pitkälti kehitystyötä ja soveltavaa tutkimusta, jonka tuotoksena syntyi kattava kokonaiskuva sähköasemille suoritettavista ennakkohuolto- ja kunnossapitotoimenpiteistä.

Avainsanat: sähköasema, kunnossapito, ennakkohuolto, tarkastukset

Technology, Communication and Transport
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Perttu Keränen	Year	2018
Supervisor	Jaakko Etto, M.Sc. (Tech)		
Commissioned by	Tornionlaakson Sähkö Oy Reijo Mustonen, Operation Manager		
Subject of thesis	Preventive Maintenance and Maintenance of Electrical Station		
Number of pages	80 + 6		

Tornionlaakson Sähkö Corporation is an electric distribution network company operating in western Lapland. Its electrical grid consists of approximately 3700 km of line and 15 electric stations. Like other electricity providers, Tornionlaakson Sähkö makes considerable investments in its electric distribution grid in order to meet the requirements set by the Electricity Market Act of 2013. These requirements are expected to be met by 2028.

This thesis is prepared for Tornionlaakson Sähkö, and the topic of this thesis is the preventive maintenance and servicing of the electric stations. The thesis had several goals. First, to design, update and unify the preventive maintenance plans for the electric stations. Secondly, to draft directives for preventive maintenance and inspections of electric stations performed with company's own resources. The third goal was to take advantage of the work supervision system in the inspections of the electric stations, so that the inspections could be performed using mobile devices. The mobile devices would provide access to the work supervision system, where inspection forms could be found under each electric station. Possible problems or defects could then be reported and a work order could be appointed to a specific organization.

The goals set for this thesis were met and servicing and maintenance intervals for the various components of the electric station were outlined. The preventive maintenance plan as well as servicing performed with company's own resources, including the directives and inspections of the electric stations, were successfully drafted according to the initial goals of the thesis. The utilization of the work supervision system in the inspection of the electric stations was also successful. The system is currently taken into operation at all electric stations of the company.

Overall, the thesis work was very extensive and required the implementation of various data and publications. The work was mostly a development and applied research, which yielded a general view of the preventive maintenance and servicing procedures conducted at the electric stations.

Key words: Electric station, maintenance, preventive maintenance, inspections

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	LAINSÄÄDÄNTÖÄ.....	10
2.1	Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 1:2 §.....	10
2.2	Sähkölaitteita ja laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset	10
2.3	Sähkölaitteiston luokitus	11
2.4	Sähkölaitteiston määräaikaistarkastus.....	11
2.5	Sähkölaitteiston huolto ja kunnossapito-ohjelma	12
2.6	Sähkömarkkinalain uudistus 2013	12
3	KUNNOSSAPITO	14
3.1	Korjaava kunnossapito.....	15
3.2	Ehkäisevä kunnossapito	16
3.3	Aikaperusteinen kunnossapito (TBM)	16
3.4	Parantava kunnossapito	17
3.5	Kuntoperusteinen kunnossapito (CBM)	17
3.6	Luotettavuusperusteinen kunnossapito (RCM)	17
4	SÄHKÖASEMA.....	18
4.1	TLS:n verkkotietoja	18
4.2	Sähköasema-alue	20
4.3	Kytäkenttä ja rakennukset	21
5	SÄHKÖASEMIEN ENNAKKOHUOLTO JA KUNNOSSAPITO	22
5.1	Päämuuntaja.....	22
5.1.1	Päämuuntajan ulkoiset osat	24
5.1.2	Käämikytkin	25
5.1.3	Perushuolto	26
5.1.4	Käämikytkinhuolto	27
5.1.5	Tarkastushuolto.....	28
5.1.6	Öljynäyte	28
5.1.7	Muuntajan primäärisuojat	31
5.2	SJ-katkaisijat.....	32
5.2.1	Katkaisijoiden huollot.....	34
5.2.2	SF6 -katkaisijat.....	35

5.2.3	Vähäöljykatkaisijat.....	36
5.3	Erottimet	37
5.4	Mittamuuntajat	38
5.5	Keskijännitekojeiston mittamuuntajat.....	40
5.6	Keskijännitekojeistot	41
5.6.1	Kojeiston rakenne.....	43
5.6.2	Kojeiston huolto.....	44
5.6.3	Keskijännitekatkaisijat	45
5.6.4	Keskijännitekatkaisijoiden huolto.....	47
5.6.5	Maadoituskytkimet.....	48
5.7	Maasulkuvirran sammutuslaitteistot.....	50
5.8	Reaktorit	53
5.9	Suojareleet.....	54
5.9.1	Yleisimmät reletyypit	55
5.9.2	Sähköaseman suojaus	56
5.9.3	Valokaarisuojaus	58
5.10	Omakäyttöjärjestelmä.....	60
5.11	Tasasähköjärjestelmät.....	61
5.12	Lämpökuvaukset	64
5.13	Maadoitusmittaukset.....	65
6	SÄHKÖASEMATARKASTUKSET	67
6.1	Kuukausitarkastukset.....	68
6.2	Vuositarkastukset	69
7	TYÖNOHJAUSJÄRJESTELMÄ.....	72
8	POHDINTA.....	75
	LÄHTEET.....	77
	LIITTEET	80

ALKUSANAT

Kiitän omasta puolestani Tornionlaakson Sähkö Oy:tä mielenkiintoisesta ja ajan-kohtaisesta opinnäytetyön aiheesta. Erikoiskiitokset työn ohjaamisesta ja käytännön neuvoista Käyttöpäällikkö Reijo Mustoselle, jonka asiantuntemus mahdollisti aiheen käsittelyn siinä laajuudessaan. Kiitokset myös Kari Pykälälle kaikista vinkeistä ja neuvoista matkan aikana.

Kiitokset hyvästä opinnäytetyön ohjauksesta ja neuvoista Jaakko Etolle, joka toimi työn ohjaajana koulun puolesta.

Pellossa 27.11.2018

Perttu Keränen

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CBM	Condition Based Maintenance, Kuntooperusteinen kunnossapito
FG	Fingrid
KJ	Keskijännite
RCM	Reliability Centered Maintenance, Luotettavuusperusteinen kunnossapito
SF ₆	Rikkiheksafluoridi -kaasu
SJ	Suurjännite
TBM	Time-Based Maintenance, Aikaperusteinen kunnossapito
TLS	Tornionlaakson Sähkö Oy

1 JOHDANTO

Tornionlaakson Sähkö Oy on läntisessä Lapissa toimiva sähköverkkoyhtiö. Yhtiö harjoittaa verkkoliiketoimintaa pääosin Kolarin, Pellon, Ylitornion ja Tornion kuntien alueella. Yhtiön palveluksessa on 35 henkilöä ja asiakkaiden lukumäärä on noin 16 500 kpl. Vuoden 2017 liikevaihto oli 17,5 M€ ja verkkoinvestointeihin käytettiin 6,1M€. (Tornionlaakson Sähkö Oy 2018b.)

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, sillä Tornionlaakson Sähkö Oy on rakentanut ja rakentaa lähitulevaisuudessa uusia sähköasemia jakeluverkkoonsa ja tämän vuoksi yhtenäiset ennakkohuolto ja kunnossapitokäytännöt ovat jo pelkistään laitteiston hallittavuuden kannalta tärkeitä.

TLS:n jakeluverkko on jaettu maantieteellisesti neljään eri piiriin. Jokaisen piirin vastuulle kuuluu oman jakeluverkkoalueen kunto- ja kunnossapitotarkastukset, mukaan lukien sähköasematarkastukset. Oma toimenkuvani TLS:ssä liittyy oleellisesti sähköasemien operatiiviseen käyttöön, minkä vuoksi aihe on mielenkiintoinen ja tarjoaa hyvän tilaisuuden tutustua syvällisemmin sähköasemiin kuuluviin laitteisiin ja niiden kunnossapitoon. Opinnäytetyössä käsitellään sähköasema-alueella olevia laitteistoja ja niiden kunnossapitoa.

Opinnäytetyöllä on kaksi selkeää toisiinsa liittyvää päämäärää. Ensimmäisenä tehtävänä oli suunnitella, päivittää ja yhtenäistää sähköasemien ennakkohuolto-ohjelmat sekä työohjeet omilla resursseilla tehtäviin ennakkohuoltotöihin ja sähköasematarkastuksiin.

Toisena tehtävänä on luoda työnohjausjärjestelmään sähköasemille tehtävistä säännöllisistä kunnossapitotarkastuksista yleispätevä sähköinen tarkastuslomake. Tarkastuksessa havaituista puutteista ja vioista luodaan sähköinen työmääräin, joka voidaan osoittaa kunnossapitoa suorittavalle organisaatiolle tai resurssille. Sähköiset työmääräimet tallentuvat automaattisesti tietokantaan, ja niitä voidaan hyödyntää myöhemmin laitteiston vikahistoriaa selvittäessä.

Vuonna 2013 voimaan tullut uusi sähkömarkkinalaki asettaa sähköverkkoyhtiöille voimakkaat investointipaineet sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantamiseksi. Laki velvoittaa, että vuoden 2028 jälkeen ei jakeluverkossa saa ilmetä

myrskyn tai lumikuorman seurauksena asemakaava-alueella yli 6 tunnin ja haja-asutusalueella yli 36 tunnin sähköjakelun keskeytystä. Näiden aseteltujen rajojen ylittäminen velvoittaa jakeluverkon haltijan maksamaan kuluttajille vakiokorvauksia entistä lyhyemmistä sähkökatkoista. Toisaalta myös jakeluverkon sähkölaitteisto luokitus velvoittaa jakeluverkon haltijaa laatimaan sähkölaitteistolleen sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma.

Yksi tapa parantaa sähköjakelun toimitusvarmuutta on lisätä sähköasemia jakeluverkkoon. Tämä lisää johtolähtöjen määrää jakeluverkossa ja jakaa lähdön vaikutusalueen useaan pienempään osaan.

2 LAINSÄÄDÄNTÖÄ

2.1 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 1:2 §

Sähköturvallisuuslaissa 1135/2016 1:2§ lain soveltamisala määritellään seuraavasti:

”Tätä lakia sovelletaan sähkölaitteisiin ja -laitteistoihin, joita käytetään sähkön tuottamisessa, siirrossa, jakelussa tai käytössä ja joiden sähköisistä tai sähkömagneettisista ominaisuuksista voi aiheutua vahingon vaara tai häiriötä. Tätä lakia sovelletaan myös radiolaitteisiin ja viestintäverkkoihin siltä osin kuin niistä voi aiheutua vaaraa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle taikka haitallisia häiriöitä, joista ei säädetä tietoyhteiskuntakaassa (917/2014) tai sen nojalla annetuissa säännöksissä.” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 1:2 §.)

2.2 Sähkölaitteita ja laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 1:6 § määrittelee yleiset vaatimukset sähkölaitteille ja laitteistoille:

”Sähkölaitteet ja laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai magneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Jos sähkölaitte tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön.” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 1:6 §.)

2.3 Sähkölaitteiston luokitus

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 3:44 § määrittelee sähkölaitteistoluokat seuraavalla tavalla:

”Sähkölaitteistot jaetaan niiden varmennus- ja määräaikaistarkastusten vaatimusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten osalta luokkiin seuraavasti:

1) luokan 1 sähkölaitteisto:

- a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;
- b) muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;

2) luokan 2 sähkölaitteisto:

- c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;
- d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1600 kilovoltiampeeria.

3) luokan 3 sähkölaitteisto:

- c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko.”
(Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 3:44 §.)

2.4 Sähkölaitteiston määräaikaistarkastus

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 3:49 velvoittaa sähkölaitteistoille tehtävät määräaikaistarkastukset seuraavasti:

”Käytössä olevalle luokan 1 ja 2 sähkölaitteistolle asuinrakennuksia lukuun ottamatta on tehtävä määräaikaistarkastus kymmenen vuoden välein. Jos asuinrakennuksen osana on liiketiloja tai muita pääasiassa muuta käyttöä kuin asumista palvelevia tiloja, joiden suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria, on näiden tilojen sähkölaitteistolle tehtävä määräaikaistarkastus kymmenen vuoden välein. Luokan 3 sähkölaitteistolle määräaikaistarkastus on tehtävä viiden vuoden välein. Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia määräaikaistarkastuksesta.” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 3:49 §.)

2.5 Sähkölaitteiston huolto ja kunnossapito-ohjelma

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 3:48 § määrittää sähkölaitteistojen kunnossapidettävyyden seuraavasti:

”Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistolle laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Sähkölaitteiston haltija vastaa siitä, että kunnossapito-ohjelmaa noudatetaan. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon sähkölaitteiston käyttöympäristöstä aiheutuvat tarpeet. Muiden sähkölaitteistojen osalta ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla.” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 3:48 §.)

2.6 Sähkömarkkinalain uudistus 2013

Vuosikymmenen alussa Suomessa esiintyneet voimakkaat myrskyt aiheuttivat merkittävää tuhoa usealle eri sähköverkkoyhtiöille. Sähkönjakelun keskeytyksistä ja verkon korjauksista maksetut korvaukset aiheuttivat sähköverkkoyhtiöille merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Myrskyjen seurauksena jakeluverkkojen toimintavarmuus havaittiin riittämättömäksi ja sen seurauksena laadittiin uusi sähkömarkkinalaki, joka astui voimaan 1.9.2013. (Energiavirasto Oy 2018.)

Sähkömarkkinalaki -uudistuksen aiheuttamat keskeisimmät muutokset jakeluverkkotoiminnassa ovat seuraavat:

51§ Jakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset

”Jakeluverkko on suunniteltava ja rakennettava, ja sitä on ylläpidettävä siten, että:

- 1) verkko täyttää järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset;
- 2) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta asemakaava-alueella verkon käyttäjälle yli 6 tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytystä;

Jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta muualla kuin 2 kohdassa tarkoitetulla alueella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestäväää sähkönjakelun keskeytystä.”

52§ Jakeluverkon kehittämissuunnitelma

”Jakeluverkonhaltijan on laadittava jakeluverkkoansa koskeva kehittämissuunnitelma, joka sisältää toimenpiteet, joiden toteuttaminen johtaa 51 ja 119 §:ssä säädettyjen vaatimusten täyttymiseen ja ylläpitämiseen jakeluverkossa. Kehittämissuunnitelma on päivitettävä kahden vuoden välein.”

119§ Jakeluverkon toimintavarmuutta koskeva siirtymäluonnos

”Jakeluverkonhaltijan on täytettävä 51 §:n 1 momentin 2 ja 3 kohdassa säädetyt vaatimukset vastuualueellaan viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2028. Vaatimusten on täytyttävä viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2019 vähintään 50 prosentilla jakeluverkon kaikista käyttäjistä vapaa-ajan asunnot pois lukien ja viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2023 vähintään 75 prosentilla jakeluverkon kaikista käyttäjistä vapaa-ajan asunnot pois lukien.” (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 51§, 52§, 119§.)

3 KUNNOSSAPITO

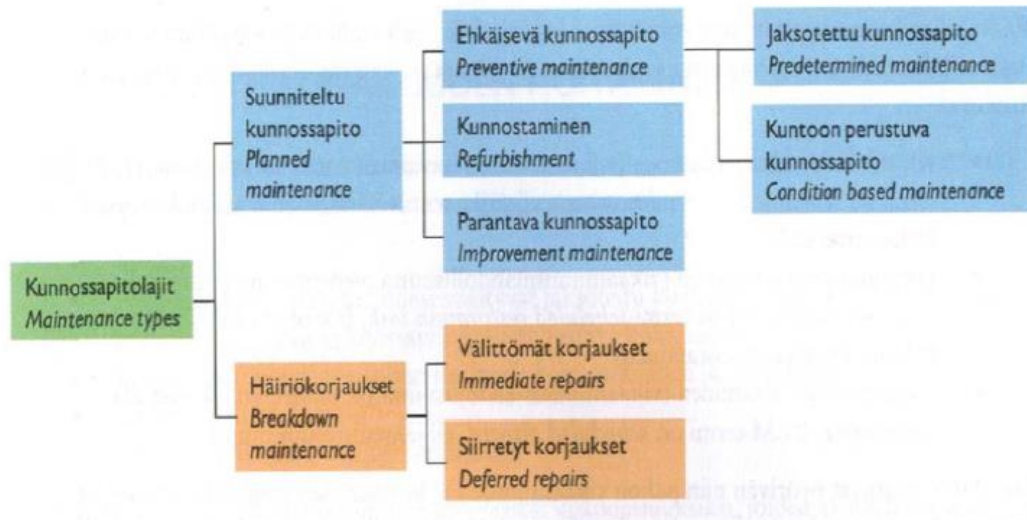
Kunnossapitotoimintaa on tehty siitä lähtien, kun ihminen on rakentanut tai käyttänyt koneita. Alkuun kunnossapitotoiminta oli tyyppillisesti korjaavaa, jolloin huolto tai korjaus toimenpide tapahtui vasta koneen vikaantumisen jälkeen. Nykyisin kunnossapitotavat ovat kehittyneet moneksi eri tyyppiseksi menetelmäksi, koska koneellistuva yhteiskunta on asettanut tietyt tavoitteet tai velvoitteet koneistojen tehokkuudelle, luotettavuudelle, turvallisuudelle kuin myös ympäristöystävyydelle. Kunnossapitoa pidetään myös oleellisena osana yrityksen tuotanto-omaisuuden hallintaa, joka turvaa esimerkiksi tuottokyvyn ylläpidon, säädön ja kehittämisen. Kunnossapidon keskeisimmät tavoitteet ovat hyvä käyttövarmuus ja tuotannon kokonaistehokkuus. (Järviö & Lehtiö 2012, 19-21,59.)

Standardi SFS-EN 13306:2017 määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikejohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon.” (SFS-EN 13306:2017, 8.)

PSK 6201:2011 standardissa todetaan, että ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pysyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.” (PSK 6201:2011, 2.)

Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002:2015 määrittelee kunnossapitokäytännöissä kunnossapidon tarkoituksen seuraavasti:

”Kunnossapidon tarkoitus on pitää sähkölaitteisto vaaditussa kunnossa. Kunnossapito voi koostua ”ennakoivasta kunnossapidosta”, jota tehdään tavanomaisen käytännön mukaisesti laitteiden rikkoutumisen ehkäisemiseksi ja laitteiden pitämiseksi hyvässä kunnossa tai ”korjaavasta kunnossapidosta”, joka tehdään rikkoutuneen osan korjaamiseksi tai vaihtamiseksi.” (SFS 6002:2015, 37)



Kuvio 1. Kunnossapitolajit (Järviö & Lehtiö 2012, 47.)

Kunnossapito voidaan jakaa eri lajeihin sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai suunnittelemattomia (Kuvio 1). Suunnittelemattomat lajit merkitsevät käynnin aikaista vikaantumista ja sen kautta tuotantomenetyksiä. (Järviö & Lehtiö 2012, 47.)

3.1 Korjaava kunnossapito

Korjaavaa kunnossapitoa sovelletaan yleensä vikojen aiheuttamiin käyttöhäiriöihin. Epäkuntoon tulleet laitteet ja komponentit korjataan tai korvataan uusilla. Korjaavaa kunnossapitoa on taloudellista suosia sellaisissa laitteistoissa tai kohteissa, joissa vikaantumisen aiheuttaman käyttöhäiriön vaikutus on vähäinen tai kohteen vikaantuminen on harvinaista. (Toivainen 2014, 27.)

Standardi SFS-EN 13306:2017 määrittelee korjaavan kunnossapidon näin. ”Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteenaan saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon.” (SFS-EN 13306:2017, 38.)

3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteina on vähentää laitteiston vikaantumisen todennäköisyyttä tai toimintakyvyn heikkenemistä. Tässä menetelmässä tyypillisesti valvotaan ja tarkastellaan laitteiston toimintakykyä säännöllisesti, jatkuvasti, aikataulutetusti tai tarpeen vaatiessa. Ehkäisevän kunnossapidon tunnusmerkkejä ovat esimerkiksi tarkastukset, kunnonvalvonta, määräystenmukaisuudet ja vikaantumistiedon analysointi. Kunnonvalvonnan avulla saadaan kokonaiskuva laitteiston toimintakunnosta ja pystytään reagoimaan alkaviin tai oireileviin vikoihin. (Järviö & Lehtiö 2012, 50.)

SFS-EN 13306:2010 tiivistää ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti: ”Määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä suoritettu kunnossapito jolla pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen toiminnan heikkenemistä.” (SFS-EN 13306:2010, 20.)

PSK 6201:2011 toteaa ehkäisevästä kunnossapidosta seuraavaa: ”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakunto ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.” (PSK 6201:2011, 22.)

3.3 Aikaperusteinen kunnossapito (TBM)

Aikaperusteinen kunnossapito (Time-Based Maintenance) on ehkäisevää kunnossapitoa, jossa kohteelle suoritetaan kunnossapitotoimintoja säännöllisin aikavälein kohteen kunnosta riippumatta. Kunnossapidon aikavälit voivat olla esimerkiksi laitetoimittajan suosittelemia tai laitteiston haltijan omaan käyttökokemukseen perustuvia. Aikaan perustuvalla kunnossapidolla saavutetaan yleisesti hyvä käyttövarmuus ja laitteiston kunto pysyy hyvänä. Toisaalta kyseinen kunnossapito johtaa helposti ylihuoltamiseen ja osa laitteiston käyttöiästä voi jäädä käyttämättä. (Heikkinen 2010, 12.)

3.4 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito ei muuta huollettavan kohteen toimintaa. Sen päätarkoitus on parantaa kohteen luotettavuutta tai kunnossapidettävyyttä. Parantava kunnossapito voidaan jaotella kolmeen eri ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä huollettavan kohteen tietty osa korvataan vastaavalla uudella, kuitenkin muuttamatta kohteen suorituskykyä. Toiseen ryhmään kuuluvien toimenpiteiden tarkoituksena on parantaa huollettavan kohteen luotettavuutta erityyppisin korjauksien tai kohteen uudelleensuunnittelulla. Kolmanteen ryhmään kuuluvat toimenpiteet, joilla kohteen suorituskykyä, rakennetta tai jopa valmistusprosessia muutetaan esimerkiksi modernisoimalla laitteisto. (Järviö & Lehtiö 2012, 51.)

3.5 Kunterusteinen kunnossapito (CBM)

Kunterusteinen kunnossapito (Condition-Based Maintenance) kuuluu ehkäisevään kunnossapitoon, jossa laitteiston kuntoa valvotaan erilaisin kunnonvalvontamenetelmin, kuten aistinvaraisin tarkastuksin tai erilaisin mittauksin. Aistinvaraisesti tehtävät kuntotarkastukset tehdään pääsääntöisesti silmämääräisesti tai kuuntelemalla. Mittauksin tehtävää kunnonvalvontaa voi olla esimerkiksi katkaisijan toiminta-aika tai kaapeleiden eristysresistanssimittaus. Kunnossapitotoimenpiteet ja huoltovälit määräytyvät laitteiston kunnon perusteella ja siinä hyödynnetään korjaavan kunnossapidon kokemuksia ja historiatietoja. (Heikkinen 2010, 12.)

3.6 Luotettavuusperusteinen kunnossapito (RCM)

Luotettavuusperusteisessa kunnossapidossa (Reliability-Centered Maintenance) selvitetään kunnossapidettävän laitteiston vikaantumismekanismit, tehdään laitteistolle tai komponenteille kriittisyysmäärittely ja valitaan sopivin kunnossapitomenetelmä. Tämän perusteella kunnossapito kohdistetaan siten, että laitteiston toimintavarmuus säilyy mahdollisimman hyvänä. Mikäli laitteiston tietylle kohteelle ei voida laatia tehokasta ehkäisevää kunnossapitomenetelmää, tällöin luodaan menettelyohjeet mahdollisen vikaantumisen varalle. (Kunnossapitoyhdistys 2006, 125.)

4 SÄHKÖASEMA

Sähköasemalla tapahtuu siirtoverkon suurjännitteen (110 kV) muunto jakeluverkon keskijännitteeksi (20 kV). Sähköaseman erityispiirteitä on, että siellä voidaan suorittaa eri jännitetasojen kytkentöjä ja jakaa tai keskittää sähköenergiaa eri johdoille. (Elovaara & Haarla 2011, 76.)

Sähkönjakelun varmuuden parantaminen tai ylläpitäminen ovat merkittäviä syitä uusien sähköasemien rakentamiselle. Sähköaseman maantieteellinen sijoittuminen jakeluverkon tarpeiden suhteen on erittäin tärkeää, sillä se määrittelee pääsääntöisesti keskijänniterunkojohtojen pituudet, mitoitukset ja mahdolliset varayhteydet. Edellä mainitun perusteella sähköasemaa pidetään sähkönjakeluverkon tärkeimpänä yksittäisenä rakenneosana. (Lakervi & Partanen 2008, 119.)

Sähköaseman keskeisimmät rakenneosat ovat suurjännitekytkinlaitos, päämuuntaja, keskijännitekytkinlaitos, omakäyttö ja apusähköjärjestelmä käyttötukitoimintoinen (Lakervi & Partanen 2008, 119).

4.1 TLS:n verkkotietoja

TLS:n sähköverkko sisältää 110 kV:n siirtoverkkoa noin 303 km ja 45 kV:n siirtoverkkoa noin 100 km. 20 kV:n keskijänniteverkon pituus on noin 1740 km, josta kaapelia on noin 130 km. 0,4 kV:n pienjänniteverkon pituus on noin 1720 km, josta kaapelia on noin 391 km. Eri jännitetasojen sähköasemia TLS:n verkossa on 15 kappaletta ja päämuuntajia 16 kpl. Päämuuntajien jakauma eri jännitetasojen välillä on:

- 4 kpl 110 / 45 kV
- 8 kpl 110 / 20 kV
- 4 kpl 45 / 20 kV. (Tornionlaakson Sähkö 2018a.)



Kuva 1. Kaaranneskosken sähköasema

Sähköaseman tyypillinen rakenne on kuvassa 1:

1. Sähköasemaa ympäröivä aita
2. Kompensointilaitteisto
3. Asemarakennus
4. Suurjännite kytkinkenttä
5. Päämuuntajat.

Tornionlaakson Sähkön hallinnoimat sähköasemat, joita on 15 kpl, on esitelty taulukossa 1. Taulukosta nähdään, että sähköasemilla on useita eri jännitetasoja. Tornionlaakson Voiman vesivoimalaitosten vieressä olevalta Kaaranneskosken sähköasemalta löytyy 6 / 45 kV:n ja Jolmankosken sähköasemalta 0,4 / 45 kV:n generaattorimuuntajat. Portimonkosken voimalaitoksella on 6 / 110 kV:n generaattorimuuntaja, joka siirtää sähköenergiaa TLS:n 110 kV:n siirtoverkkoon. Kymmenellä sähköasemalla on sähkönjakelua.

Taulukko 1. TLS:n sähköasemien jännitetasot

Sähköasema	110/20kV	45/20kV	110/45kV	6/45kV	6/110kV	0,4/45kV
Kuusimaa	x					
Karunki	x					
Ylitornio	x					
Portimokoski (TLV)					x	
Turtola			x			
Kaaranneskoski		x		x		
Jolmankoski		x				x
Pello	x		x			
Sieppijärvi	x					
Kolari	x	x				
Äkäsjoki			x			
Rautuvaara			x			
Hannukainen		x				
Äkäslompola	x					
Ylläsjärvi	x					

4.2 Sähköasema-alue

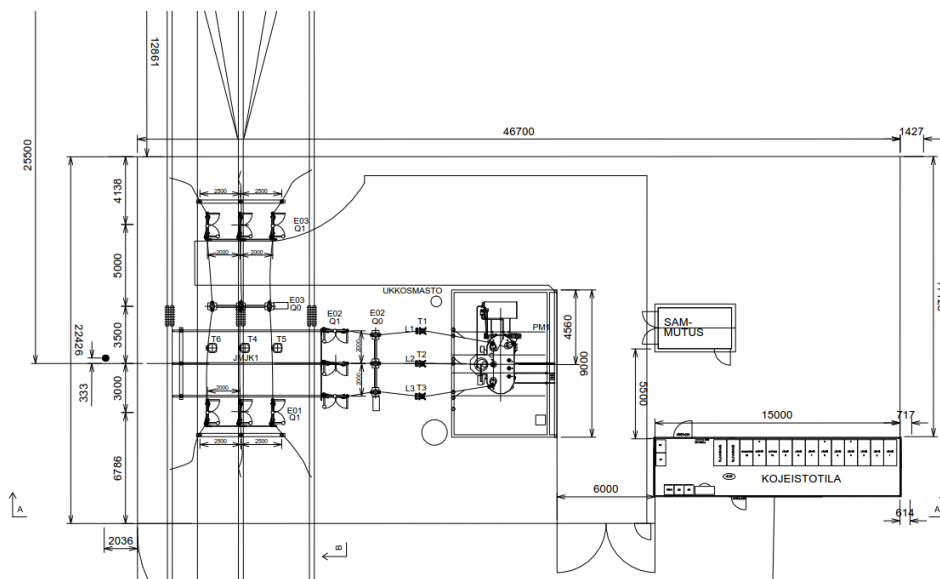
Sähköasema-alueet ovat aidoin rajattuja alueita ja siellä liikkuminen on luvanvaraista (Fingrid 2018).

Sähköasemaa (ulkolaitteistot) ympäröivälle aidalle SFS-Käsikirja 601 asettaa tiettyjä ehtoja:

- ”Aidan on oltava vähintään 2000 mm korkea ja paikalliset poikkeukselliset lumiolosuhteet on otettava huomioon. Alareuna ei saa olla kiinteän aidan kohdalla yli 50 mm ja portin kohdalla yli 100 mm maan pinnasta. Luvattoman sisään tunkeutumisen estämiseen voidaan käyttää metalliverkkoaitaa, jonka verkkokoko on 50 mm x 200 mm (leveys x korkeus). Aidan vähimmäisetäisyys jännitteisistä osista on 1500 mm + N (N = nimellisjännitteestä määräytyvä etäisyys)
- Ulkolaitteistojen kulkuovet on varustettava avaimella toimivalla lukolla
- Ympäröivät aidat ja kulkuovet on merkittävä sähkön vaarallisuudesta varoittavilla kilvillä
- Kotelointiluokan on oltava IP1X. (SFS-käsikirja 601, 59)”

4.3 Kytkinkenttä ja rakennukset

110 / 20 kV:n sähköaseman kytkinkenttä on tyypillisesti ulkokytkinkenttä. Kytkinkentän kautta tapahtuu suurjännitteen johtaminen päämuuntajalle. Kytkinkentältä löytyvät erottimet (asemaerottimet, ohituserottimet, maadoituserottimet), kiskotot, suurjännitekatkaisijat, eristimet, mittamuuntajat ja päämuuntajat.



Kuvio 2. Ylitornion 110 / 20 kV sähköaseman lay-out

Sähköasema-alueella (Kuvio 2) sijaitsevat rakennukset ovat yleisesti valvomora-kennus eli asemarakennus ja erityyppisten kompensointilaitteistojen rakennukset. Nämä laitteistot ovat esimerkiksi reaktorit ja omakäyttö- ja maadoitusmuuntaja. Asemarakennuksessa sijaitsevat yleisesti keskijännitekojeistot apulaitteistoineen. Sähköaseman apulaitteistoilla tarkoitetaan omakäyttölaiteistoja, tasasähköjärjestelmiä, akustoja, suojarleistystä, kaukokäyttö- ja viestijärjestelmiä.

5 SÄHKÖASEMIEN ENNAKKOHUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Sähköasemilla tehtävät kunnossapitotyöt ovat aikaan perustuvaa kunnossapitoa. Sähköasematarkastuksissa keskitytään säännölliseen kunnonvalvontaan, joka kuuluu kuntoon perustuvaan kunnossapitomenetelmään. Molemmissa tapauksissa, kuin myös kunnossapidossa yleensäkin, on päätarkoitus ehkäistä odottamatonta vikaantumista ja siitä johtuvaa toimintahäiriötä.

5.1 Päämuuntaja

Muuntaja on sähkölaite, jonka toiminta perustuu käämityksien väliseen sähkömagneettiseen induktioon. Muuntaja muuntaa tai säätää jännitteitä ja virtoja eri jännitetasojen välillä. Muuntajan sisällä olevat käämit ovat johdinkierroksia rautasydämen ensiö- ja toisiopuolella. Vaihekulmaerot muuntajan ensiö- ja toisiopuolen kesken määräytyvät käämien kytkentäryhmän mukaan. Muuntaja on varustettu käämikytkimellä, jolla voidaan säätää jännitettä muuntajan ollessa kuormitettuna sähköverkossa. (Elovaara & Haarla 2011, 141; Hietalahti 2011, 4.)



Kuva 2. Karungin sähköaseman 10 MVA:n päämuuntaja

Päämuuntaja (Kuva 2) on sähköaseman kallein yksittäinen komponentti ja sen teknillistaloudellinen pitoaika on 40-50 vuotta. Yleisimmät päämuuntajakoot ovat nimellistehoiltaan 10-40 MVA. Muuntajan nimellistehon kasvattaminen pienentää muuntajan impedanssia ja siten kasvattaa oikosulkuvirtaa keskijänniteverkossa. Päämuuntajan kuormitusaste pyritään pitämään normaalitilanteissa enimmillään 60-80 %:n tietämillä, jotta sen kapasiteettia voitaisiin hyödyntää varasyöttönä, esimerkiksi viereisen sähköaseman häiriötilanteessa. Tällöin muuntajaa voidaan ylikuormittaa jopa 10-30 %, mikäli muuntajan ympärillä vallitsevat olosuhteet ovat suotuisat, esimerkiksi ympäristön alhainen lämpötila. Muuntajan kuormituksesta johtuva eristysten lämpörasitus pienentää muuntajan elinikää. (Lakervi & Partanen 2008, 121, 130.)

Suurissa muuntajissa käytetään sähköisten osien eristämiseen paperia, prespaa-
nia ja muuntajaöljyä. Muuntajaöljy toimii myös jäähdytysväliaineena siirtäen muuntajan sisällä kehittyvän lämmön muuntaja-astian seinämiin. Kuivamuuntajiksi kutsutaan hartseja tai vastaavia aineita eristykseen ja ilmaa jäähdytykseen käyttäviä muuntajia. Kuivamuuntajia käytetään yleisesti sisätiloissa jakelujännite-
tasolla. Muuntajien jäähdytystapaominaisuudet määritetään IEC-standardissa 60076-2, joka löytyy muuntajan arvokilvessä nelikirjaimisena koodina. Ensimmäinen kirjain ilmaisee sisäisen käämityksien kanssa yhteydessä olevan väliaineen, toinen kirjain sisäisen jäähdytysaineen kierrätystavan, kolmas merkki ilmaisee ulkoisen jäähdytysaineen ja neljäs kirjain ulkoisen jäähdytysaineen kierrätystavan. Esimerkiksi ONAF tarkoittaa Oil, Natural, Air, Forced eli sisäinen jäähdytysaine on öljy, jonka kierrätystapa on luonnollinen kierto, ulkoisena jäähdytysaineena on ilma, jonka kierto on tehostettu puhaltimin tai pumpuin. ONAN tarkoittaa muuten samaa, mutta ulkoisen jäähdytysaineen eli ilman kierrätystapa on luonnollinen kierto. (Elovaara & Haarla 2011, 141, 152.)

5.1.1 Päämuuntajan ulkoiset osat

Päämuuntajan ulkoiset osat nähdään kuvasta 3:

1. Paisuntasäiliö
2. Öljysäiliö ”tankki”
3. Jäähdytin eli radiaattori
4. Yläjänniteläpivienti
5. Alajänniteläpivienti
6. Tähtipisteläpivienti
7. Käämikytkimen ohjain. (Martimo 2017)



Kuva 3. Tehomuuntajan osat

Mahdollisten öljyvuotojen ympäristöhaittavaikutusten ehkäisemiseksi päämuuntajan perustuksiin sisältyvät öljykuoppa ja keräilyssäiliö. Perustuksia voi ympäröidä myös betonilaattaseinämät (Kuva 4), jonka päätarkoitus on rajata mahdollisen tulipalon leviämistä ja toimia sirpalesuojina mahdollisen kriisin kohdatessa. (Lakervi & Partanen 2008, 121.)



Kuva 4. Ylitornion sähköaseman muuntajabunkkeri

5.1.2 Käämikytkin

Käämikytkin sijaitsee päämuuntajan yläjännite puolella, koska siellä kulkevat virrat ovat pienempiä kuin alajännitepuolella. Sen avulla muutetaan muuntajan muuntosuhdetta. Muuntosuhteen säätö tapahtuu lisäämällä tai vähentämällä käämien kierroslukua muuntajan käämeissä olevien haaroitusten avulla. Säätö voidaan suorittaa muuntajan ollessa kuormitettuna. Käämikytkimien tyypillinen säätöalue on 18 portainen $\pm 9 \times 1,67 \%$ -säätö. Käämikytkimen ohjaaminen tapahtuu moottoriohjaimen kautta (Kuva 5), joka ohjaa sitä akselin ja vaihteiston välityksellä. Käämikytkintä ohjataan muuntajan mitatun toisiojännitteen perusteella. (Sjöblom 2017, 26.)



Kuva 5. Kuusimaan päämuuntajan käämikytkimen ohjainkotelo

5.1.3 Perushuolto

Keskeinen asia muuntajan käyttöiän kannalta on paperieristyksen kunto. Paperieristyksen heikentyminen johtaa läpilyöntiin ja sen kautta muuntajan rikkoontumiseen. Paperieristyksen kuntoa kuvaa DP-luku, joka saadaan analysoitua eristeestä otetusta näytepalasta. Uuden muuntajan paperieristyksen DP-luku on tyyppillisesti 1000-1300 ja käyttöiän loppupäässä vastaava luku on 150-200. (Aro, Elovaara, Karttunen, Nousiainen & Palva 2017, 184,185.)

Muuntajan perushuolto suositellaan tehtäväksi noin puolessa välissä sen käyttöikää eli noin 20 vuoden kohdalla. Perushuollossa muuntaja avataan, eristyspaperit kuivataan ja käämipakat kiristetään alkuperäisiin oikosulkulukemiin. Muuntajan aktiiviosa kuivataan uunissa ja sille suoritetaan esimerkiksi kerosiinipesu. Eristyspaperista määritetään DP-luku ja sydämen eristykset, sisäisten johdotuksien puristusliitokset ja aktiiviosien maadoitukset tarkistetaan. Muuntajaöljylle tehdään analyysi, josta selviää esimerkiksi kaasupitoisuudet ja läpilyöntilujuus. Öljy suodatetaan ja kuivataan. Muuntajan ulkoiset johdotukset ja tiivisteet uusitaan. Muuntajan suojalaitteet tarkastetaan, huolletaan ja tarvittaessa uusitaan. Radiaattoreille tehdään puhdistus, ilmankuivain ja käämikytkin huolletaan. Lopuksi muuntajan ulkopinnat käsitellään uudestaan ja tarvittaessa ruostuneet osat hiekkapuhalletaan. (Piironen 2015, 49,52,53.)

Muuntajan perushuolto vaatii aina muuntajan erottamisen sähköverkosta ja kuljetuksen palveluntarjoajan huolto paikalle. Mikäli sähköasemalla ei ole sähkönjakelun korvaavaa mahdollisuutta ja huoltoajan ollessa viikkoja, on perushuoltoa käytännössä mahdotonta suorittaa. TLS:n sähköasemilla päämuuntajille ei suoriteta järjestelmällisesti perushuoltoa. Mahdolliset perushuollot tulevat kysymykseen, mikäli muuntajassa havaitaan mahdollisia merkkejä perustavanlaatuisista vioista, esimerkiksi öljynäytteessä tai sähköasematarkastuksissa ja se on teknilistaloudellisesti kannattavaa.

5.1.4 Käämikytkinhuolto

Käämikytkimien huoltotoimenpiteet ovat tyypillisesti samanlaiset, riippumatta käämikytkimen tyypistä. Käämikytkinhuolto pyritään suorittamaan valmistajan ohjeiden mukaisesti, tyypillisesti 5-7 -vuoden välein. Käämikytkinhuolto hankitaan ulkopuoliselta palvelun tarjoajalta. TLS:n muuntajien käämikytkimille tehtävät huoltotoimenpiteet ovat:

- öljyn vaihto tai vähintään suodatus
- tehokytkimen (Kuva 6) puhdistus, koestus ja mahdollinen voitelu
- askelvastusten tarkastus, puhdistus ja mittaus
- akseliston tarkastus ja voitelu
- käämikytkimen ohjaimen tarkastus, voitelu ja koestus
- käämikytkinvalmistajan suosittamien modifikaatioiden ja nykytilanteen vertaaminen muuntajan sen hetkisen ja tulevan käytön mukaan
- muuntajan yleistarkastus, jossa tutkitaan mahdolliset öljyvuodot, näkyvät öljymäärät, kaapelit ja ilmankuivaimet
- pienten öljyvuotojen korjaus kiristämällä mahdollisuuksien mukaan
- öljynäyte SJ-puolen läpivienneistä ja mahdollinen analysointi
- huoltopöytäkirja (Mustonen 2018).



Kuva 6. Ylitornion sähköaseman PM1 käämikytkin

5.1.5 Tarkastushuolto

Tarkastushuollossa suoritettavia huoltotoimenpiteitä ovat:

- muuntajan primäärisuojien tarkastus ja koestus
- jäähdytyslaitteiden tarkastus ja koestus, sekä tuuletin ryhmien vaihto keskenään
- läpivientieristimien puhdistus ja tarkastus, joka käsittää liitännät, jännite-
etäisyydet, sekä mahdollinen öljynäyte ja analysointi
- ohjauskaappien laitteiden toiminnan tarkastus
- yleistarkastus sisältäen putkistot, venttiilit, ilmaukset ym
- öljyvuotojen korjaus (pulttien / mutterien kiristys)
- mahdollinen kosteusnäyte muuntajan eristeestä
- mahdollinen muuntajan ulkopuolinen pesu
- tarkastusraportti huoltotoimenpidesuosituksineen (Infratek 2018b.)

SJ-puolen läpivienneistä otettava öljynäyte voi paljastaa rikkoontumisvaarassa olevan eristeen. Eristeen rikkoontuminen käytönaikana johtaa muuntajan vaurioitumiseen tai muuntajapaloon ja pahimmillaan aiheuttaa vaaran henkilöturvallisuudelle. Tyypillisesti edellä mainittu vikaprosessi vaatii muuntajan kuljettamisen palveluntuottajan tiloihin, jossa muuntajan aktiiviosat avataan ja korjataan. (Infra-tek 2018b.)

TLS:n päämuuntajille suoritetaan tarkastushuolto käämikytkinhuoltojen yhteydessä 5-7 -vuoden välein. Palvelu hankitaan ulkopuoliselta palveluntuottajalta.

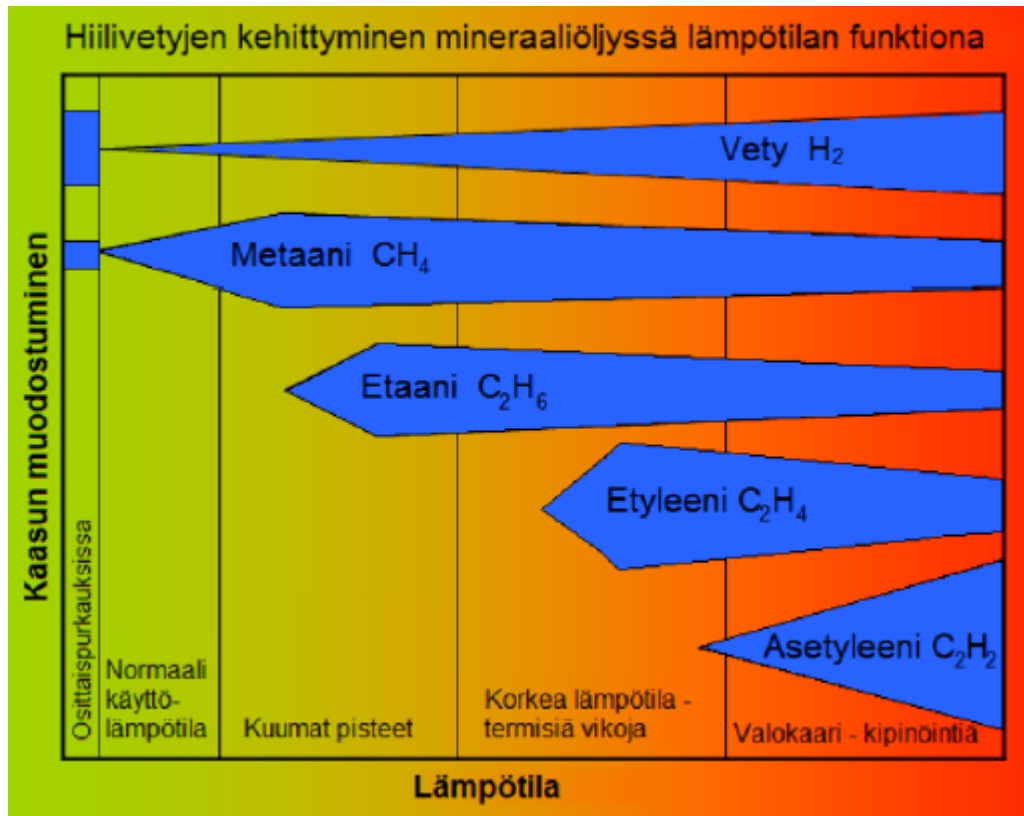
5.1.6 Öljynäyte

Muuntajan ikääntyminen kiihdyttää muuntajan sisällä tapahtuvaa kaasujen syntymistä ja muuntajaöljyyn liukenevien kaasujen määrää. Normaalisissa vanhentumismekanismeissa kaasupitoisuuksien kasvaminen muuntajaöljyssä on tasaista, kun taas vikaantumisen alkaessa tai pahetessa, kaasujen muodostuminen kiihtyy. (Aro ym. 2017, 206.)

Muuntajan sisällä tapahtuvat vikaantumismekanismit voivat olla muun muassa kipinöintiä, osittaispurkauksia tai lämpenemiä virta- ja magneetti-piireissä. Muuntajaöljyyn oikea-aikaisesti tehty analyysi voi tuoda nämä viat esille. Öljystä analysoitavat kaasut ovat tyypillisesti:

- vety (H_2)
- happi (O_2)
- typpi (N_2)
- metaani (CH_4)
- hiilimonoksidi (CO)
- hiilidioksidi (CO_2)
- etyleeni (C_2H_4)
- etaani (C_2H_6)
- asetyleeni (C_2H_2). (Piironen. 2015. 50)

Öljyn kaasuanalyysin tulosten tulkinnassa nojaututaan IEC 60599 -standardiin, joka antaa kaasujen esiintymisille öljyssä tietyt raja-arvot, joiden ylittyminen tietyn kaasun kohdalla indikoi jotain tiettyä vikaa (Kuvio 3). Esimerkiksi suuri metaanin määrä öljyssä viittaa termisiin vikoihin, kun taas suuri vedyn suhde metaaniin viittaa muuntajassa tapahtuviin osittaispurkauksiin. (Aro ym. 2017, 206.)



Kuvio 3. Hiilivetyjen kehittyminen öljyssä lämpötilan funktiona (Piironen. 2015, 20.)

Analyysissa saatujen tulosten tulkinta ei aina ole yksiselitteistä. Jotta analyysissa ilmenneiden poikkeusten perusteella voidaan yksilöidä tai kohdentaa jokin tietty vika, vaati se tuekseen myös sähköisiä mittauksia. Mikäli muuntajan ja käämikyt-kimen öljynkierto pääsevät sekoittumaan keskenään esimerkiksi paisuntasäili-össä, johtaa se asetyleenipitoisuuden merkittävään kasvuun öljyanalyysissa. Edellä mainittu tapahtuma johtaa virheelliseen tulkinta tulokseen öljynäytteessä, koska käämikytkimen normaalitoiminnassa syntyy asetyleeniä ja tämä indikoi eristysvikaa muuntajassa, vaikka se olisi täysin kunnossa. (Aro ym. 2017, 207.)

Kaasuanalysoinnin lisäksi öljystä määritetään tyypillisesti myös öljyn läpilyöntilu-juus, inhibiittipitoisuus, neutraloimisluku, rajapintajännitys, häviökerroin, furfuraalipitoisuus, öljyn vesipitoisuus ja kiintoainepitoisuus. (Aro ym. 2017, 207, 209.)

Lämpilyöntilujuus ilmaisee muuntajaöljyn kuntoa toimia sähköisenä eristeenä ja in-hibiittipitoisuus ilmaisee öljyyn lisätyn suoja-ainepitoisuuden. Neutraloimisluku ja rajapintajännitys ilmaisevat öljyn vanhenemisprosessia ja häviökerroin öljyn dielektristä häiriötä. Furfuraalipitoisuus ilmaisee paperieristyksen muutokset

muuntajassa. Mikäli paperieristys ei ole vahingoittunut, kyseistä yhdistettä ei löydy muuntajaöljystä. (Aro ym. 2017, 207-209.)

TLS:n päämuuntajista otetaan öljynäyte aina tarkastushuollon tai käämikytkinhuollon yhteydessä. Öljylle tehdään kaasuanalyysi ja suppea öljyanalyysi. Mikäli näytteessä ilmenee merkkejä mahdollisesta viasta, tehdään öljylle kattavampi analysointi. Taulukossa 2 on Äkäslompolon sähköaseman päämuuntajalle tehdyn öljyanalyysin tulokset. Öljynäytteen tuloksia tulkitaan IEC:n eri standardien määrittelemiin raja-arvoihin. Esimerkiksi muuntajaöljyn läpilyöntilujuus Äkäslompolon päämuuntajalla on analysoitu 72 kV / 2,55 mm ja IEC 60156 -standardi määrittelee suosituksen, että arvo pitää olla yli 40 kV / 2,55 mm. Kun tarkastellaan öljy- ja kaasuanalyysin tuloksia ja verrataan niitä IEC:n suosituksiin, havaitaan että raja-arvot eivät ylity missään mittauksessa ja lisäanalyysijä ei tarvitse tehdä.

Taulukko 2. Äkäslompolon päämuuntajan öljyanalyysin tulokset

ANALYYSI	2017-06-27	2013-07-02	Suositus IEC60422: 2013	Standardi	KAASU- ANALYYSI IEC 60567	2017-06-27	2013-07-02	Suositus IEC 60599-2 007-5
Läpilyöntilujuus, kV/2,5mm	72		≥40	IEC 60156	H ₂ Vety, µl/l	0	2	≤150
Mitattu kosteus, ppm	2	3	≤30*	IEC 60814	O ₂ Happi, µl/l	31306	24869	
N-luku, mgKOH/g			≤0,10	IEC 62021-2	N ₂ Typpi, µl/l	69271	50895	
Häviökerroin, o/oo			≤100	IEC 60247	CH ₄ Metaani, µl/l	1	1	≤130
Rajapintajännitys, 10-3N/m			≥22	ASTM D971	CO Hiilimonoksidi, µl/l	39	32	≤600
Furfuraali 2FAL, µg/g			≤2	IEC 61198	CO ₂ Hiilidioksidi, µl/l	709	540	≤14000
Inhibiittipitoisuus, %	0,34		≥0,18...0,3	IEC 60666	C ₂ H ₄ Etvieeni, µl/l	0	<1	≤280
PCB-pitoisuus, ppm			2**	IEC 61619	C ₂ H ₆ Etaani, µl/l	0	<1	≤90
DP			≥350	IEC 60450	C ₂ H ₂ Asetyleeni, µl/l	0	0	≤20

5.1.7 Muuntajan primäärisuojat

Muuntajan primäärisuojilla tarkoitetaan muuntajan omia, ei sähköisiä suojalaitteita. Tällaisia ovat esimerkiksi kaasurele (Kuva 7), virtausrele, käämin lämpötilamittari, öljyn lämpötilamittari ja korkeuden osoitin, ylipaineventtiili ja ilman-kuivain (Kuva 7). Yleensä näitä tarkkaillaan silmämääräisesti, mutta tarvittaessa hälytystietoa voidaan käyttää yhdessä muuntajan sähköisten suojien kanssa. Kaasurele tarkkailee muuntajaöljyssä syntyvää mahdollista kaasupurkausta, joka

voi syntyä esimerkiksi valokaaren seurauksena ja antaa laukaisukäskyn suojarelleille. Virtausrele tarkkailee käämikytkimen ja paisuntasäiliön välistä öljyn virtausta antaen hälytystiedon käämikytkimen vikatilanteessa. Ilmankuivain toimii suodattimena muuntajan paisuntasäiliön kautta tapahtuvassa imussa, sitoen itseensä ilmassa olevan kosteuden. Kuivaimessa oleva aine on silikageeliä, joka muuttaa väriä kostumisen seurauksena. Silikageeli pystytään korvaamaan uudella, kun vanha aine on tarpeeksi kostunut. (Vainio 2017, 36.)



Kuva 7. Kaasurele ja ilmankuivaimet

Muuntajan primäärisuojien laukaisu koestetaan aina muuntajan tarkastushuollon ja käämikytkinhuollon yhteydessä.

5.2 SJ-katkaisijat

Voimansiirtoverkoissa katkaisijoita käytetään virtapiirien avaamiseen ja sulkemiseen. Katkaisijalla voidaan katkaista virtapiiri myös vikatilanteessa, vaikka piirissä kulkeva virta olisi moninkertainen katkaisijan mitoitusvirtaan verrattuna. Katkaisutapahtumassa on tyypillistä, ettei virtapiiri katkea välittömästi koskettimien avauduttua. Katkaisutapahtumassa valokaari toimii hetken virtatienä, kunnes va-

lokaaren vastus kasvaa liian suureksi, ja valokaari sammuu. Valokaaren sammuminen tapahtuu vaihtovirtakatkaisijoissa virran luonnollisessa nollakohdassa, jolloin sitä ympäröivän väliaineen vaikutuksesta valokaari muuttuu katkaisukammiossa lyhyessä ajassa johtimesta eristeeksi, aiheuttamatta kuitenkaan ylijännitevaaraa. (Elovaara & Haarla 2011, 162, 163, 165.)

Katkaisijat jaetaan eri luokkiin niiden katkaisukammiossa olevan väliaineen mukaisesti. Näitä ovat ilmakatkaisijat, öljykatkaisijat, vähäöljykatkaisijat, paineilma-
katkaisijat, kaasukatkaisijat (SF₆) tai tyhjökatkaisijat. Siirtojännitteillä SF₆-katkaisijat (Kuva 8) ovat käytännössä syrjäyttäneet muut vanhemmat katkaisijatyypit, pois lukien vähäöljykatkaisijat, jotka ovat tyypillisesti SF₆-katkaisijoiden edeltäjiä 110 kV:n jännitetasolla. Keski-jännitetasolla SF₆-katkaisija kilpailee tasavertaisesti tyhjökatkaisijoiden kanssa, toisaalta tyhjökatkaisijoita ei esiinny siirtojännitepuolella. (Elovaara & Haarla 2011, 170.)



Kuva 8. ASEA LTB 110 kV SF₆ -katkaisija

Tornionlaakson Sähkö Oy:n verkossa olevat SJ-katkaisijat ovat tyypiltään SF₆ – ja vähäöljykatkaisijoita. Yhteensä katkaisijoita on 28 kappaletta ja katkaisijoiden jakauma on 19 SF₆-katkaisijaa ja 9 vähäöljykatkaisijaa. TLS:n siirtoverkon jännitetasoina ovat 110 kV ja 45 kV. Vähäöljykatkaisijat tulevat poistumaan asteittain TLS:n sähköasemilta. Sähköasema saneerauksien yhteydessä tai elinkaarensa loppuvaiheessa ne korvataan SF₆-katkaisijoilla.

TLS:ssä SJ-katkaisijoiden ulkoista kunnonvalvontaa tehdään säännöllisesti sähköasematarkastuskierroksien yhteydessä. Katkaisijoiden huoltoväli on kuusi vuotta. SF₆-katkaisijoille tehdään kuuden vuoden välein mittaushuolto, koska itse katkaisukammio on huoltovapaa. Vähäöljykatkaisijoille tehdään mittaushuolto ja avaava huolto vuorotellen kuuden vuoden välein. Mittaushuollossa tehtävät toimenpiteen riippuvat osin katkaisijan tyypistä ja mallista.

5.2.1 Katkaisijoiden huollot

Mittaushuollossa tarkistetaan katkaisijan ulkoiset eristinosat, virtaliitokset ja pintakäsittelyn tarve. Ohjainosasta (Kuva 9) tarkastetaan laskurit, moottorit, lämmitysvastukset, sekä mekaanisesti liikkuvat komponentit, jotka myös tarpeen mukaan puhdistetaan ja voidellaan. Mekaanisesti liikkuvia osia ovat esimerkiksi lukitusvivut, salvat, vivustot, laakerit, vaimentimet ym. Katkaisuosasta tarkastetaan katkaisupilarit, akselitiivisteet, tukipilarit ja muut mahdolliset tiivisteet. Muita mahdollisia tarkistettavia kohteita ovat termostaatti, kondensaattorit, johdinliitokset, kauko-ohjaukset, painemittarin lasit, sekä väliaineen mittauksesta saatava informaatio (öljyn pinnankorkeus, SF₆-kaasun paine). Mittaushuollosta saadusta raportista ilmenee myös katkaisijan muut välittömät korjaustarpeet. (Infratek 2018a.)



Kuva 9. SF₆ -katkaisijan ohjauslaitteisto

SF₆ -katkaisijan kaasulle tehdään kevyt analyysi, josta selviää kaasunpitoisuus, kastepiste ja rikkioksidipitoisuus (SO₂). Vähäöljykatkaisijaan voidaan tehdä mittaushuollon yhteydessä myös öljynvaihto, mikäli katkaisutoimintoja on ollut runsaasti tai huoltopalveluntuottajan niin suositellessa. (Infratek 2018a.)

Katkaisijalle suoritettavissa toimintakokeissa mitataan pääasiassa

- viritysmoottorin viritysaika ja virta
- katkaisunapojen ylimenovastus
- ohjauskelojen toimintajännitteet ja vastukset auki- ja kiinniohjauksessa
- katkaisijan vaihekohtaiset toiminta-ajat auki ja kiinni ohjauksessa, eri kytkentätilanteessa (normaali, oikosulku ja mahdollinen PJK-tapahtuma). (Infratek 2018a.)

Vähäöljykatkaisijoille tehtävässä avaavassa huollossa tehdään samat toimenpiteet kuin mittaushuollossa. Tämän lisäksi katkaisupäät avataan, tarkistetaan ja öljyt sekä tiivisteet vaihdetaan. (Infratek 2018a.)

5.2.2 SF₆ -katkaisijat

SF₆ -katkaisijoiden väliaineena toimii rikkiheksafluoridi -kaasu (SF₆), jonka valokaarta voimakkaasti jäähdyttävä, palamattomuus ja palaavan jännitteen hyvätkestokyky ominaisuudet parantavat sen katkaisutehoa merkittävästi. Katkaisukammioissa käytetään tyypillisesti absorptioaineita, joka voi olla esimerkiksi typpiä tai perfluorietaania. Absorptioaine estää väliainekaasun nesteytymisen, joka voi tapahtua kosteuden tai kaasun hajoamistuotteiden vaikutuksesta. Kaasun nesteytyminen voi johtaa jännitteen läpilyöntiin ja sen seurauksena katkaisijan vaurioitumiseen. Katkaisijan auki ja kiinni -ohjaus tapahtuu omien moottoriohjatujen jousien välityksellä. Jouset saavat aikaan nopean liikkeen katkaisijan koskettimille, koska ne ottavat energian valokaaresta. (Elovaara & Haarla 2011, 181.)

Yleisimpien SF₆ -katkaisijoiden huoltoväli voi olla jopa yli 10 vuotta. Tyypillisesti se kestää mitoitusvirralla 5000-10000 toimintakertaa normaaliolosuhteissa, kun taas 10-20 toimintakertaa täydellä oikosulkuvirralla (Elovaara & Haarla 2011, 181).

5.2.3 Vähäöljykatkaisijat

Vähäöljykatkaisijassa (Kuva 10) sammutusaineena toimii mineraaliöljy. Vähäöljykatkaisijoissa kullakin vaiheella on omat sammutuskammiot, jotka ovat sijoitettu eristimien varaan. Kyseisellä menetelmällä katkaisijassa olevat öljymäärät on saatu vähäisiksi ja täten pystytty ehkäisemään suuren öljymäärän aiheuttamaa riskiä. Vähäöljykatkaisijassa valokaaren sammutus tapahtuu paineistetun kaasun ja öljyvirtauksen avulla. Valokaari itsessään aiheuttaa öljyssä kaasuuntumista ja se saa paineen kasvamaan kammiassa. Sammutuskammion muotoilulla voidaan paineistettu öljyvirtaus suunnata valokaarta kohti halutulla tavalla ja täten saada eri kokoisista virroista syntyvä valokaari sammutettua luotettavasti siten, ettei esimerkiksi ylijännitevaaraa synny. Katkaisijan toiminta saadaan tyypillisesti aikaan moottorijousiohjaimella. Kumpikin toiminta vaatii oman jousen toimintaa varten. (Elovaara & Haarla 2011, 174,175.)



Kuva 10. Strömbergin 45 kV:n vähäöljykatkaisija

5.3 Erottimet

Erotin erottaa verkon kaksi osaa toisistaan muodostaen luotettavan avausvälin verkon eri osille. Erottimen suorittava verkon erotus on oltava näkyvä tai sen tila on oltava todettavissa luotettavalla mekaanisella asennonosoittimella ja se on pystyttävä lukitsemaan haluttuun tilaan. Erottimilta ei vaadita suurta virran katkaisukykyä, sillä niitä ei ole tarkoitettu kuormitetun virtapiirin katkaisuun. (Elovaara & Haarla 2011, 190.)

Erottimien rakenteet ovat yksi- tai kolminapaisia. Samalle rungolle asennetut kolminapaiset erottimet ovat tavallisesti keskijänniteverkon erottimia, kun taas yleisesti siirtoverkoissa käytetään yksinapaisista yksiköistä rakennettuja kolminapaisia erottimia. Kytkinlaitoksilla olevien erottimien virtakestoisuusvaatimukset ovat yleensä mitoitettu isoimmiksi, kuin aseman todelliset oikosulku- ja kuormitusvirrat. Suomessa vallitseva ilmasto asettaa myös erottimille lisävaatimuksia, alhaiset lämpötilat ja jäätävät ympäristöolosuhteet eivät saa heikentää erottimen toimintaa. (Elovaara & Haarla 2011, 192.)

Erottimien eristemateriaali SJ-verkossa on yleensä silikonipäällysteinen komposiitti. Erottimien virtateinä toimii liikkuvat veitset ja kiinteät koskettimet. Kosketin voi olla myös veitsen kärjessä. Erotinmallit ovat yleisimmin tartuntaerottimia, veitsierottimia ja kiertoerottimia (Kuva 11). Sähköasemien ulkokentillä olevat erottimet ovat tyypillisesti maadoitusveitsillä varustettuja kiertoerottimia. (Elovaara & Haarla 2011, 193.)



Kuva 11. Kiertoerotin maadoitusveitsillä

Erottimien ohjaus sähköasemalla tapahtuu usein paikallisohjatusmoottorin välityksellä. Itse erottimen huollossa toimenpiteet kohdistuvat virtateiden, ohjaimien ja voimansiirron komponentteihin. Huollossa erottimen ja kaikkien liikkuvien osien toiminta testataan. Lisäksi liikkuvat osat puhdistetaan, voidellaan ja virtateiden ylimenovastus mitataan. Ohjaimesta tarkistetaan apukoskettimien ja lukituksen toiminta. (Mustonen 2018)

Erottimien huoltoväliksi TLS:ssä on määritetty 6 vuotta. Jotta erotin saadaan valmistettua huoltovalmiiksi, vaatii se usein paljon kytkentöjä siirtoverkkoon. Edellisestä johtuen TLS:ssä erottimille tehdään ns. keveämpi huolto, jossa virtateiden puhdistus ja rasvaus tehdään siihen tarkoitetulla sauvalla jännitteisenä. Työ on jännitetyötä ja se hankitaan ulkopuoliselta palveluntuottajalta. Ohjaimen liikkuvat osat jännitealueen ulkopuolella puhdistetaan ja voidellaan normaalisti.

5.4 Mittamuuntajat

Ensiöpiirissä vallitsevaa jännitettä tai siinä kulkevan virran suuruutta mitataan mittamuuntajilla. Sen avulla saadaan galvaaninen erotus mittaus- ja mitattavalle piirille. Muuntamalla muuntosuhdetta saadaan mitattu suure skaalattua mitta- ja

suojalaitteiden standartoituihin mitoitusarvoihin. Näin voidaan suojata myös mittalaite ylikuormituksilta ja toisaalta ne voidaan sijoittaa turvallisemman matkan päähän itse mitattavasta suureesta. (Elovaara & Haarla 2011, 198.)

Virtamuuntajien rakenne on tavallisesti hair-pin- tai top-core -tyyppinen. Hair-pin -tyypissä ensiökäämi sijaitsee maan potentiaalissa olevassa säiliössä, top-core -tyypissä ensiökäämi sijaitsee johdon potentiaalissa, virtamuuntajan yläosassa. Edellä mainittujen tyyppien eroavaisuudet ominaisuuksissa perustuvat ensiöjohdinten pituuteen ja painopisteeseen. Hair-pin -tyypissä ensiöjohdin on pitkä, mikä aiheuttaa muuntajaan suuret häviöt, mikä puolestaan vaikuttaa suoraan muuntajan kuormitettavuuteen. Toisaalta kyseisen rakenteen painopiste on alhaalla, mikä ei rasita turhaan eristintä. Top-core -rakenteessa (Kuva 12) ominaisuudet ovat päinvastoin: painopiste on ylhäällä, joka rasittaa eristintä, mutta häviöt ovat puolestaan pieniä ja kuormitettavuus suuri. (Elovaara & Haarla 2011, 211.)



Kuva 12. 110 kV:n top-core tyypin virtamuuntajat

Yleisimmin mittamuuntajien mittaustekniikka perustuu sähkömagneettiseen induktioon (Elovaara & Haarla 2011, 198). Tämän päivän virtamuuntajissa on usein myös kapasitiivinen ulosotto, josta saadaan mitattua jännite muuntajan läpi kulkevasta virtapiiristä, jolloin erillistä jännitemuuntajaa ei tarvita. Ulkona kytkinkentällä sijaitsevat virtamuuntajat ovat tyypillisesti hermeettisesti suljettuja, öljy- tai SF₆- täytteisiä. Tyypillisesti virtamuuntajat voidaan kytkeä useammalle eri ensiövirrälle eli ne ovat vaihtokytkettäviä (Elovaara & Haarla 2011, 211, 213.)



Kuva 13. Induktiivinen jännitemuuntaja

Jännitemuuntajat (Kuva 13) on yleisimmin rakennettu yksivaiheiseksi ja niiden mittaustapa on joko kapasitiivinen tai induktiivinen. Molemmat rakenteet ovat verrattavissa Hair-pin -tyyppisiin virtamuuntajiin. Jännitemuuntajat ovat virtamuuntajien lailla yleisemmin öljy- tai sf₆ -eristeisiä. Valuhartsieristeisiä jännitemuuntajia käytetään keskijännitepuolella sisäasennuksissa. (Elovaara & Haarla 2011, 218.)

TLS:n mittamuuntajien kuntoa valvotaan aistinvaraisesti sähköasematarkastuksien yhteydessä. Mittamuuntajan eristeen kunto tarkastetaan halkeamien ja ulkokuori korroosion varalta, kuten myös mittamuuntajan puhtaus yleensäkin. Öljyeristeen riittävä pinnankorkeus tarkistetaan myös tarkistus ”silmästä” mittamuuntajan kannen yläreunasta. Mittamuuntajat ovat tyypillisesti huoltovapaita elinkaarensa ajan, mikä todetaan esimerkiksi Artechin valmistajan esitteissä (Arteche 2018).

5.5 Keskijännitekojeiston mittamuuntajat

Keskijännitekojeiston virta- ja jännitemuuntajat ovat tyypillisesti valuhartsieristeisiä, sisätiloihin tarkoitettuja kojeita (Kuva 14). Tällaiset muuntajat eivät ole riippuvaisia mekaanisesta asennus asennosta, lisäksi ne ovat pienikokoisia ja niiden sähköinen lujuus on hyvä. (Elovaara & Haarla 2011, 213.)



Kuva 14. Valuhartsieristeiset jännite- ja virtamuuntajat (Alce 2018.)

Maasulkuvirran mittaukseen johtolähdöllä käytetään tyypillisesti kaapelivirtamuuntajaa (Kuva 15). Johtolähdön kaikki vaihejohtimet johdetaan muuntajan läpi. Johtolähdön terveessä tilassa vaiheiden summavirta on nolla ja vastaavasti maasulkutilanteessa summavirta poikkeaa nolasta. (Elovaara & Haarla 2011, 214.)



Kuva 15. Kaapelivirtamuuntaja (Alce 2018.)

Keskijännitekojeiston virta- ja jännitemuuntajat ovat yleisesti huoltovapaita. Käynnin aikana muuntajiin voidaan kohdistaa lämpökuvausta, mahdollisten lämpenemien havaitsemiseksi, mikäli se voidaan suorittaa turvallisesti. Lämpökuvaus tehdään kerran vuodessa. Joka toinen vuosi palvelu hankitaan ulkoiselta palveluntuottajalta ja joka toinen vuosi se suoritetaan TLS:n omilla resursseilla.

5.6 Keskijännitekojeistot

Keskijännitejohtolähtöihin tapahtuva sähkönjakelu kulkee kojeiston kokoojakoston kautta. Yhteen johtolähtökennoon sisältyvät komponentit ovat tyypillisesti

erotin, katkaisija ja virtamuuntaja. Katkaisijat ovat tyypillisesti poisvedettäviä vau-nukatkaisijoita, joiden ulosvetomahdollisuus muodostaa käytännössä erotuslait-teen ja näin ollen erillistä erotinta ei tarvita. Kiskoston jännitteenmittausta varten kojeistoissa on oma mittauskenno. (Lakervi & Partanen 2008, 121,122.)



Kuva 16. Ylitornion sähköaseman keskijännitekojeisto VEKE 24

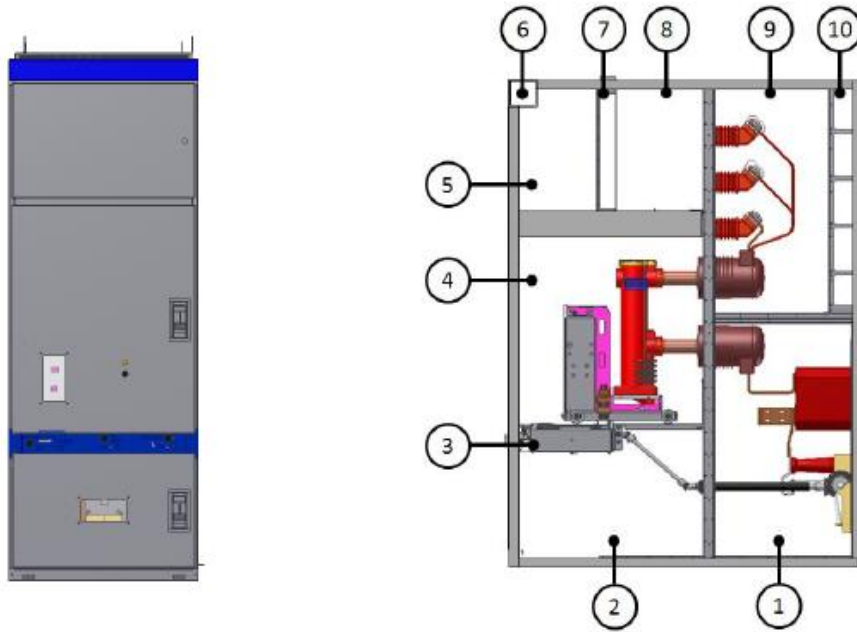
Tornionlaakson Sähkö Oy:n keskijännitekojeistot ovat pääsääntöisesti metalli-kuorisia, ilmaeristeisiä, ulosvedettävillä tyhjö- / SF₆ -katkaisijalla varustettuja kojeistoja sisäasennuksiin. Muutamilla vanhoilla sähköasemilla on käytössä vanhoja vähäöljykatkaisijoilla varustettuja kojeistoja, jotka tullaan lähitulevaisuudessa sähköasemasaneerauksien yhteydessä modernisoimaan nykyaikaisempiin.

Tässä kappaleessa kojeiston malliesimerkkinä (Kuva 16) on VEO:n valmistama VEKE 24 keskijännitekojeisto, joka on TLS:n sähköasemien yleisin kojeistomalli.

5.6.1 Kojeiston rakenne

Metallikoteloidun kennon osastointi ja pääosat ovat kuviossa 4:

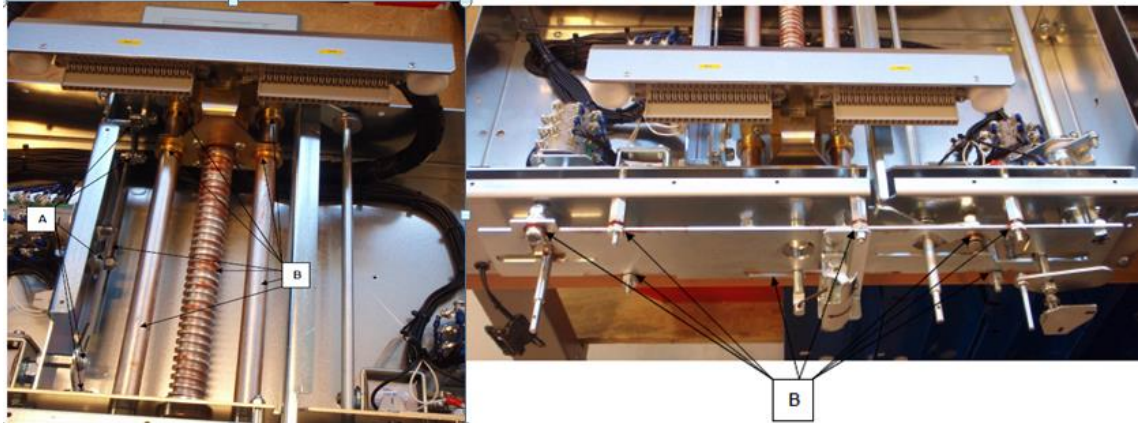
1. Lähtökaapelin sisääntulo
2. Kaapelitila, missä sijaitsee maadoituskytkimet, mittamuuntajat, mahdolliset ylijännitesuojat, sekä kaapelipäätteet
3. Toimilaite, jonka välityksellä tapahtuu pääkojeen ja maadoituskytkimen mekaaninen toiminta pääkojeetilassa
4. Pääkojeetila, jossa sijaitsee katkaisija ja läpivientikoteloiden metalliset sulkulevyt
5. Toisiokojeetila, jonka erotus suurjännitetilasta on toteutettu kaksinkertaisella metallikoteloinnilla
6. Johtokouru, jonka kautta kulkee koko kojeistojen toisiopiirien johdotukset
7. Tuuletuskanava
8. Valokaarikaasujen purkauskanava, joka kulkee läpi koko kojeiston muodostaen yhtenäisen purkauskanaviston
9. Kokoojatila sisältää kennoittain jaetut kokoojakiskot ja haarakiskot, sekä ylemmät läpivientikotelot. Pääkiskotila, joka on yhtenäinen koko kojeiston pituussuunnassa, toimii poistokanavana valokaarikaasuille
10. Kaapelitilan purkauskanava, jonka toimintaperiaate on sama kuin pääkojeetilan purkauskanavistolla. (VEO 2015.)



Kuvio 4. Katkaisijakennon rakennekuva (VEO 2015.)

5.6.2 Kojeiston huolto

Itse kojeisto on suhteellisen huoltovapaa kokonaisuus. Sähköasematarkastuksien yhteydessä tulee kiinnittää huomiota ympäristön puhtauteen ja visuaaliseen tarkistukseen mahdollisten ylikuumenemisien tai osittaispurkauksien aiheuttamiin vaurioihin. Kojeistossa on tuuletin- ja suodatin yksiköitä, jotka tulisi tarkistaa ja tarvittaessa puhdistaa tai vaihtaa 6 kk käyttöönoton jälkeen. Suodattimien likaisuuden perusteella arvioidaan suodattimien vaihtoväli tulevaisuudessa. Mikäli kojeistosta joudutaan poistamaan esimerkiksi pölyä, on tämä tehtävä imurilla. Kojeiston eristemateriaalina tukieristimissä, katkaisijapilareissa, läpivientikoteloissa ja mittamuuntajissa on epoksia ja mahdollisen puhdistuksen jälkeen nämä olisi hyvä käsitellä nestemäisellä silikonilla. (VEO 2015.)



Kuva 17. Kennon toimilaite (VEO 2010.)

Kojeiston toimilaite (Kuva 17) normaaleissa käyttöolosuhteissa on periaatteessa huoltovapaa. Tarvittaessa sille voidaan tehdä voiteluhuolto samalla periaatteella, kuin tehtaalla kokoonpantaessa. Kohteisiin A annostellaan tippakannulla vaihdelaatikkoöljyä (esimerkiksi Mobil Mobilube1 SHC SAE 75W-90) ja kohteisiin B siiveltimellä erikoisrasvaa (Mobil Grease 28 lentokonerasvaa). (VEO 2010.)

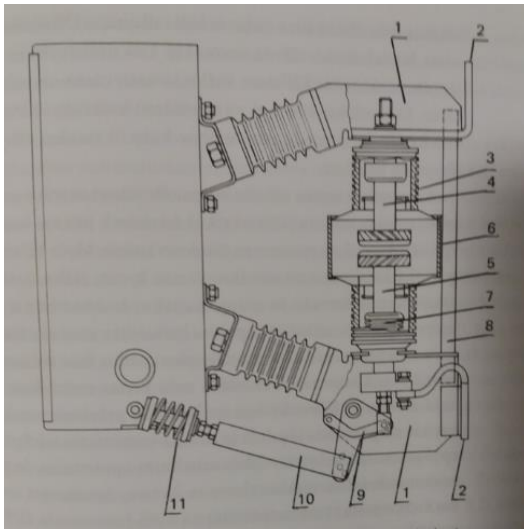
5.6.3 Keskijännitekatkaisijat

TLS:n keskijänniteverkon kojeistot ovat vähäöljy-, tyhjö- ja SF₆-katkaisijoilla varustettuja. Yleisin katkaisijatyyppe on tyhjökatkaisija, ja lähitulevaisuudessa sähköasema saneerauksien yhteydessä vähäöljykatkaisijat poistuvat ja korvautuvat pääsääntöisesti tyhjökatkaisijoilla. Taulukosta 3 nähdään katkaisijatyypin jakauma TLS:n sähköasemilla. Vähäöljy- ja SF₆-katkaisijoiden toimintaperiaate esiteltiin SJ-katkaisijoissa kappaleissa 5.2.2 ja 5.2.3.

Taulukko 3. TLS:n keskijännitekatkaisijat

ASEMA	SF6	Tyhjö	Vähäöljy
Ylläsjärvi		11	
Äkäslompolo	9		
Kolari	2		7
Sieppijärvi		7	
Pello		15	
Kaaranneskoski		5	
Jolmankoski		5	
Ylitornio		10	
Karunki		7	
Kuusimaa			5
yht	11	60	12

Tyhjökatkaisijan rakenne on varsin yksinkertainen. Katkaisijan koskettimet ovat sijoitettu tiiviin tyhjösäiliön sisälle. Tyhjö omaa hyvän jännitelujuuden, jonka vuoksi koskettimien katkaisuväliksi riittää jo 5-15 mm. Jotta tyhjökatkaisijan koskettimet kykenevät johtamaan piirissä kulkevia virtoja ilman liiallista lämpenemistä, koskettimet vaativat toimiakseen jatkuvan ulkoisen puristusvoiman. Ohjain on tyypillisesti moottorijousiohjain. Alla on tyhjökatkaisijan läpileikkauskuva. (Elovaara & Haarla 2011, 182.)



Kuvio 5. Tyhjökatkaisijan rakenne (Elovaara & Haarla 2011, 183.)

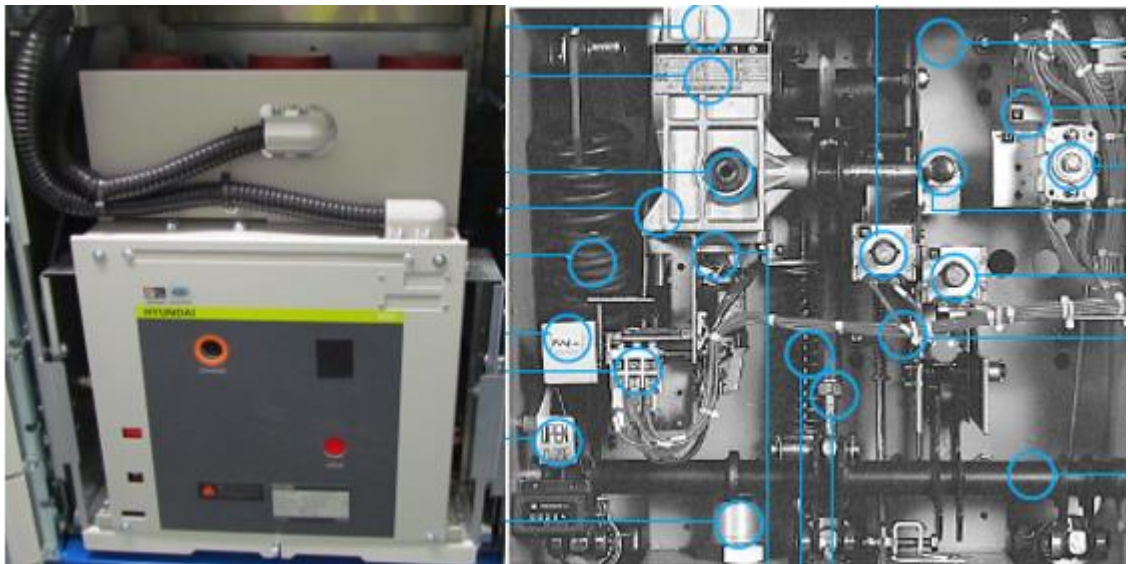
Tyhjökatkaisijan rakenne on esitelty kuviossa 5:

1. katkaisuyksikön kannattimet
2. liittimet
3. keraaminen eristin
4. kiinteä kosketin
5. liikkuva kosketin
6. sammutuskammio
7. metallipalje
8. eristävä tukitanko
9. ohjaava vipu
10. eristävä välitanko

11. ohjausvoiman antava jousi (Elovaara & Haarla 2011, 183).

5.6.4 Keskijännitekatkaisijoiden huolto

Tyhjökatkaisija itsessään on varsin huoltovapaa. Mitoitusvirralla toimiessaan sen katkaisuyksiköt kestävät jopa 10 000-20 000 toimintoa ja täydellä oikosulkuvirralla vastaava luku on 20-100. Katkaisuyksiköiden ja ohjaimen elinkaari on tyypillisesti 10 000-30 000 toimintoa. Ainoa huoltoa tarvitseva komponentti on ohjain (Kuva 18), joka vaatii voiteluhuollon kerran kymmenessä vuodessa. (Elovaara & Haarla 2011, 182.)



Kuva 18. Tyhjökatkaisija ja sen ohjausmekanismi (Hyundai 2009.)

TLS:n kaikki keskijännitekatkaisijat huolletaan keskitetysti katkaisijatyypistä riippuen 5-6 -vuoden välein. Edellä mainittuun ratkaisuun on päädytty, koska katkaisijoita kuluttavat toimintakerrat eivät ole identtisiä keskenään. Esimerkiksi tyypillisellä pitkällä maaseudun ilmajohtolähdöllä tulee katkaisijalle huomattavasti enemmän toimintakertoja kuin taajaman maakaapelilähdöllä, taajaman ilmajohtolähdöllä tai kojeiston kiskokatkaisijalla. Katkaisijoiden huoltotoiminta hankitaan talon ulkopuoliselta palvelun tuottajalta.

Keskijännitekatkaisijoille tehtävä mittaushuolto tehdään joka huolto kerta, riippumatta katkaisijatyypistä. Mittaushuollossa mitataan katkaisijanapojen ylimenovastus ja toiminta-aika auki ja kiinni -ohjauksessa. Myös auki- ja kiinnikelojen, kuin viritysmoottorinkin resistanssi mitataan. Viritysmoottorista mitataan myös viritysaika ja -virta. Katkaisijan toimintalaskurin arvo kirjataan myös ylös. (Mustonen 2018)

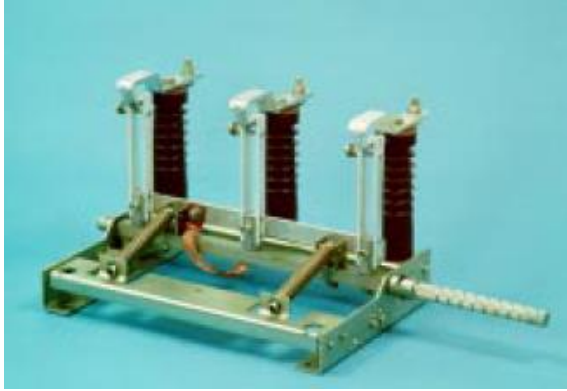
Mittaushuollon lisäksi, joka toinen kerta tehdään vähäöljykatkaisijoille avaava huolto. Avaavassa huollossa katkaisupäiden öljyt, tiivisteet ja iskunvaimenninpalat vaihdetaan. SF₆ -katkaisijoista mitataan katkaisupäiden koskettimien liike, tarkastetaan kaasun paine ja mahdollisesti lisätään kaasua. Tyhjökatkaisijasta testataan tyhjän tiiveys eli tarkastetaan että katkaisupäät eivät lyö läpi mitoitusjännitteellä. Tiiveys todetaan niin kutsutuilla vacuum-testerillä, jolloin auki oleviin katkaisupäihin ohjataan mitoitusjännite. Mikäli tyhjö vuotaa, tapahtuu katkaisupäiden välillä läpilyönti. (Mustonen 2018)

Vähäöljykatkaisijoiden huoltoväliksi on TLS:ssä määritelty 5 vuotta ja tyhjö- ja SF₆ -katkaisijoille 6 vuotta.

5.6.5 Maadoituskytkimet

Kojeiston jokainen kenno on varustettu jousilaitteella varustetulla maadoituskytkimellä (Kuva 19). Kennoissa on myös jännitteenilmaisimet (Kuva 20), jotka mahdollistavat turvallisen maadoittamisen kennossa.

Maadoituskytkin, joka sijaitsee suljetun oven takana, on täysin sulkemiskykyinen, ja kestää myös mahdollisen virheohjauksen kennossa. Maadoituskytkimen toiminta on riippumaton virran syöttösuunnasta, ja se voidaan lukita molempiin asentoihinsa. (ABB)



Kuva 19. Maadoituskytkin OJWN 24 / 63 A (ABB)

Käytettäessä sulkemiskykyisiä maadoituskytkimiä sähköturvallisuusmääräykset eivät edellytä tällöin hyväksytyin jännitteenkoettimen käyttöä jännitteettömyyden toteamiseen. Kiinteän jännitteen ilmaisimien osoittaa kennon jännitteellisuuden merkikilampun palamisella. Jännitteenilmaisimien on toteutettu jokaisen vaiheen tukieristimen sisällä olevan vastuksen ja lamppukotelon sisällä olevan kondensaattorin avulla. Vastukset toimivat jännitteen jakajana ja alentavat lampun jännitteen 220 V:iin ja virran 0,5 mA:iin. (ABB)

Maadoituskytkin on itsessään melko huoltovapaa. Käsihjaimen etulaitteen laakerille valmistaja suosittelee voitelua 5 vuoden välein. Koskettimien voitelu on suoritettu tehtaalla erikoisparafiinilla, eikä se vaadi lisävoitelua normaaleissa käyttöolosuhteissa. Maadoituskytkimen käyttöikä on määritelty 2000 ohjauskertaan virrattomana ja kahteen, täyden oikosulkuvirran ohjauskertaan. (ABB)

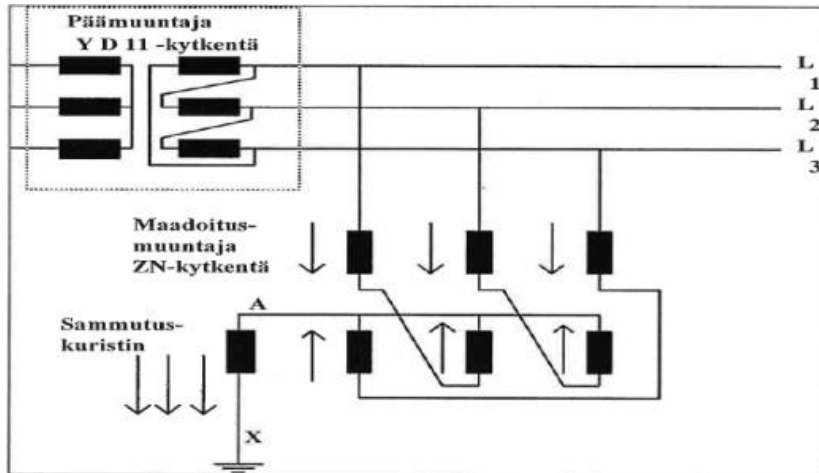


Kuva 20. Jännitteenilmaisimet kennoterminalissa

5.7 Maasulkuvirran sammutuslaitteistot

Maasulkuvirran kompensointilaitteiston tehtävä on rajoittaa sähköverkossa esiintyvää haitallista maasulkuvirtaa. Kompensointilaitteisto tuo sähköverkkoon maakapasitanssin suuruista induktanssia, jolloin ne kumoavat toisensa ja tällöin maasulkuvirta asettuu lähelle nollaa. Kompensointi nopeuttaa valokaaren sammumista maasulun aikana ja täten ehkäisee valokaaren muodostamaa oikosulkua ja pikajälleenkytkentää johtolähdön katkaisijalla (Isomäki 2010, 22). Kompensointilaitteiston ollessa sähköasemalla puhutaan keskitetystä kompensoinnista. Kompensointilaitteisto voidaan sijoittaa myös tiettyyn osaan johtolähtöä, jolloin puhutaan hajautetusta kompensoinnista. (Rouhiainen 2008, 26.)

Kompensointilaitteisto sijoitetaan tyypillisesti omaan rakennukseen sähköasema-alueella. Se koostuu maadoitusmuuntajasta, kompensointikuristimesta (sammutuskuristin), säätäjistä ja lisävastuksesta. Maadoitusmuuntaja sijoitetaan tyypillisesti sähköaseman omakäytön johtolähtöön. Maadoitusmuuntajassa on erillinen nollapisteen ulosotto, joka saadaan ZN-kytkennällä (Kuvio 6). Usein siinä on myös omakäyttökäämi, jonka vuoksi sähköasemalla ei tarvita erikseen omakäyttömuuntajaa. Muuntajan tähtipisteen ulosotto kulkee erottimen kautta kuristimeen. Erotin mahdollistaa kuristimen huollon ilman omakäytön jännitteettömäksi kytkentää. Erottimen tilatiedosta viedään tieto suojarileistykseksi, jonka perusteella rele tarkkailee joko maasulkuvirran pätö- tai loiskomponenttia. Kun kompensointi on kytkettynä, puhutaan sammutetusta verkosta ja kun kompensointi on erotettuna, puhutaan maasta erotetusta verkosta. (Isomäki 2010, 23.)



Kuvio 6. Maadoitusmuuntajan ja sammutuskuristimen kytkentä (Isomäki 2010, 24.)

Kompensointikuristimet (Kuva 21) ovat yleensä jatkuvasäätöisiä, jonka vuoksi kuristimen ohjaama maasulkuvirran säätö saadaan aina parhaiten vastaamaan verkon sen hetkistä kytkentätilaa. Rakenteeltaan kuristimet ovat rautasydämisiä ja öljyjäähdytteisiä. Induktanssin säätö tapahtuu sähkömoottorin ja kierteistetyn akselin avulla, joka muuttaa kuristimen rautasydämien etäisyyttä. Virransäätöalue jatkuvasäätöisessä kuristimessa on 10-100 %. (Isomäki 2010, 24)



Kuva 21. 20 kV:n kompensointikuristin Karungin sähköasemalla

Automaattisäätäjä (resonanssisäätäjä, kuva 22) säätää maasulkuvirran kompensoinnin verkossa aina sen hetkisen verkon tilan mukaan. Tyypillisesti säätäjät ovat mikroprosessori pohjaisia ja kompensoinnin säädön ohjaus tapahtuu tiettyjen laskentaparametrien mukaisesti. Säätäjä tarkkailee terveen verkon nollajännitettä, joka on suurimmillaan verkon maakapasitanssin reaktanssin ja kuristimen induktiivisen reaktanssin ollessa yhtä suuret, jolloin kompensointikuristin on viritetty. Säätäjä ei toimi sammutuskelan vahingoittumisriskin vuoksi aktiivisen maasulun aikana. Normaalityössä kuristin viritetään hivenen alikompensoiduksi, jotta verkon nollajännite pysyy matalana. (Isomäki 2010, 25.)



Kuva 22. Resonanssisäätäjä

Sammutuskuristimen pätöhäviöstä ja verkon häviöistä koostuvaa jäännösvirtaa käytetään suojauksessa, jotta suojaus pystyy erottamaan viallisen lähdön verkosta. Jäännösvirran suuruus on riippuvainen useasta eri tekijästä, esimerkiksi vikavastuksen suuruudesta verkossa, säästä ja verkon kytkentätilanteesta. Mikäli jäännösvirta on vikahetkellä pieni, joudutaan suojauksen mittaamaa kompensointikelan ottamaa pätövirtaa suurentamaan lisävastuksen avulla sellaiseksi, että relesuojaus toimii selektiivisesti ja laukaisee viallisen lähdön. Lisävastuksen avulla saadaan myös pienennettyä terveen verkon nollajännite sellaiseen tasoon, että suojaireleet eivät aiheuta virhetoimintoja. Lisävastus kytketään rinnan kompensointikelan tehokäämin kanssa. (Isomäki 2010, 26.)

Kompensointilaitteiston kunnossapito rajoittuu TLS:n sähköasematarkastuksessa tehtävään käynninaikaiseen kunnonvalvontaan. Kompensointilaitteistoon kohdistuvat huoltotoimenpiteet määräytyvät tarkastuksissa havaittujen epäkoh-

tien perusteella. Kompensointilaitteiston vikaantuminen ei itsessään aiheuta sähkönjakelun häiriötä keskijänniteverkkoon ja maadoitusmuuntajan omakäyttökäämikin on tarpeen vaatiessa korvattavissa sähköaseman varasyötöllä.

TLS:n siirtoverkossa on yksi kompensointilaitteisto myös 110 kV:n jännitetasossa Ylläsjärven sähköasemalla. Kyseinen laitteisto on Fingridin omistuksessa ja siihen kohdistuvat huoltotoimenpiteet ovat FG:n vastuulla.

5.8 Reaktorit

Reaktoreiden, eli rinnakkaiskuristimien tehtävä sähköverkossa on kompensoida kapasitiivista loistehoa, jota syntyy alikuormitetuista johdoista ja kaapeleista. Lisäksi loistehoa tuottavat verkossa olevat tahtikoneet ja kondensaattoriparistot. (Eno 2016, 8.)

Keskijänniteverkkoon kytkettävät reaktorit ovat joko ilma- tai öljyeristeisiä. Jakeluverkkoyhtiöt käyttävät pääasiallisesti öljyeristeisiä reaktoreita (Kuva 23). Reaktoreiden nimellisteho on tyypillisesti 500 kVar:n ja 5 MVar:n välillä ja tavallisimmin ne sijoitetaan sähköasemalla omaan laitetilaansa. Öljyeristeisen reaktorin rakenne on muuntajan kaltainen, mutta siinä ei ole toisiokäämitystä ja melutaso on muuntajaa korkeampi. Reaktorin tuottama lämpö jäähdytetään radiaattoreiden ja mahdollisten lisäpuhaltimien avulla. Kiinteä reaktori toimii nimellistehollaan jatkuvasti. Reaktoreiden tehonsäädön toteutus vaikuttaa hankintahintaan merkittävästi ja sen vuoksi useimmat jakeluverkkoyhtiöt suosivat kiinteää reaktoria. (Forsblom 2017, 15-17.)



Kuva 23. 20 kV:n öljyeristeinen kiinteä reaktori Karungin sähköasemalla

5.9 Suojareleet

Suojareleet valvovat mittauskäämien välityksellä sähköverkon tilaa ja tiettyjen ehtojen täytyessä katkaisevat katkaisijan avulla vikaantuneen osan verkosta. Suojarele antaa myös jännitteensäätöön liittyvät käskyt päämuuntajan käämikytkimelle. Suojauksen on toimittava joka tilanteessa ja tämän vuoksi suojareleiden käyttövarmuus on oltava aukotonta. Suojareleet ohjaavat katkaisijoita ja toimivat yleisesti akkuvarmennetulla apuenergialla. Sähköverkon mittaussuureet suojarle saa virta- ja jännitemuuntajilta ja siihen liitetään myös kojeiston valokaarisuojaus, kuin johtosuojauksen pika- ja aikajälleenkytkentä -toiminnot. Releestä saadaan indikoitua myös tiettyjä hälytyksiä käytönvalvontaan ja se toimii myös häiriötallentimena. (Mörsky 1992, 13-17.)

Ensimmäiset suojareleet olivat sähkömekaanisia, liikkuvia osia sisältäviä releitä. 1960 -luvulla tulivat staattiset eli elektroniset suojareleet, joilla voitiin suorittaa jo vaativampia suojaustoimintoja. Digitaaliset, mikroprosessoripohjaiset suojareleet yleistyivät 1980-luvun loppupuolella ja tänä päivänä ne ovat toiminnoiltaan hyvin monipuolisia. Niissä on myös tyypillisesti ”self supervision”, eli itsevalvonta -diagnostiikka, joka kykenee ilmoittamaan releen toimintakunnon. (Elovaara & Haarla 2011, 344,345.)

5.9.1 Yleisimmät reletyypit

Tyypillisiä reletyyppejä 110 / 20 kV:n sähköasemilla ovat eri tyyppiset virta- ja jännitereleet, jälleenkytkentäreleet, distanssireleet, differentiaalireleet ja valokaa-risuoajat. Digitaalitekniikan ja elektroniikan kehitys on mahdollistanut sen, että yh-teen releeseen voidaan ohjelmoida useita eri suojausfunktioita ja toimintoja, täl-löin puhutaan yleisesti yhdistelmäreleestä.

Virtareleitä on ylivirta ja nollavirtareleitä. Säteittäisessä verkossa ylivirtareleet toi-mivat ylikuormitus ja oikosulkutilanteissa. Ylivirtarele havahtuu, kun mitattu kuor-mitus ylittää asetteluarvon. Vakioaikaylivirtasuojaus toimii, kun aseteltu virtaraja ylittyy ja asettelu-aika ylittyy. Käänteisaikaylivirtasuojaus toimii nopeasti suurilla vikavirroilla ja vastaavasti hitaammin pienemmillä vikavirroilla. Nollavirtarelettä käytetään maasulkusuojauksessa, josta käytetään yleisnimitystä maasulkurele. Jotta nollavirtarele pystyy toimimaan selektiivisesti, tarvitsee se mittaustiedon jär-jestelmän nollajännitteestä. Tällöin puhutaan suunnatusta maasulkureleestä. (Elovaara & Haarla 2011, 353,354.)

Johtolähdöllä vikatilanteessa vallitseva maasulkuvirran suuruus saadaan mitat-tua esimerkiksi säteittäisen johtolähdön vaihevirtojen summavirrasta (Elovaara & Haarla 2011, 353).

Alijänniterele suojaa järjestelmää ja verkkoa alijännitteen haitoilta. Sen toimintaa ei saa kuitenkaan asetella liian herkäksi tai nopeaksi. Johdon pikajälleenkytken-nät aiheuttavat tyypillisesti järjestelmään jännitteen ”humpaamista” ja liian nopea asettelu aiheuttaisi tarpeettomia käyttökeskeytyksiä. Ylijänniterele suojaa järjes-telmää jännitteen nousujen varalta. (Mörsky 1992, 38,39.)

Distanssirelettä käytetään tyypillisesti silmukoidussa verkossa. Distanssirele las-kee suojattavan johdon impedanssin johdon alkupäässä olevien jännite- ja virta-muuntajien avulla ja kykenee määrittämään laskennallisesti etäisyyden johdolla olevaan vikaan. Silmukoidussa verkossa releelle tuleva vikavirta voi tulla useam-masta suunnasta ja distanssirele kykenee määrittämään vikasuunnan jännitteen ja virran vaihekulman avulla. (Elovaara & Haarla 2011, 348.)

Differentiaalirele eli erovirtarele mittaa suojattavan kohteen läpi kulkevien, mitattujen virtojen eroa. Toisin sanoen sen suojaus alue rajoittuu mitattavien virtamuuntajien väliseen alueeseen. Yleisimmin sähköasemalla erovirtarelettä käytetään päämuuntajan suojaukseen, jossa erityisen tärkeää on nopea verkosta erotus. (Elovaara & Haarla 2011, 344-345.)

Avojohton suojauksessa yhtenä menetelmänä käytetään automaattista jälleenytkentää. Jälleenytkentä -toiminto on integroitu nykypäivän suojareleisiin. Jälleenytkennät ovat pika- tai aikajälleenytkentöjä. Jälleenytkennässä suojattavaa johtoa käytetään jännitteettömänä, sillä suurin osa avojohton vioista ovat hetkellisiä, itsestään poistuvia. (Elovaara & Haarla 2011, 356.)

5.9.2 Sähköaseman suojaus

TLS:n 110 / 20 kV:n sähköaseman suojaukset koostuvat 110 kV:n suojasta, muuntajasuojasta, 20 kV:n syötön suojasta, (kiskosuoja) ja 20 kV:n lähtösuojista. Suojat ovat yhdistelmäsuojia, eli yksi suoja sisältää useita eri suojausfunktioita. Esimerkiksi Karungin sähköaseman suojaus koostuu pääsuojasta, varasuojasta, kiskosuojasta, johtolähtösuojista ja valokaarisuojasta.

Pääsuoja käsittää asemaa syöttävän 110 kV:n johdon ja muuntajan suojauksen. Pääsuoja ABB:n RET630 (Kuva 24) suojaa asemaa 3-vaiheiselta suuntaamattomalta ylivirralla ja lisäksi se toimii päämuuntajan erovirtasuojana. Toisin sanoen erovirtasuoja vertaa päämuuntajan ensiö- ja toisiopuolella kulkevia virtoja. Pääsuoja ohjaa myös käänkytkimen toimintaa.



Kuva 24. Pääsuoja RET630

Päämuuntajan varasuojana toimii Vamp 52 -sarjan suoja-rele (Kuva 25). Se suo-
jaa päämuuntajaa niin ikään yläjännitepuolen 3-vaiheiselta suuntaamattomalta
ylivirralla, mutta tämän lisäksi se suojaa suuntaamattomalta maasulkuvirralla.
Varasuoja ja valokaarisuoja saavat virtatietonsa samalta virtamuuntajan sydä-
meltä.



Kuva 25. Aseman varasuoja Vamp52

20 kV:n syötönsuojana ja johtolähtösuojana eli kennotermiinaalina toimivat Vamp
57 -sarjan suoja-releet (Kuva 26). Kojeiston syötön- ja johtolähtösuojina toimivat
releet suojaavat lähtöjään 3-vaiheiselta suuntaamattomalta ylivirralla. Kiskosuoja
lukee kiskoston jännitettä kojeiston mittauskennosta toimien järjestelmän yli- / ali-
jännite- ja maasulkusuojana.

Kiskoston maasulkujännitteen mittaustietoa käytetään aseman suojaukseen
maasulkujännitteen varalta ja toisaalta se toimii ylemmällä tasolla myös johtoläh-
töjen varasuojana. Katkaisijavikasuoja on käytössä syötön ja johtolähtöjen suo-
jissa. Johtolähtöjen kennotermiinaaleissa on käytössä suunnattu maasulkusuo-
jaus. Automaattinen jälleenkytkentä on käytössä ilmajohtolähdöillä.



Kuva 26. Kennotermiinaali Vamp57 ja valokaari keskitin

Suojareleiden toimintakunto tulee varmistaa määräajoin koestamalla. Koestusmenetelmiä ovat ensiökoestus, toisiokoestus tai suojarelekoestus. Ensiökoestuksessa luodaan vika primääripiiriin ja täten tulee koestetuksi koko laitteistoketju aina mittamuuntajalta katkaisijan laukaisuun. Ensiökoestus vaatii paljon erikoislaitteita ja jännitteettömän kojeiston ja sen vuoksi se on vaikeasti toteutettavissa. Toisiokoestuksessa vikavirrat ja jännitteet syötetään mittamuuntajien toisiopuolelle ja täten luodaan suojareleelle todellista vikaa vastaava tilanne. Toisiokoestus voidaan täten suorittaa jännitteellisessä kojeistossa esimerkiksi yksi kojeiston lähtö kerrallaan ja releen toiminta-ajat voidaan mitata laukaisukoskettimilta. Pelkkä suojarelekoestus tehdään tyypillisesti uudelle releelle, kun se asennetaan uuteen kojeistoon. Tällöin siitä testataan lähinnä suojausportaiden toiminta. Releelle joudutaan kuitenkin tekemään vähintään toisiokoestus, kun se asennetaan osaksi todellista verkkoa. (Mustonen 2018)

TLS:ssä suojareleiden määräaikaiskoestus tehdään toisiokoestuksena kolmen tai kuuden vuoden välein. Mikäli releessä on itsevalvonta, koestus tehdään kuuden vuoden välein. Muussa tapauksessa koestus tehdään kolmen vuoden välein. Koestustoiminta ostetaan ulkopuoliselta palveluntuottajalta (Liite 1).

5.9.3 Valokaarisuojaus

Valokaaren aiheuttamat vahingot kojeistolle ovat yleensä hyvin vahingollisia. Pelkkä ylivirtasuojaus ei estä valokaaren aiheuttamia vahinkoja kojeistossa, sillä valokaari aiheuttaa poikkeuksellisen kuumuuden jo 200 millisekunnin jälkeen.

Valokaarisuojauksen tehtävä on minimoida valokaaren aiheuttamat vahingot kojeistossa mahdollisimman nopealla syötön poiskytkennällä. Valokaarisuoja tarvitsee toimiakseen mittaustiedon sekä ylivirrasta, että valoantureilta saatavasta valotiedosta. (Lauranen 2016, 15,16.)



Kuva 27. Valokaarisuojarele

Kojeiston valokaarisuojaukseen sisältyy tyypillisesti optiset valoanturit, keskittimet ja releyksikkö (Kuva 27). Valoantureita voidaan sijoitella kojeiston eri kohtiin eri määriä ja niiden suojauksen vaikutusalue voidaan erikseen määritetyille katkaisijoille.

Karungin sähköasemalla esimerkiksi valoanturit on sijoitettu kojeiston jokaisen kennoon kaapelitilaan (kaapelipäätteet) ja katkaisijatilaan (kiskosto). Virtatieto saadaan 110 kV:n virranmittaukselta. Edellä mainitulla asemalla valokaarilaukaisu avaa kaikkien johtolähtöjen katkaisijat, kiskokatkaisijan sekä aseman 110 kV:n syöttökatkaisijan.

Karungin aseman valokaarisuojassa on itsevalvonta "self supervision" ja mikäli järjestelmä havaitsee vikaantumisen valokaarisuojauksen jossain osassa (keskitin, anturi, rele), indikoi se siitä hälytyksellä.

Valokaarisuojan toiminta testataan suojarelekoestuksen yhteydessä kuuden vuoden välein. Testauksessa jokaiseen valoanturiin kohdistetaan voimakas valo ja tarkastetaan releen havahtuminen. Laukaisupiirin koestuksessa toision virranmittaukseen syötetään vaadittava ylivirta ja annetaan valopulssi anturille. Ennen koestusta laukaisupiiri avataan ja laukaisunopeus mitataan releen koskettimilta. Valokaarisuojan koestus hankitaan ulkopuoliselta palveluntuottajalta.

5.10 Omakäyttöjärjestelmä

Sähköaseman omakäyttöjärjestelmä käsittää yleisesti kaikki asemalla olevat normaalit kiinteistö-, kuin yleissähköistykset, joiden käyttöjännite on 230 / 400 V:n vaihtosähkö. Näitä ovat esimerkiksi valaistus, pistorasiat, lämmitys, ilmalämpöpumput ja tasasähkösuuntaajat, kuin myös päämuuntajan käämikytkimen- ja sammutuskuristimenmoottorit. Olennaista on, että kaikki omakäyttöjärjestelmän piirissä olevat laitteet saavat syöttönsä omakäyttökeskuksesta (Kuva 28). Omakäyttökeskus saa syöttönsä omakäyttömuuntajalta. Omakäyttömuuntaja (20 / 0,4 kV) sijaitsee asemalla tyypillisesti erillisessä tilassa. Omakäyttökeskuksissa on yleensä myös verkonvaihtokytkin varasyöttöä varten. Varasyöttö on rakennettu aseman ulkopuolelle ja sen tarkoitus on varmistaa omakäyttökeskuksen syöttö mahdollisessa aseman vika- tai huoltotilanteessa. (Siivonen 2007, 8,12.)



Kuva 28. Sähköaseman omakäyttökeskus

Omakäyttömuuntaja voi olla yhdistettynä maadoitusmuuntajan kanssa samaan muuntaajaan, jossa omakäyttöjärjestelmä saa syötön maadoitusmuuntajan omakäyttökäämiltä (Isomäki 2010, 23).

Omakäyttöjärjestelmän kuntoa valvotaan asematarkastuksien yhteydessä tehtävissä tarkastuksissa. Tarvittaessa keskuksen sähköisille liitoksille tehdään lämpökuvaus.

5.11 Tasasähköjärjestelmät

Sähköaseman tasasähköjärjestelmä sisältää tasasähkökeskuksen, tasasuuntaajan (varaajan) ja akuston. Tyypillisesti tasasähköjärjestelmä on kahdennettu (Kuva 29). Tasasähköjärjestelmä saa käyttöjännitteen sähköaseman omakäyttökeskukselta, jonka syöttämä vaihtosähkö tasasuunnataan järjestelmään ja akustoon. Tasasähköjakelun piiriin kuuluvat mm. kaukokäyttöjärjestelmä, suojausjärjestelmä, lukitusjännitteet, katkaisijoiden viritysmoottorit ja erottimien ohjausmoottorit. Koska sähköaseman suojausjärjestelmä ja muut kriittiset laitteet saavat käyttöjännitteensä tasasähkökeskuksesta, pitää järjestelmän olla akkuvarmennettu. Tasasähköjärjestelmän vikaantumisen aiheuttama riski minimoidaan kahdentamalla järjestelmä, jolloin sen käyttövarmuus ja huollettavuus paranevat oleellisesti (Liite 2). Akuston on kyettävä syöttämään järjestelmää 10 tuntia. Kahdennetun järjestelmän varaajat on mitoitettava siten, että ne pystyvät yksinään syöttämään koko sähköaseman tasasähkökuorman, esimerkiksi akuston tai rinnakkaisen varaajan vikatilanteessa. Mikäli varaaja vikaantuu, on sen kyettävä erottamaan itsensä automaattisesti niin vaihtosähkö- kuin tasasähköverkosta. (Tähtinen 2015, 8,9,12.)

Sähköaseman vikatilanteissa akustot syöttävät tasasähköjärjestelmiä. Akustot toimivat myös energian puskurivarastona mahdollisten kuormitushuippujen aikana. Sähköaseman akustot (nk. paikallisakusto) ovat yleisimmin sarjaan kytkettyjä lyijyakkuja. Lyijyakut ovat joko suljettuja tai avoimia akustoja. Avoakut ovat erittäin toimintavarmoja ja pitkäikäisiä, toisaalta ne vaativat paljon huoltoa, oman akkuhuoneen ja ovat painavia. Suljetut lyijyakut ovat huoltovapaita, mutta ne ovat lyhyt ikäisempiä ja niiden kuormitettavuus on heikompi kuin avoimilla akuilla. (Tähtinen 2015, 15-16.)



Kuva 29. Kahdennettu tasasähköjärjestelmä

1. Akusto
2. Tasasuuntaaja
3. Tasasähkönjakelu

Tasasähköjärjestelmien nimellisjännitteet ovat tyypillisesti 110 V ja 220 V. 220 V:n nimellisjännitteiden käyttö on perusteltua isoilla sähköasemilla, joissa ohjaus- / suojauslaitteistojen etäisyydet ovat pitkät ja siitä johtuen jännitehäviöt myös isoja. 60 V:n nimellisjännitettä löytyy usein vanhoilta asemilta. Tasasähköjärjestelmän sisältä löytyy usein myös 24 ja 48 Voltin jännitetasoja, jotka liittyvät yleisesti automaatio- ja hälytys- / merkinantojärjestelmien käyttöjännitteenä, kuin myös kaukokäyttöjärjestelmän apujännitteenä. (Tähtinen 2015, 9-10.)

TLS:n sähkönjakelukäytössä olevien sähköasemien tasasähköjärjestelmien nimellisjännite on 110 V. Joiltain asemilta löytyy myös vielä vanhaa perua olevia 60 V:n toimilaitteita, joiden käyttöjännite on konvertoitu 110 V:sta. Vanhalta siirto- / varayhteys käytössä olevalta asemalta löytyy myös yksi 220 V:n järjestelmä. Tasasähköjärjestelmän lämpötilakompensoitu kestovarausjännite tarkastetaan sähköaseman kuukausitarkastuksen yhteydessä. Tällä varmistetaan varaajan

toiminta. Järjestelmän käyttöjännitteen (varausjännite) tulee olla tyypillisesti 20 Celsius -asteen lämpötilassa noin 120 V. Tarkastuksen yhteydessä koko järjestelmä tarkastetaan silmämääräisesti mahdollisten lämpövaurioiden ja epäpuhauksien suhteen.

TLS:n asemilla olevat akustot ovat suljettuja lyijyakkuja, jotka itsessään ovat huoltovapaita. Akustoille suoritetaan kapasiteettikoe 3 vuoden välein. Uusille akustoille purkaukoe tehdään puolen vuoden sisällä käyttöönotosta, mikäli toimittaja ole sitä tehnyt. Koe suoritetaan järjestelmästä erotetulle, täysin varatulle akustolle, 50 %:n purkauksella. Uusissa tasasähkökeskuksissa on valmis lähtö purkaukoe varten. Akustojen purkaukokeet suoritetaan yhtiön omilla resursseilla ja purkaukokeen työohje on liitteessä 3. Akuston testauslaitteisto Torkel 840 (Kuva 30) on yhteisomistuksessa toisen verkkoyhtiön kanssa.



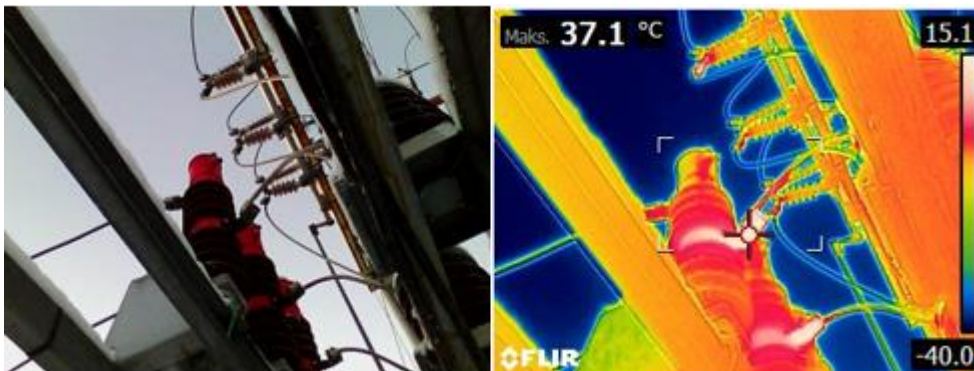
Kuva 30. Torkel 840 akuston testauslaitteisto

5.12 Lämpökuvaus

Lämpökuvaus on yksi sähkölaitteiston kunnossapidon, käynninaikainen kunnonvalvonta menetelmä. Se voidaan suorittaa turvallisesti koskettamatta komponenttia tai laitteistoa. Suljetussa virtapiirissä lämpenemistä voi aiheuttaa esimerkiksi yli- tai vinokuorma, ylijännite ja löysät tai hapettuneet liitokset. Yleisesti lämpökuvausta kohdistetaan virtapiirien liitoskohtiin, jossa huono liitos tai kontaktipinta aiheuttaa lämpenemistä ja voi pahimmillaan johtaa esimerkiksi kaapelipäätteen vikaantumiseen.

TLS:n sähköasemilla lämpökuvataan kaikki kytkinkentän virtapiirin liitokset. Näitä ovat esimerkiksi SJ-johdon liitokset, erottimien ja katkaisijoiden navat (Kuva 31), virtamuuntajien sisään- ja ulostulot ja muuntajan ensio- ja toisiopuolen navat. Sattunnaisesti lämpökuvausta on suoritettu KJ-kojeiston lähtökaapeleiden päätteisiin, kaapelivirtamuuntajiin, kuin ohjauskoteloiden riviliittimiin.

Lämpökuvaus suoritetaan kerran vuodessa. Joka toinen vuosi lämpökuvaus hankitaan ulkopuoliselta palvelun tarjoajalta ja joka toinen vuosi se suoritetaan TLS:n omilla resursseilla.



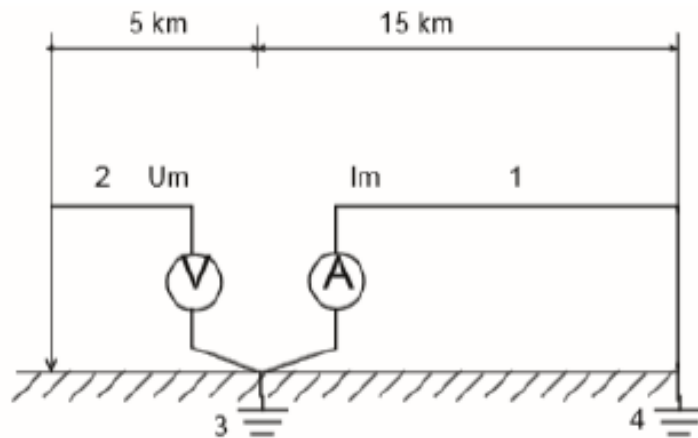
Kuva 25. Lämpökuvattu katkaisija

5.13 Maadoitusmittaukset

Uuden rakennetun sähköaseman maadoitusjärjestelmä on mitattava ennen käyttöönottoa. Mikäli maadoitusjärjestelmä on osittain puutteellinen esimerkiksi talviolosuhteiden vuoksi, sallitaan maadoitusmittaukset tehtäväksi pian roudan sulamisen jälkeen. Maadoitusjärjestelmän tehtävä on turvata henkilöturvallisuus ja minimoida tai estää käyttöomaisuuden vahingoittuminen asemalla vallitsevan, suurimman maasulkuvirran aiheuttaman maadoitusjännitteen hetkellä. Maadoituksen on kestettävä kohteessa myös termisesti suurin vallitseva vikavirta ja mahdollisten korroosiodien vaikutukset. (Vanhanen 2018, 9.)

Sähköaseman maadoitus koostuu tyypillisesti vaakamaadoituselektrodeista ja maadoitusruudukosta. Samaan maadoitusjärjestelmään sisältyvät myös asemalta lähtevissä johdoissa olevat ukkosjohtimet ja pylväsmaadoitukset. (Vanhanen 2018, 10.)

Sähköasemien maadoitusten kunto tarkistetaan 6-12 vuoden välein maadoitusresistanssi- tai maadoitusimpedanssimittauksella. Maadoitusimpedanssimittausmenetelmänä käytetään aina Voltti-ampeerimenetelmää, jossa luodaan keinotekoisesti maasulkutilanne jakelujärjestelmään ja mittaustulosten perusteella voidaan laskea maadoitusimpedanssi. Menetelmässä syötetään mittausvirta erillisellä laitteistolla, esimerkiksi avojohtoa pitkin tietyn matkan päähän asennettuun vastamaadoituselektrodiin. Tämän seurauksena virta alkaa kulkea elektrodien välillä ja maadoitusjärjestelmässä on tällöin maadoitusjännite, joka saadaan mitattua aseman maadoituselektrodin ja referenssimaan väliltä (Kuvio 7). Referenssimaa saadaan asettamalla toinen maadoituselektrodi vastakkaiseen suuntaan virranmittauksessa käytetyn vastamaadoituselektrodin kanssa. Oleellista on, että referenssimaa ei ole mittauksessa käytettyjen elektrodien potentiaalin piirissä. (Vanhanen 2018, 9-10,19-20.)



- 1 virransyöttöjohto
- 2 jännitteen mittausjohdin
- 3 käyttömaadoituselektrodi
- 4 vastamaadoituksen elektrodi

Kuvio 7. Voltti-ampeerimenetelmän periaatekuva (Vanhanen 2018, 16.)

Maadoitusresistanssin mittaustuloksia hyödyntäen voidaan sähköasemalle tehdä lain vaatimat maadoitusjännitetarkastelut. Maadoitusresistanssi voidaan mitata usealla eri mittausmenetelmällä. Yksinkertaisin tapa on syöttää virtaa aseman maadoituselektrodiin ja tämän jälkeen mitataan elektrodin ja mitattavan kohteen välinen jännite. Syötetyn virran ja mitatun jännitteen perusteella voidaan laskea Ohmin lailla kohteen maadoitusresistanssi. (Vanhanen 2018, 15.)

TLS:n sähköasemien maadoitusmittaukset hankitaan ulkopuoliselta palvelun tarjoajalta. Kytäkinkentällä, rakennuksissa, järjestelmissä ja aidoissa olevien maadoitusjohtimien kunto tarkastetaan silmämääräisesti sähköasemien vuositarkastuksien yhteydessä ja mittaamalla jatkuvuus 6-12 vuoden välein. Liitteessä 4 on periaatteellinen kuva sähköasemien maadoituksista.

6 SÄHKÖASEMATARKASTUKSET

Sähköasematarkastukset ovat jatkuvaa, säännönmukaista tarkastustoimintaa, jossa tarkastetaan aistinvaraisesti sähköaseman laitteistot, komponentit, työvälineet, rakennukset ja yleensäkin sähköasema-alue kokonaisuudessaan. Tarkastustoiminta on käynninaikaista kunnonvalvontaa, jonka päätarkoitus on mahdollistaa laitteiston turvallinen käyttö ja havaita laitteistossa alkava tai oireileva vika ennen kuin se aiheuttaa vikaantuessaan käyttökeskeytyksen tai muun vakavan toimintahäiriön. Ennakkoon havaittu alkava vika voidaan korjata suunnitellusti ja parhaimmillaan ilman vikakeskeytyksiä hallitusti.

Sähkölaitteiston haltijasta riippumatta sähköasematarkastukset koostuvat tyypillisesti kuukausitarkastuksista ja vuositarkastuksista. Tarkastusväleihin ei ole olemassa varsinaista standardia ja täten jakeluverkkoyhtiöt tai sähkölaitteiston haltijat voivat määrittää aikataulut tarkastuksille itsenäisesti. Alalla vakiintunut käytäntö on kuitenkin tehdä sähköasemille kuukausitarkastuksia 1-3 kk välein ja kerran vuodessa vuositarkastus. Tarkastusten sisältö on tyypillisesti hyvin samankaltainen, joka johtuu voimassa olevien standardien ja sähköturvallisuuslakien vaatimuksista. Eroavaisuudet tarkastuksissa puolestaan johtuvat sähköasemien eri rakennetyypeistä ja eri laitevalmistajien suosituksista.

Tornionlaakson Sähkö Oy:n sähköasemille tehtävä tarkastustoiminta suoritetaan yhtiön omilla resursseilla. Sähköasematarkastukset ovat koostuneet kolmesta erityyppisestä tarkastuksesta; kuukausitarkastus, puolivuositarkastus ja vuositarkastus. Puolivuosi- ja vuositarkastus on suoritettu kerran vuodessa ja kuukausitarkastus edellä mainittujen tarkastusten välissä kymmenen kertaa vuodessa. Kullekin tarkastukselle on ollut oma tarkastuslomake, joka on täytetty tarkastuskierroksen yhteydessä. Alkuperäinen dokumentti on säilytetty sähköasemalla, ja sähköinen kopio on tallennettu yhtiön verkkolevylle.

Alkuperäisen tarkastustoiminnan ongelmakohtia ovat olleet tietyn tyyppinen sekavuus, joka on johtunut useasta tarkastuslomakkeesta. Ongelmalliseksi on koettu tarkastuskierrosraportin hidas ja osaltaan kankea tallentamismekanismi tietokantaan. Lisäksi tarkastuksista havaituista vioista ja puutteista aiheutuvien toimenpiteiden linkittäminen kohteen huoltohistoriaan on toisinaan ollut haastavaa.

Sähköasematarkastuksien sisältöä suunniteltaessa päädyttiin luopumaan puoli-vuositarjastuksista kokonaan, sillä päivitetyissä kuukausi- ja vuositarjastuksissa tehtävät tarkastukset riittävät takaamaan laitteistoille hyvän käyttövarmuuden. Sähköasemille, jotka eivät verkon normaalitilassa suorita sähkönjakelua (varayhteydet), suoritetaan harvennettu kuukausitarjastus kolme kertaa vuodessa.

6.1 Kuukausitarjastukset

Kuukausitarjastukset (Liite 5) sähköasemille tehdään 11 kertaa vuodessa. Sähköasemaa ympäröivän aidan ja sisääntulo ovien kunto tarkistetaan, että ne ovat kunnossa, varoituskilvet paikoillaan ja ettei aidan viereen ole varastoitu mitään ylimääräistä. Samassa yhteydessä tarkistetaan ulkovalaistuksen toiminta rakennuksissa, kuin kytkinkentällä.

Kytkinkentältä tarkistetaan SJ-katkaisijoiden öljymäärät tai kaasunpaineet, jotta ne ovat sallituissa rajoissa. Mittamuuntajilta tarkistetaan myös öljynmäärä, mikäli se on mahdollista. Katkaisijoiden ja mittamuuntajien ulkoinen kunto tarkistetaan silmämääräisesti mahdollisten öljyvuo-tojen ja eristimien halkeamisien varalta. Erottimien ohjaimet tarkistetaan, että ne ovat lukittuina. Katkaisijoiden, erottimien ja maadoituserottimien asennon osoittimet tarkistetaan, jotta ne näyttävät oikein. Kytkinkentän, kuin koko sähköasema-alueen siisteys tarkistetaan ja tarpeen mukaan siivotaan sinne kuulumattomat roskat tai tarvikkeet.

Päämuuntaja tarkistetaan silmämääräisesti mahdollisten öljyvuo-tojen varalta ja posliinieristeiden kunnan vuoksi. Muuntajan öljynkeruualtaiden pinnat tarkastetaan ja tarvittaessa sinne kerääntynyt vesi tyhjennetään. Päämuuntajan ja käämikytkimen öljyn korkeus tarkistetaan ja ilmankuivaimen silikageelin koostumus analysoidaan ja tarvittaessa vaihdetaan. Paisuntasäiliön ilmankuivaimien öljylukko tulee myös tarkastaa, että siinä on öljyä. Käämikytkimen toimintalaskurin luku kirjataan ylös ja verrataan edelliseen. Tällä varmistamaan käämikytkimen oikea toiminta, jottei kytkin askella turhaan, esimerkiksi viallisen ohjauksen tai liian herkän säädön vuoksi.

Maasulun sammutuslaitteistojen ja reaktoreiden suojakoppien tiiveys tarkastetaan mahdollisten vesivuotojen varalta. Reaktori kopista tarkastetaan ilmanvaihdon ja valaistuksen toiminta ja sammutuslaitteistokopista tarkastetaan valaistuksen toiminta, käyttömootorilaitteiden ulkoinen kunto ja kuristimen ilman-kuivaimien silikageelin koostumus. Olosuhteiden ollessa kylmät, tulee tarkastaa myös kondensaatiolämmityksen toiminta kytkentäkaapista.

Asemarakennuksesta tarkastetaan sisävalaistuksen toimivuus, sekä merkki ja hälytyislamppujen kunto. Paloilmoittimen toiminta testataan kaukokäyttöjärjestelmään. Omakäyttökeskuksesta tarkistetaan kWh-mittarin kunto ja riittävä varuslakkeiden määrä. LVIS-laitteiden, eli lämmityspattereiden ja mahdollisen ilmalämpöpumpun toiminta tarkistetaan. Tuloilmasuodattimen puhtaus tarkistetaan ja tarvittaessa puhdistetaan. Lisäksi tarkistetaan, että mahdolliset kondenssivedet johdetaan oikeaan paikkaan.

Suojareleiden mahdolliset havahtumiset ja hälytykset kuitataan paikallisesti pois kennotermiinaaleista ja SJ-suojista. Mahdollisten KJ-kaasukatkaisijoiden kaasunpaineet tarkastetaan. Akuston jännite tarkastetaan tasasähkökeskukselta, jotta se on sallituissa rajoissa.

Työsuojelun välineet, kuten työmaadoitusvälineet tarkastetaan silmämääräisesti ja jännitteenkoettimien (KJ, SJ) toiminnallisuus tarkastetaan. Ensiaputarvikkeet tarkastetaan määriltään ja päiväyksiltä ja tarpeen mukaan vaihdetaan ja täydennetään. Alkusammutuskaluston olemassaolo ja täyttömäärät tarkistetaan myös.

6.2 Vuositarkastukset

Vuositarkastukset (Liite 6) sähköasemille tehdään kerran vuodessa. Vuositarkastuksessa kiinnitetään hyvin paljon huomioita samoihin asioihin, kuin kuukausitarkastuksessakin, joskin tarkastuksen sisältö on vain kattavampi.

Kytkeäntällä tarkastetaan pylväiden, mittamuuntajien, katkaisijoiden, erottimien ja muiden teräsrakenteiden perustuksien kunto. Anturoissa olevien valujen halkeamiin ja muihin rapautumiin on kiinnitettävä huomiota. Teräsrakenteista tarkastetaan niiden ulkoinen kunto ja kartoitetaan myös mahdollisen korroosion aiheut-

tamat pintakäsittelyn tarpeet. Maadoitusten kunto tarkastetaan silmämääräisesti. Mahdollisten puu- tai metallipylväiden kunto ja harusten kireys tarkistetaan myös.

Kytäkentän lautas- ja tukieristimien kunto tarkastetaan silmämääräisesti. Eristimien puhtauteen ja mahdollisiin halkeamiin tulee kiinnittää huomiota. SJ-kiskostossa tarkastetaan eristimien puhtaus ja eheys, sekä kiskoston köysien kunto. Liitoksiin suoritetaan lämpökuvaus ja lämpötilamittaus, jotta mahdolliset löysät liitokset löytyisivät.

SJ-katkaisijoista tarkastetaan silmämääräisesti eristimien eheys ja puhtaus, erityisesti vähäöljykatkaisijoiden mahdolliset öljyvuodot eristimissä tulisi huomioida. Ohjainkotelosta tarkastetaan kuivausvastuksen kunto ja toiminta, lisäksi laitekotelon sisäiseen kuntoon kiinnitetään huomiota mahdollisten hapettumien varalta.

Erottimien ja maadoituserottimien eristimien eheys ja puhtaus tarkastetaan silmämääräisesti. Ohjainkotelosta tarkastetaan kuivausvastuksen kunto ja toiminta, sekä lukituskelan toimivuus. Mittamuuntajista tarkastetaan eristimien eheyden ja puhtauden lisäksi mahdollisen korroosion aiheuttamat pintakäsittelyn tarpeet.

Ylijännitesuojista tarkastetaan eheys, puhtaus ja galvaanisit liitännät. Ukkosmastosta tarkastetaan mahdolliset korroosion jäljet, sekä harusten kireys ja ulkoinen kunto. Kytäkentän tunnuskilpien ja työmaadoituspisteiden kunto tarkastetaan myös.

Päämuuntajan ulkoinen puhtaus tarkastetaan silmämääräisesti mahdollisten öljyvuotojen, pintakäsittelyn tarpeen ja muun lian varalta. Lisäksi tarkastetaan eristimien eheys, puhtaus ja muuntajan varustusten tunnuskilpien kunto.

Sähköasemarakennuksen ulkopuolelta tarkastetaan katon, lumiesteiden ja räystäskourujen kunto ja puhtaus. Myös asemarakennuksen seinien, nurkka- / karmipeltien kunto ja ilmalämpöpumpun ulkoyksikön puhtaus ja kondenssivesiputken eheys tarkastetaan. Alasokkelin kunto, sorastuksen tarve pintavesien laskun ehkäisemiseksi perustuksiin ja kasvillisuuden suhteen tarkastetaan. Puhtaanapitovälineet, kuten harja ja lumilapio tulee löytyä sähköasemalta.

Sähköasemarakennuksen sisäpuolelta tarkastetaan oven, lukon, tiivisteiden ja lukitussalvan kunto. Asemarakennuksen sisäpuolisten rakenteiden yleiskunto tarkastetaan silmämääräisesti. Poistumisteiden merkinnät, varavalojen ja sisäpuolisten sähkökalusteiden kunto ja toimivuus tarkastetaan. Ilmalämpöpumpun toimintakunto ja suodattimien puhtaus tarkastetaan ja tarpeen vaatiessa puhdistetaan.

Keskijännitekojeiston yleiskunto, jänniteindikaattoreiden ja kojeiston tunnuskilvet tarkastetaan. Keskuskaaviot, kojeiston käyttöohjeet ja laitteiston sähkötekniinendokumentaatio tulee löytyä rakennuksesta. Alkusammuttimet, ensiapuvälineet ja -ohjeet, sekä työskentelysuojat tulee olla niille varatuilla paikoilla. Kulunvalvonta rakennuksessa ja murtohälytysten toimivuus tulee tarkastaa ja testata kaukokäyttöjärjestelmään.

Sammutus- ja omakäyttömuuntajarakennuksen ulkopuolelle tehdään vastaavanlainen tarkastus, kuin itse sähköasemarakennukselle. Sisäpuolelta tarkastetaan vastaavasti oven lukkojen, tiivisteiden, lukitussalvan ja sisäpuolisten rakenteiden kunto. Sisäpuolisten sähkökalusteiden ja varavalojen toiminta ja yleiskunto tarkastetaan. Sammutuslaitteiston yleiskunto tunnuskilpineen ja ilmankuivaimineen tarkastetaan silmämääräisesti. Jäähdytystuulettimen toiminta testataan ja ovi-suodattimien puhtaus ja kunto tarkastetaan.

Työturvallisuuteen liittyvät tarkastukset ovat työmaadoitusvälineiden silmämääräinen tarkastus, jännitteenkoettimien (SJ, KJ) ja käsivalaisimen tarkastus ja testaus. Erottimien ohjaussauva ja katkaisijan siirtokampi tarkastetaan, jotta ne ovat niille kuuluvilla paikoillaan ja näyttävät toimintakuntoisilta. Asemarakennuksesta tulee löytyä myös lippusiimaa, työturvallisuuskylttejä ja riippulukkoja työnaikaisen erottamisen lukitusta varten.

Poista pöytäkirja

Seuraava

1. Ulkopuoliset tarkastukset

Sähkösema: 03

Tarkastuspäivämäärä: 19.9.2018

Tarkastaja: Keränen Perttu

Aita, ovet, ohje- ja varoitus varoituskilvet: - Huomio

Polttopuita kasattu aidan viereen

Lisää liite...

45/110kV katkaisijoiden öljymäärä: + Huomio

45/110 kV katkaisijoiden kaasun täyttöpaine: + Huomio

45/110 kV mittamuuntajien öljymäärän ja vuodot: + Huomio

Kuvio 9. Sähköaseman kuukausitarkastuslomake Mitellossa

Tehtävän hallinnan avulla voidaan luoda työmääräin. Työmääräin voidaan kohdistaa yksittäiseen verkkokomponenttiin, valitulle alueelle tai sähköasemalle itsessään. Työmääräin osoitetaan tietylle henkilölle, työryhmälle tai resurssille, esimerkiksi käyttö- tai rakennusosastolle. Luodusta työmääräimmestä saadaan lähemmään ilmoitus suoritteiden tekijälle, joko sms-viestillä tai sähköpostilla. (Polarmit 2018.)

Sähköaseman kuukausi- ja vuositarkastuksissa havaitusta puutteista luodaan sähköasemakohtainen työmääräin (Kuvio 10), joka tallentuu kyseisen sähköaseman hierarkiaan. Työmaaräintyyppiä luotiin SA-tarkastus (sähköasematarkastus), josta tiedetään sen liittyvän sähköasematarkastukseen.

SA Tarkastus

Kohde Sähköasema 05

Osoite Kytlinkenttä

Tehtävän aikaväli

Lisätietoja viasta
SJ-katkaisijan G01Q0 SF6 -paine hälyttää alarajaa

Tapahtuman alkamisaika 25.09.2018 23:20

Ilmoittaja Keränen

Lisätietoja
Todennäköisesti katkaisijan pillari vuotaa hiljalleen

Prioriteetti 2

Tila Avoin

Tekijä Mustonen Reijo

Lähetä sähköposti
 Lähetä kopio
 Lähetä SMS (0.08€/viesti)
 Lähetä kopio

Peru Tallenna

Kuvio 10. Mitellossa luotu työmääräin

8 POHDINTA

Opinnäytetyö oli aihealueeltaan varsin laaja. Työssä onnistuttiin hyvin tuomaan esille sähköasemilla suoritettavat ennakkohuolto- ja kunnossapitotyöt resurssointeeseen. Ennakkohuoltojen osalta työssä käsiteltiin kattavasti sähköaseman kriittisimmän laitteen eli päämuuntajan eri huoltomenetelmät ja erilaiset muuntajan kuntoa määrittävät toimet. Katkaisijoille suoritettavat huoltomenetelmät saatiin esiteltyä myös suhteellisen kattavasti, vaikkakin katkaisijoiden laitekanta on varsin laaja TLS:n sähköverkossa.

Yksi työn tavoitteista oli ennakkohuolto-ohjelman päivittäminen ja yhtenäistäminen sähköasemille. Tämä tavoite saavutettiin, sillä työssä onnistuttiin käsittelemään jollain asteella myös vanhemmilla sähköasemilla olevat, vanhemman tyyppiset kojeet ja komponentit. Yhtenä esimerkkinä vähäöljykatkaisijat, joille määriteltiin huoltovälit ja huoltotoimenpiteet.

Sähköasemille tehtävät kuukausi- ja vuositarkastukset, niihin kuuluvine tehtävineen saatiin määritettyä ja dokumentoitua varsin kattavasti omille tarkastuslomakkeille siten, että käytössä olleista puolivuositarkastuksista voitiin luopua. Sähköasematarkastuksissa luovuttiin paperisista tarkastuslomakkeista ja opinnäytetyön aikana siirryttiin käyttämään työnohjausjärjestelmään luotuja sähköisiä tarkastuslomakkeita, jolloin tarkastus voidaan tehdä kannettavalla mobiililaitteella. Sähköasematarkastuksissa havaittuihin puutteisiin tai vikoihin liittyen saatiin työnohjausjärjestelmään luotua työmääräin, joka linkittyy tarkastuksen kohteena olevalle sähköasemalle. Työmääräintä ei ollut työn tekohetkellä mahdollista linkittää sähköaseman tiettyyn komponenttiin, joten työmääräimestä laadittiin enemmän yleispätevä, jossa pitää erikseen osoittaa vian tai huomautuksen kohde.

Opinnäytetyö oli luonteeltaan sekoitus kehitystyötä ja soveltavaa tutkimusta. Työtä tehdessä joutui perehtymään lukuisiin eri aineistoihin ja julkaisuihin, joiden ansiosta sähköaseman eri laitteistoista ja niiden toiminnasta muodostui kattava kokonaiskuva. Aiheesta oli saatavilla suhteellisen hyvin painettua kirjallisuutta ja

opinnäytetöitä, vaikkakin tietoja jouduttiin kokoamaan useista eri lähteistä. Toisaalta työn aihe on jo itsessään niin laaja kokonaisuus, että siitä saatavaan tietomäärään helposti sokeutuu ja työ laajenee entuudestaan.

Tehty opinnäytetyö soveltuu hyväksi pohjaksi sähköasemien kunnossapidon kehitystyölle tulevaisuudessa. Itse näkisin sen hyödynnettävyyden mietittäessä kunnossapidon resurssointeja tulevaisuudessa, eli mitä ennakkohuoltoja kannattaisi hankkia talon ulkopuolelta ja mitä kannattaisi tehdä omilla resursseilla.

LÄHTEET

ABB n.d. Sulkemiskykyiset maadoituskytkimet OJWN. Tekninen esite. OJWN 3 FI97-08.

Alce 2018. Catalog. Viitattu 27.11.2018 <https://www.alce-elektrik.com>.

Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen, K. & Palva, V. 2017. Suurjännitetekniikka. 4. korjattu ja täydennetty painos. Helsinki. Otatieto.

Arteche 2018. Yrityksen www-sivut. Viitattu 28.09.2018. <https://www.arteche.com>.

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

Energiavirasto 2018. www-sivut. Viitattu 6.6.2018 <http://www.energiavirasto.fi/>.

Eno, H. 2016. Kapasitiivisen loistehon kompensointi sähköverkkoyhtiössä. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Fingrid 2018. Yrityksen www-sivut. Viitattu 13.6.2018. <https://www.fingrid.fi>.

Forsblom, M. 2017. Automaattisesti säätyvä loistehon kompensointi. Metropolia ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Insinöörityö.

Heikkinen, P. 2010. Kuopion energian sähkönjakeluverkon kunnossapidon kehittäminen. Savonia ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Tampere: Tammertekniikka Oy.

Hyundai 2009. HVF / HAF Series, Vacuum circuit breaker. Instruction Manual.

Infratek Finland Oy 2018a. Huoltoopöytäkirja katkaisijahuolloista.

Infratek Finland Oy 2018b. Tarjous ja Tekninen erittely muuntajahuolloista.

Isomäki, R. 2010. Sammutetun keskijänniteverkon kompensointilaitteiston lisä-
vastuksen ohjaus. Vaasan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opin-
näytetyö.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6. täydennetty painos. Kerava. Promaint ry.

Kunnossapitoyhdistys ry. 2006. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10. 3.painos.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto Helsinki University Press.

Lauranen, S. 2016. Teollisuuslaitoksen suojareleiden modernisointi ja koestuksen määräaikaistyön luonti. Metropolia ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Martimo, A. 2017. Muuntajan suojaus. Luentomateriaali. Lapin ammattikorkeakoulu.

Mustonen, R. 2018. Tornionlaakson Sähkö Oy. Käyttöpäällikkö. Keskustelut.

Mörsky, J. 1992. Relesuojaustekniikka. Toinen korjattu painos. Espoo: Otatieto Oy.

Piironen, M. 2015. Sähköasemien kunnossapitoprosessin kehittäminen. Aalto-yliopisto Tekniikan korkeakoulu. Sähkötekniikan korkeakoulu. Diplomityö.

Polarmit 2018. Yrityksen www-sivut. Viitattu 10.10.2018.<https://www.polarmit.fi>.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Rouhiainen, J. 2008. Maasulkuvirtojen kehitys ja kompensointi Haminan energia Oy:n keskijänniteverkossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito: Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito: Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Siivonen, K. 2007. Sähköaseman apusähköjärjestelmät. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tutkintotyö.

Sjöblom, J. 2017. Tehomuuntajan käämikytkinhuollon prosessin kehittäminen. Vaasan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Sähkömarkkinalaki 588/2013.

Säköturvallisuuslaki 1135/2016.

Toivainen, J-M. 2014. Huolto- ja kunnossapito-ohjelman kehittäminen sähköverkko-yhtiölle. Centria ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Tornionlaakson Sähkö Oy 2018a. Verkkotietojärjestelmä.

Tornionlaakson Sähkö Oy 2018b. Yrityksen www-sivut. Viitattu 7.6.2018. <https://www.tornionlaaksonsahko.fi/>.

Tähtinen, J. 2015. Sähköaseman tasasähkökeskuksen mitoitus ja valinta. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Vainio, E. 2017. Sähköasemien huolto ja kunnossapito. Lappeenrannan tekninen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Vanhanen, T. 2018. Sähköaseman maadoitusmittausten laskenta. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

VEO Oy 2015. Keskijännitekojeisto VEKE 24, Käyttö- ja kunnossapito-ohje. Revisio e. MAQ0000Z1001.

VEO Oy 2010. Veke 24. Toimilaitteen voiteluohje. Revisio -. MAQ0000W1001.

LIITTEET

- Liite 1. Suojarelekoestusraportti
- Liite 2. Tasasähkön jakelukaavio
- Liite 3. Akuston purkaukokeen työohje (Luottamuksellinen)
- Liite 4. Sähköaseman maadoituskaavio
- Liite 5. Sähköaseman kuukausitarkastuslomake
- Liite 6. Sähköaseman vuositarkastuslomake

Koestuspöytäkirja

n:o 074

Asiakas: Tornionlaakson Sähkö Oy 1/2, Pello

Laitos: Energialaitos

Järjestelmä: Kotari SA

Kenno: 7.9

Tunnus: Äkäsjokisuu

Rele: ABB/SPAA 3B5 J40

Valm.nro: 481

Mittam.:

U_c = 24.03 V

Mittalaitteet

 Sverker 760 Fluke 83 SPAA-koestuslaitte f-vahvistin Sverker 750 Fluke 23 PC/SS2-ohjelmisto U-syöttölaite Sverker 780 Omicron 256+ FR-402 SPAT-koestuslaitte

Releiden asetellut ja piitokit

Suure	Asetelkko	Asettelu	Suure	Asetelkko	Asettelu
I> /A	2.5 - 20	10	Uo /V	5 - 30	5
I>> /A	15 - 100	40	to /s	0.2 - 6	0.5
t (I>) /s	0.2 - 6	0.5	f1	0-Aut.-90	90
t (I>>) /s	Hetk. - 1.2	Hetk.	PJK /s	0.2 - 0.6	0.30
Io /A	0.02 - 0.640	0.020	AJK /s	30 - 180	120

PJK: SY TY SM TMYLIVIRTA: LL JKSAJK: SY TY SM TMMAASULKU: LM HM AUTOM.

Koestus

Suure	ASETTELUT						MITATTU	
	U/V I/A	Kerr.	= U/V I/A	t /s	Kerr.	= t/s	U/V I/A	t /s
	MAASULKUYKSIKKÖ							
Io	0.020	-	0.020	0.5	1	0.5	0.021	0.51
Uo	5	-	5			0.5	5.02	
	t-hav. /s = 0.10							
	YLIVIRTAYKSIKKÖ							
L1 / I>	2	5	10	0.5	1	0.5	10.3	0.52
L1 / I>>	8	5	40			Hetk.	43	0.04
L2 / I>	2	5	10			0.5	10.2	
L2 / I>>	8	5	40			Hetk.	43	
L3 / I>	2	5	10			0.5	10.3	
L3 / I>>	8	5	40			Hetk.	43	
	t-hav. /s = 0.04							
	JÄLLEENKYTKENNÄT							
PJK	-	-	-	0.30	-	0.30		ok
AJK	-	-	-	120	-	120		ok

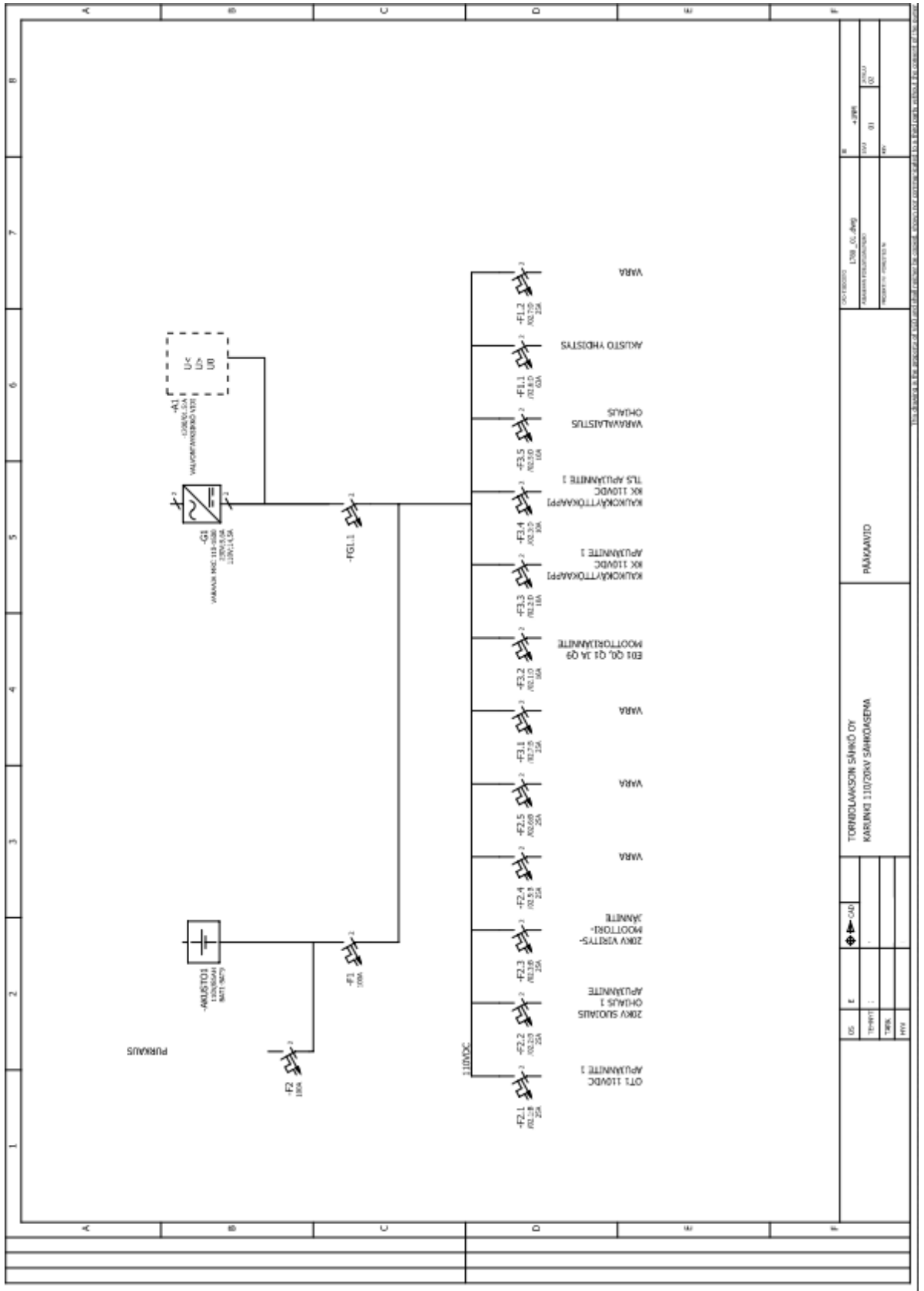
 Hälytys kokeiltu Laukaus mitattu Katkaisija laukaistu Ensio Toisio KUNNOSSA KORJATTAVA

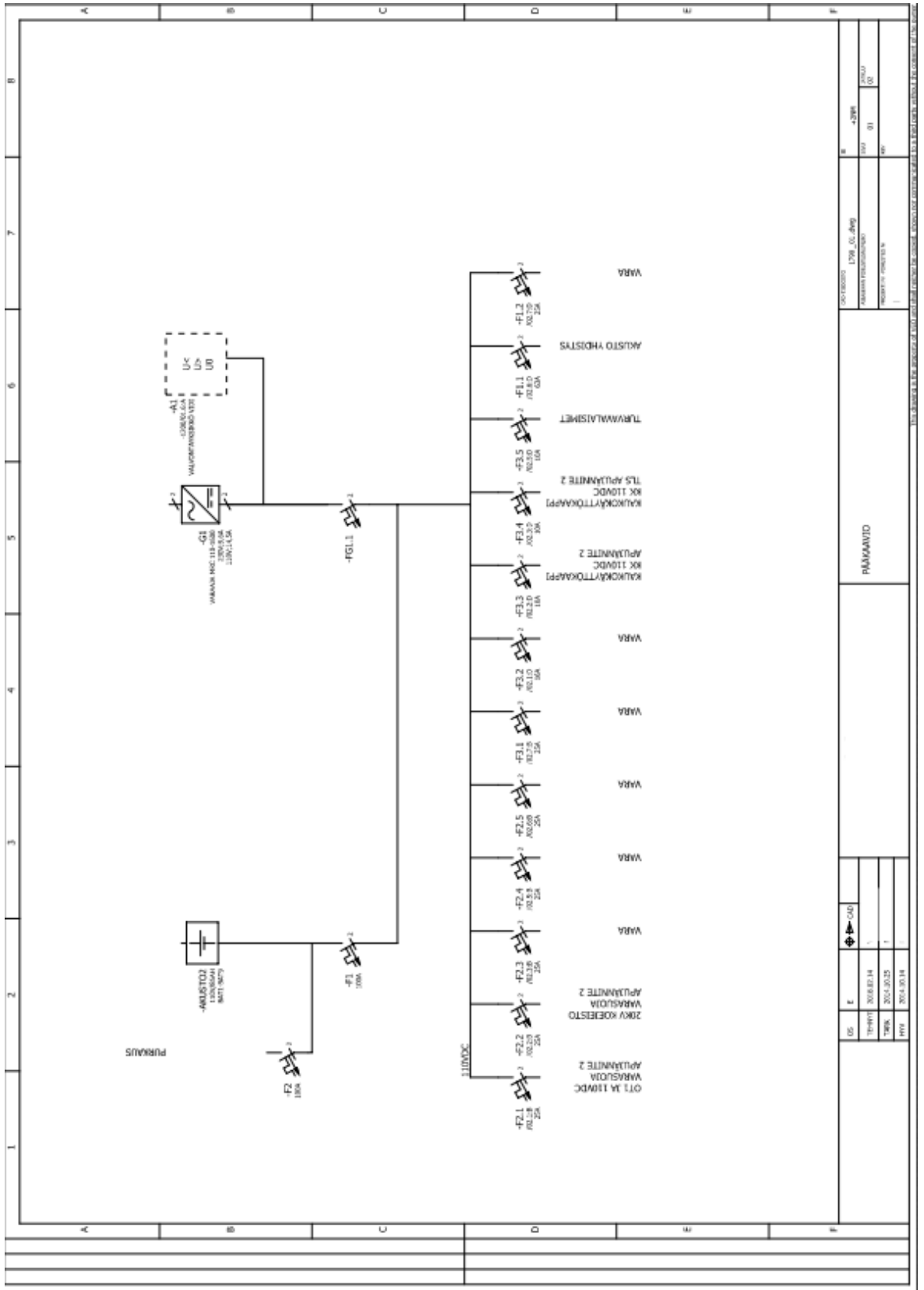
VIKA:

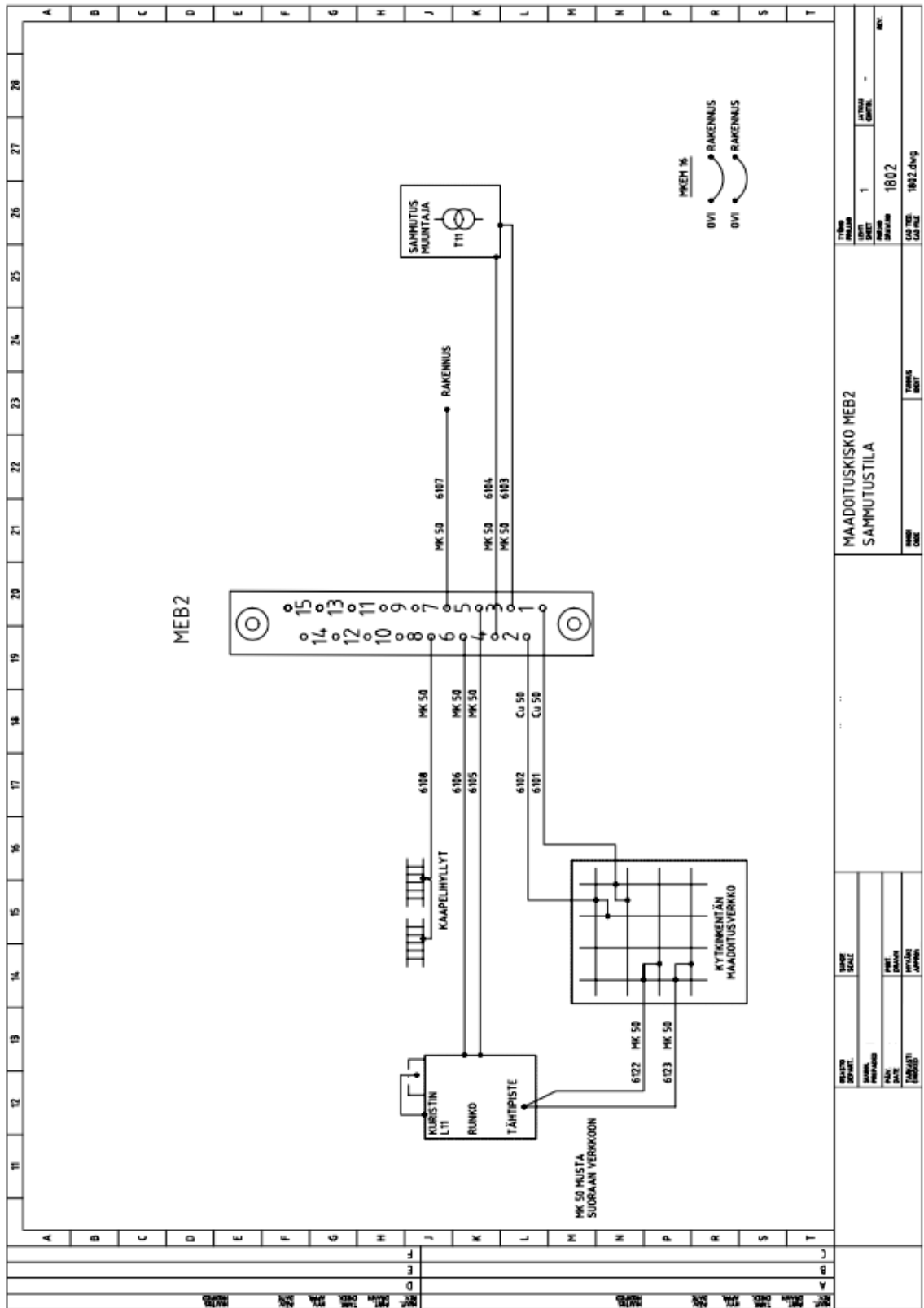
Huom.: PJK 265 AJK:64 koestettu kennossa

Mittaja:

Pvm: 25.7.2016







MAADOITUSKISKO MEB2		TAULUN MÄÄRÄ	1	MAITTAVAN MÄÄRÄ	-
SAMMUTUSTILA		LEIPI MÄÄRÄ	1802	MAITTAVAN MÄÄRÄ	-
PROJEKTI NIMI	MAITTAMON NIMI	MAITTAMON NUMERO	1802	MAITTAMON PÄIVÄ	
		MAITTAMON PÄIVÄ	1802.dwg		

MAITTAMON NIMI	MAITTAMON NUMERO
MAITTAMON PÄIVÄ	MAITTAMON PÄIVÄ
MAITTAMON NUMERO	MAITTAMON PÄIVÄ
MAITTAMON PÄIVÄ	MAITTAMON PÄIVÄ

TORNIONLAAKSON SÄHKÖ OY

Tarkastuspöytäkirja POCOTP.9

VUOSITARKASTUS
SÄHKÖASEMAN TARKASTUSPÖYTÄKIRJA
 lehti 1/2

Sähköasema

Nro	Nimi
-----	------

Tarkastaja

Pvm.	Nimi	Kuluttus
------	------	----------

Tarkastus

Tarkastuskohteet		K	V	O
1	45 / 110 KV KYTKINKENTTÄ			
1.1	Perustukset			
	kunto			
	valun halkeamat ja rapautumat			
1.2	Telineet ja kannatusrakenteet			
	teräsrakenteiden kunto, ruoste, pintakäsittely			
	puupylväiden kunto			
	harusten kireys			
1.3	Kiskostot			
	eristimien eheys ja puhtaus			
	kiskojen köysien kunto			
	liitoksien kunto ja lämpökuvaus ja lämpötil.mittaus			
1.4	Eristimet			
	tukieristimet			
	lautaseristimet			
1.5	Vähäöjykatkaisijat			
	eristimien eheys ja puhtaus			
1.7	Katkaisijoiden ohjaimet			
	kuivausvastuksen kunto			
	laitekotelon sis. Kunto esim. hapettumat			
1.8	Erottimet / Maad.erottimet			
	kuivausvastuksen kunto			
	lukituskelan kunto			
	eristimien eheys ja puhtaus			
1.9	Mittamuuntajat			
	eristimien eheys ja puhtaus			
	ruosteenestokäsittely / maalaus			
1.10	Ylijännitesuojat			
	eheys ja puhtaus			
	liitäntöjen tarkastus			
1.11	Ukkosmasto			
	varustuksen tarkastus			
	korroosiotarkastus			
1.12	Yhteiset			
	tunnuskilvet			
	maadoitukset			
	työmaadoituspisteet			
2	110/45/20/6 KV MUUNTAJAT			
2.1	Ulkopuolinen tarkastus			
	eristimien eheys ja puhtaus			
	säiliön puhtaus, vuodot ja pintakäsittely; varusteet			
	tunnuskilvet			

Merkinnät : K = kunnossa , K ja V = ollut korjattavaa ja korjattu, V = ollut korjattavaa, mutta ei korjattu

Tarkastuspöytäkirja POCOTP.9

