



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SAIRAALAN SUURJÄNNITE- LAITTEISTON HUOLTO JA YLLÄPITO

TEKIJÄ: Jere Määttä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jere Määttä	
Työn nimi Sairaalan suurjännitelaitteiston huolto ja ylläpito	
Päiväys 21.05.2017	Sivumäärä/Liitteet 51/11
Ohjaaja(t) lehtori Timo Savallampi, yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin kuntayhtymä, Kiinteistö KYS, Kuopio, sairaalainsinööri Timo Säisä	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia sähköturvallisuuslain määrittelemä suurjännitelaitteiston huolto- ja ylläpito-ohjelma Kuopion yliopistolliselle sairaalalle. Opinnäytetyössä perehdyttiin sähkölaitteistoja ja kunnossapitoa koskeviin lakeihin, määräyksiin, ohjeisiin ja suosituksiin sekä kunnossapidon toteutukseen ja erilaisiin kunnossapitomenetelmiin. Lisäksi perehdyttiin sairaalan keskijännitejakeluverkon rakenteeseen ja komponentteihin.</p> <p>Työ tehtiin kartoittamalla käytössä olevaa laitekantaa ja niiden kunnossapitoa. Työn laatimisessa käytettiin apuna huoltosuosituksia, laitevalmistajakohtaisia ohjeita, sähköturvallisuuslain määräyksiä, sähkö- ja kunnossapitostandardeja, ST-kortistoa sekä alan kirjallisuutta. Lähdeaineiston, laitekartoitusten ja määräysten kokoamisen jälkeen laitteistoille laadittiin kohteen ympäristön ja vaatimukset huomioiden kunnossapito-ohjelmat. Kunnossapito-ohjelmaa laadittiin luomalla kunnossapitotoimien kuvauksia, ohjeistuksia ja tarkastuslomakkeita. Lisäksi kunnossapitotyöt suunniteltiin jaksottamalla huoltojen aikavälit.</p> <p>Työ on tarkastelu kunnossapidosta, sähkölaitteiston huollosta ja ylläpidosta sekä suurjänniteverkon rakenteesta. Työ palvelee asiakastaan kunnossapitoasioissa ja investointien suunnittelussa. Se helpottaa kunnossapitoa, kunnossapitotöitä sekä palvelee myös tulevia opiskelijoita kunnossapitoa koskevien asioiden ymmärtämisessä.</p>	
Avainsanat keskijännite, suurjännite, kunnossapito, huolto, sähkölaitteisto, sairaala	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Jere Määttä			
Title of Thesis Service and Maintenance of High Voltage Equipment in Hospital			
Date	21 May 2017	Pages/Appendices	51/11
Supervisor(s) Mr. Timo Savallampi, Lecturer, Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Kuopio University Hospital, Kuopio, Bachelor of Engineering Timo Säisä			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to draw up a maintenance program of the high voltage equipment for Kuopio University Hospital. The focus on this thesis was on researching and orientating to the laws, terms, instructions and recommendations of electrical equipment and maintenance, and getting acquainted with the implementation and methods of maintenance.</p> <p>The study was carried out by mapping the devices which are in use and their maintenance issues. Maintenance recommendations, equipment manufacturer's manuals, terms of electrical safety law, electrical and maintenance standards, terms of electrical safety register and literature of the field was used as help to achieve the research. After compiling the reference information, device mappings, and regulations, the maintenance program was composed with attention paid to the environment and requirements of the target system. The maintenance program was composed by creating maintenance work descriptions, instructions and inspection forms. Also, maintenance workflow was designed by setting the service intervals.</p> <p>The research was a comprehensive review about maintenance, service and maintenance of electrical equipment and the structure of the high voltage network. The research will help its clients in maintenance issues and in the planning of new investments. The research will also help the work of maintenance personnel and also future students to understand the things that must be considered in service and maintenance.</p>			
Keywords medium voltage, high voltage, maintenance, service, electrical equipment, hospital			
Public			

ESIPUHE

Haluan kiittää opinnäytetyön toimeksiantajaa sairaalainsinööri Timo Säisää monipuolisesta ja mielenkiintoisesta aiheesta. Lisäksi haluan kiittää KYS:n, Servican sekä Kuopion Energian työntekijöitä, jotka ovat auttaneet minua tarvittavien materiaalien ja tietojen kokoamisessa. Kiitos myös ohjaavalle opettajalleni lehtori Timo Savallammelle neuvoista ja työn ohjaamisesta.

Työ lisäsi tietouttani suurjännitelaitteistoista ja antoi mahdollisuuden toteuttaa huolto- ja kunnossapitosuunnittelua haastavassa ympäristössä. Toivon, että työstä on apua KYS:n sähkö- ja kunnossapitosuunnittelussa ja että työtä kehitetään sekä päivitetään yhä paremmaksi tulevaisuudessa.

Kuopiossa 21.05.2017

Jere Määttä

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	POHJOIS-SAVON SAIRAANHOITOPUORI	9
2.1	Kuopion yliopistollinen sairaala, KYS.....	9
2.2	Servica.....	10
3	KUNNOSSAPITO, HUOLTO JA YLLÄPITO.....	11
3.1	Sähkölaitteiston ylläpito.....	11
3.2	Kunnossapitomenetelmät	11
3.2.1	Suunniteltu kunnossapito.....	12
3.2.2	Häiriökorjaukset.....	12
3.3	Sähkölaitteiston kunnossapito-ohjelman laadinta	13
4	KIINTEISTÖN YLLÄPITOJÄRJESTELMÄT	14
4.1	Granlund Manager™	14
4.2	Granlund Manager Huoltokirja™	14
5	STANDARDIT, MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET	16
5.1	Sähköturvallisuuslaki	16
5.1.1	Sähkölaitteistoluokitus	16
5.1.2	Säädökset, määräykset ja määritelmät	17
5.1.3	Tarkastukset.....	17
5.2	Lain, säännösten ja määräysten vaikutukset	18
6	KESKIJÄNNITEVERKON RAKENNE JA KOMPONENTIT	19
6.1	KYS:n verkon rakenne.....	19
6.2	Keskijännitekojeistot	19
6.3	Muuntajat.....	20
6.3.1	Öljyriseteiset muuntajat.....	21
6.3.2	Kuivamuuntajat.....	21
6.4	Katkaisijat (circuit breakers)	21
6.4.1	Öljykatkaisijat ja vähäöljykatkaisijat	22
6.4.2	SF ₆ -katkaisijat.....	22
6.4.3	Tyhjiökatkaisijat.....	23
6.5	Suojareleet.....	23
6.6	Eroottimet.....	23

6.7	Kuormanerotitimet ja varokekuormanerotitimet	24
6.8	Mittamuuntajat	25
7	TURVALLISUUSOHJEET	26
7.1	Sähkötyöturvallisuus kunnossapitotöissä	26
7.2	Suurjännitesähkötilat ja muuntajatilat	27
7.3	SF ₆ -kaasu	28
8	KRIITTISYYSANALYYSI	29
9	POIKKEUSTILANTEET	30
10	HUOLTOJEN JAKSOTTAMINEN.....	31
11	HUOLTOTOIMENPITEET.....	32
11.1	Sähkötilojen tarkastukset.....	32
11.2	KJ-kaapelipäätteet, kaapeliliitynnät ja tukieristimet.....	33
11.3	Lämpökamerakuvaus	34
11.4	Relekoestus.....	35
11.5	Mittamuuntajien huollot.....	36
11.6	Katkaisijahuollot.....	36
11.6.1	Tyhjiökatkaisijoiden huollot.....	37
11.6.2	SF ₆ -katkaisijoiden huollot.....	38
11.6.3	Vähäöljykatkaisijoiden huollot	39
11.7	Kuormanerottimien ja varokekuormanerottimien huollot.....	40
11.8	Kojeistokennojen huollot	42
11.9	Muuntajahuollot.....	43
11.9.1	Öljytäytteisten muuntajien huollot.....	44
11.9.2	Kuivamuuntajien huollot	45
11.10	Maadoitusten tarkastus ja maadoitusmittaukset.....	46
12	YHTEENVETO JA POHDINTA	47
13	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	49
	LIITE 1: KOJEISTOLISTAUS.....	51
	LIITE 2: SUURJÄNNITETILAN TARKASTUSLOMAKE	51
	LIITE 3: MUUNTAJATILAN TARKASTUSLOMAKE	51
	LIITE 4: KATKAISIJAHUOLLOT	51
	LIITE 5: EROTINHUOLLOT	51

LIITE 6: SUOJARELEKOESTUKSET	51
LIITE 7: HUOLTOLOMAKKEEN TÄYTTÖOHJE.....	51
LIITE 8: KRIITTISYYSTAULUKKO	51
LIITE 9: MUUNTAJAHUOLLOT	51
LIITE 10: MUUNTAJALISTAUS	51
LIITE 11: LÄMPÖKUVAUKSEN RAPORTTIPOHJA	51

1 JOHDANTO

Toimintavarmuuden, taloudellisuuden ja turvallisuuden ylläpitäminen edellyttää laitteiden jatkuvaa huoltoa ja kunnossapitoa. Jo pelkästään sähköturvallisuuden kannalta tiettyjen laitteistojen kunnossapito on laissa säädettyä. Hyvin suunnitellulla ja toteutetulla kunnossapidolla saavutetaan kuitenkin myös taloudellista hyötyä laitteiden elinikää pidentämällä sekä toimintavarmuutta laitteiden hyvää kuntoa ylläpitämällä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia Kuopion yliopistolliselle sairaalalle kattava suurjännitelaitteiston huolto- ja ylläpitosuunnitelma. Aiheen opinnäytetyöstä tarjosi Savonia-ammattikorkeakoululle KYS:n sairaalainsinööri ja käytön johtaja Timo Säisä. Suunnitelmaan rajattiin kuuluvaksi 10 kV:n ja 20 kV:n suurjännitelaitteistot muuntajiin asti. Pääkeskustaso, pienjännitelaitteistot ja varavoima rajattiin pois työstä selkeän rajauksen tekemiseksi. Ajan puutteen vuoksi pois rajattiin myös suunnitelman syöttäminen kunnossapitojärjestelmään. Aloituspalaverissa ilmeni, että KYS:n suurjännitelaitteiston kunnossapito-ohjelmassa ja kunnossapidon suunnittelussa oli paljon puutteita. Lähtökohdaksi työn suorittamiselle muodostui laatia huolto- ja kunnossapito-ohjelman, jossa esitetään laitteistoille tehtävät huolto- ja tarkastustoimenpiteet, huoltojen jaksotus sekä ohjeistus.

2 POHJOIS-SAVON SAIRAANHOITOPIIRI

Pohjois-Savon 19 kunnan omistama kuntayhtymä, Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, koordinoi Kuopion yliopistollisen sairaalan toimintaa ja vastaa noin 248 000 pohjoissavolaisen erikoissairaanhoidosta ja noin miljoonan itä- ja keski-suomalaisen erityistason sairaanhoidosta. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri tuottaa perusterveydenhuollon, erikoissairaanhoidon ja vanhusten laitoshuollon palvelut kahdeksalle pohjoissavolaiselle kunnalle. Lisäksi se vastaa ensihoitopalveluista koko Pohjois-Savon alueella. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013e)

2.1 Kuopion yliopistollinen sairaala, KYS

Tammikuussa 1959 täysin uusissa tiloilla aloitti toimintansa KUKS eli Kuopion keskussairaala. Tällöin vastuu väestön erikoissairaanhoidosta siirtyi valtion ylläpitämältä Kuopion lääninsairaалalta kuntien omistamalle keskussairaалalle. Erikoisalajat eivät tällöin vielä kuuluneet KUKS:n palveluihin, vaan vaativat hoidot kuten aivo- ja sydänleikkaukset ja syöpähoidot toteutettiin vielä Etelä-Suomessa. Tieteellistä tutkimusta ja opetustoimintaa KUKS:ssa harjoitettiin jonkin verran. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013f)

Yliopiston toiminnan ja lääketieteen opetuksen alettua Kuopiossa vuonna 1972 KUKS:sta tuli Kuopion yliopistollinen keskussairaala. Toiminnan kasvaessa sairaalaan rakennettiin lisätiloja vuosina 1980 - 1989. Tällöin sairaan henkilöstömäärä nousi 4 000 työntekijään, toiminta tehostui ja keskimääräinen hoitoaika puolittui. Vuonna 1990 sairaalan nimi muuttui Kuopion yliopistolliseksi sairaalaksi Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin aloitettua toimintansa. Toiminnassa otettiin käyttöön tulosjohtaminen, jolloin taloudellinen valta ja vastuu nivottiin yhteen ja sairaalan palvelut hinnoiteltiin todellisten kustannusten mukaan. 2000-luvun alussa sairaala-alueelle valmistui useita uudisrakennuksia. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013f)

Toukokuussa 2015 käyttöön otettiin uusi laajennusosa, Kaarisairaala, johon on sijoitettu sairaalan ydintoiminnot. Saman vuoden kesällä käynnistyi vanhan rakennuskannan peruskorjaus. Syksyllä 2015 otettiin käyttöön uusi Sädesairaala, johon sijoittuivat sädehoitoyksikkö, syöpätautien poliklinikka ja infuusioyksikkö sekä patologian ja oikeuslääketieteen avaustilat. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013a)

Nykyään KYS on yksi Suomen viidestä yliopistollisesta sairaalasta ja vastaa noin miljoonan itä- ja keski-suomalaisen vaativan erityistason erikoissairaanhoidoista. KYS:n erityisvastuualueeseen kuuluvat Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin lisäksi Pohjois-Karjalan sairaanhoito- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymä sekä Keski-Suomen, Etelä-Savon ja Itä-Savon sairaanhoitopiirit. Lisäksi KYS:iin on keskitetty valtakunnallisesti vaikean epilepsian diagnostiikka ja kirurgiset toimenpiteet. KYS tarjoaa asiakkailleen korkeatasoista kliinistä hoitoa. Lisäksi siellä tuotetaan kansainvälisesti arvostettuja tutkimuksia, sekä koulutetaan Suomen terveydenalan osaajia. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013e) Ilmakuva KYS:stä on kuvassa 1.

KYS:n vuosittaisia tunnuslukuja:

- 4 300 työntekijää
- noin 1 000 lääkäri- ja hammaslääkäriopiskelijaa sekä erikoistuvaa lääkäriä
- noin 1 000 terveystieteiden ja hoitotyön opiskelijaa
- 90 000 hoidettua potilasta
- 360 000 poliklinikkakäyntiä
- 2 500 synnytystä
- 22 000 leikkausta

(Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013b)

KYS:n tutkimusalueita ovat aivokasvainten ja verisuonten geeniterapia, krooniset kansantaudit ja lihavuus, neurotieteet, kuvantamistutkimukset, tuki- ja liikuntaelinsairaudet sekä laaja-alainen kliininen tutkimus (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013b).



KUVA 1. Kuopion yliopistollinen sairaala (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013c.)

2.2 Servica

Servica on Kuopion kaupungin ja Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin omistama liikelaitoskuntayhtymä, joka tuottaa erilaisia tukipalveluita. Näihin palveluihin kuuluvat mm. kiinteistö- ja logistiikkapalvelut, laitos- ja välinehuolto, ruokapalvelut sekä äidinmaitokeskuksen toiminnan hallinta. Servica työllistää noin 1 300 henkilöä, joista lähes puolet työskentelevät KYS:n ja Kuopion kaupungin Harjulan alueilla. Servicalla on yli 100 toimipistettä sekä kiinteistö- ja laitoshuoltokohteita yli 300. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013d)

3 KUNNOSSAPITO, HUOLTO JA YLLÄPITO

Standardissa SFS-EN 13306 määritellään kunnossapito seuraavalla tavalla:

”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon” (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2010).

”Kunnossapidon tavoitteena on pitää verkoston eri komponentit toimintakuntoisina siten, että pitkällä aikavälillä verkoston kokonaiskustannukset (investoinnit, keskeytykset, käyttö ja kunnossapito) minimoituvat” (Lakervi & Partanen, 2008, s. 228).

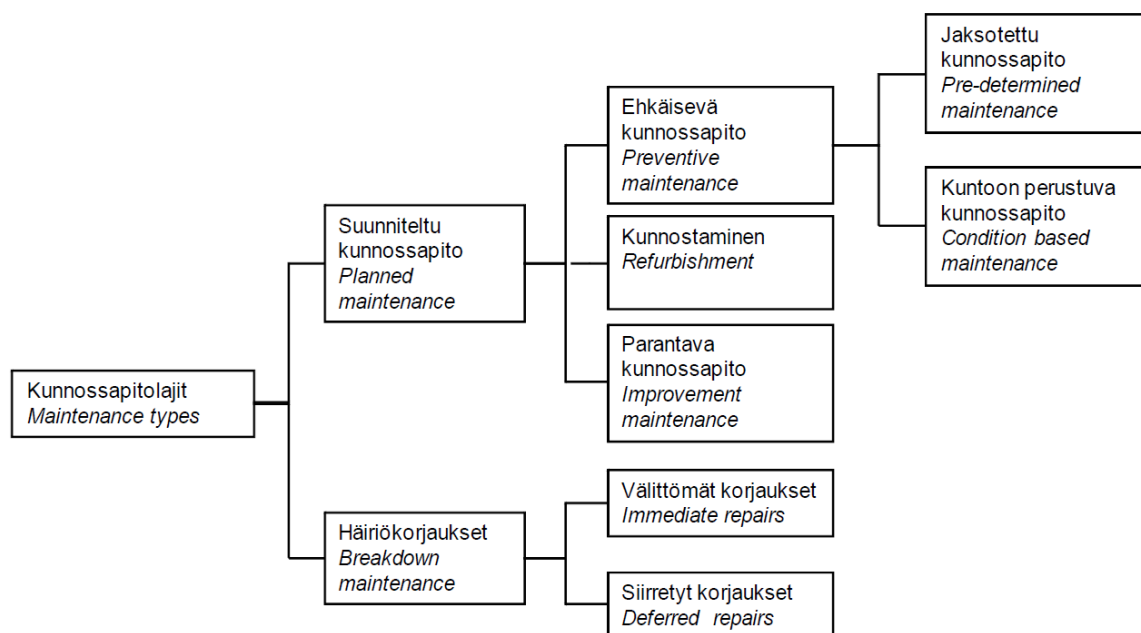
Kunnossapidon kohde voi olla esimerkiksi laite, laitteisto, komponentti, järjestelmä, järjestelmän osa, toiminnallinen yksikkö tai välineistö (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011).

3.1 Sähkölaitteiston ylläpito

Sähkölaitteiston ylläpidon tarkoituksena on säilyttää laitteiston kunto, arvo, käytettävyys ja koettavuus. Ylläpidon toimenpiteisiin kuuluvat laitteistoihin kohdistuvat säännölliset ja säännönmukaiset toiminnot, kuten havainnointi ja valvonta, laitteiston määräaikaistarkastukset, sähköenergian kulutuksen seuranta ja jätehuollon ja puhtaanapidon toiminnot. Laitteistoa pidetään yllä myös kunnossapitotoimilla, joilla pyritään säilyttämään laitteiston ominaisuudet korjaamalla tai uusimalla vialliset tai kuluneet osat siten, että laitteisto saadaan säilytettyä mahdollisimman paljon alkuperäisen kaltaisena. (Sähkötieto ry, 2003b, s. 1)

3.2 Kunnossapitomenetelmät

Kunnossapito voidaan jakaa alla olevan kuvion mukaisesti eri kunnossapitolajeihin. Suunnitellun kunnossapidon menetelmiin kuuluvat ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen sekä parantava kunnossapito. Häiriökorjaukset voidaan jakaa välittömiin ja myöhempänä ajankohtana suoritettaviin siirrettyihin korjauksiin. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011) Kunnossapito jaettuna erilaisiin kunnossapitolajeihin kuviossa 2.



KUVIO 2. Kunnossapitolajit (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011.)

3.2.1 Suunniteltu kunnossapito

Suunnitellussa kunnossapidossa kohteelle suoritetaan tiedossa olevian, ennakkoon suunniteltujen tehtävien mukaisia kunnossapitotoimia. Suunniteltu kunnossapito voi olla joko ennalta ehkäisevää, kohteen kunnostamista tai parantavaa kunnossapitoa. Ehkäisevä kunnossapito voi olla joko jaksotettua tai kuntoon perustuvaa. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on ylläpitää kohteen käyttöominaisuudet, toimintakyky sekä estää vaurioiden ja vikojen syntyminen ennakoivasti. Jaksotetussa kunnossapidossa toimenpiteet suunnitellaan tehtäväksi tietyin jaksotuksin. Jaksotuksen perustana voivat olla esimerkiksi aikaväli, käyttötuntimäärä, tuotantomäärä tai energiankulutus. Kuntoon perustuva ehkäisevä kunnossapito toteutetaan tarkastuksien ja kunnonvalvonnan havaintojen perusteella. Kunnonvalvonnan menetelmiä ovat mm. erilaisin mittauksin toteutetut valvonnat ja mittaus tulosten analysointi, energiankulutuksen valvonta, aistinvaraiset tarkastukset ja käyttökokeet. Kunnostamisella tarkoitetaan kohteen normaalin käyttökunnon palauttamista. Kunnostettava kohde on yleensä kulunut tai vaurioitunut ja käytöstä poistettu. Parantavan kunnossapidon tavoitteena on parantaa olemassa olevan kohteen kuntoa tai luotettavuutta. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011)

3.2.2 Häiriökorjaukset

Häiriökorjauksella vikaantunut kohde palautetaan alkuperäisen mukaiseen kuntoonsa niin toiminnan kuin turvallisuudenkin kannalta. Välittömän häiriökorjauksen toimenpiteet suoritetaan välittömästi vian ilmetessä. Siirretty häiriökorjaus siirretään ja suunnitellaan tehtäväksi ajankohtana, jolloin kohteen muut toiminnot, kuten tuotanto tai käyttötila sen sallivat. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011)

3.3 Sähkölaitteiston kunnossapito-ohjelman laadinta

Sähkölaitteiston kunnossapito-ohjelman tavoitteina ovat sähkölaitteiston suunnitellun toiminnan varmistaminen häiriöttä, huoltojen ja kunnossapitotoimien aikatauluttaminen ja ajoittaminen, käyttökeskeytyksien vähentäminen, huoltokustannusten hallinta, laitteiden eliniän maksimointi ja energian kulutuksen seuranta. (Sähkötieto ry, 2003b, s. 3) Hoito- ja kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa on otettava huomioon kohteen käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset sekä käytön vaikutukset huoltojen ajankohtiin. Ympäristön ominaisuudet vaikuttavat oleellisesti sähkölaitteiston kulumiseen ja kunnossapidon tarpeeseen. Vaikuttavia tekijöitä ovat mm. ympäristön likaisuus ja tärinä, palovaara sekä kohteessa toimivan henkilöstön määrä ja asiakasturvallisuus. Kunnossapito-ohjelmaa laatiessa tulisi kiinnittää huomiota työturvallisuuseikkoihin, kunnossapidon taloudellisuuteen sekä mahdollisiin ympäristöön vaikuttaviin asioihin. (Sähkötieto ry, 2002)

Rakenteeltaan täydellinen kunnossapito-ohjelma sisältää mm. seuraavia asioita:

- kohteen yleiskuvaus (yleinen katsaus kohteen ympäristöstä ja käyttötarkoituksesta)
 - tehtäväluettelo (luettelo tehtävistä huoltotoimenpiteistä)
 - aikataulu, huoltojen aikavälit ja seurantaohjelma (huoltojen jaksottaminen)
 - laitetoimittajien huolto-ohjeet
 - huoltopäiväkirja, jossa ylläpidetään suoritettuja huollot ja vikakorjaukset
 - yhteystiedot (laitteiston haltija, käytönjohtaja, muut yhteyshenkilöt liittyen laitteistoon)
 - tarkastuspöytäkirjat, todistukset ja raportit
 - toimiminen erityistilanteissa (tilapäisasennukset, varayhteydet, varaosat)
 - laiteluettelo (huollettavat laitteet laitetietoineen)
 - käytön ja hoidon kannalta oleelliset dokumentit (piirustukset, kaaviot, käyttöohjeet)
- (Sähkötieto ry, 2002, s. 2)

Kunnossapidossa ollaan nykypäivänä menemässä sähköisten järjestelmien käyttöön. Vanhoista paperille tai Exceliin laadittujen huolto-ohjelmien käytöstä ollaan luopumassa niiden epäkäytännöllisyyden ja hankalan ajan tasalla pitämisen kannalta. Sähköisen järjestelmän etuna on, että kaikki yllä mainitut kriteerit saadaan tehtyä sähköisen kunnossapitojärjestelmän laitehierarkioiden alle ja kaikkien asianomaisten käytettäväksi helposti. Kunnossapidon suunnittelu on jatkuva prosessi. Suunnittelun lähtökohdina ovat laitteistojen tiedot ja ominaisuudet, toiminnan luonne sekä laitteiston toimintaympäristö. Suunnittelun tavoitteisiin kuuluvat toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden sekä kunnossapitovarmuuden optimointi. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011) Kunnossapidon strategioita on useita ja kunnossapidon suunnittelu onkin osa ennakoivaa kunnossapitotoimintaa. Parhaimmillaan kunnossapito-ohjelma palvelee tarkoitustaan silloin, kun se on laadittu sähkölaitteistonhaltijan toivomusten ja tavoitteiden mukaan sekä laitteiston käyttöympäristön vaikutukset ja laitevalmistajien ohjeet huomioiden.

4 KIINTEISTÖN YLLÄPITOJÄRJESTELMÄT

KYS:llä on käytössään Granlund Manager™ –ohjelmisto, jonne laitehierarkiat, kiinteistön hoidolliset toimenpiteet ja huolto-ohjelmat on rakennettu tai ainakin tulevaisuudessa pyritään rakentamaan. Tästä opinnäytetyöstä päätettiin liiallisen laajuuden vuoksi rajata pois suurjännitelaitteiston huolto-ohjelman ja laitetietojen syöttäminen sähköiseen järjestelmään. Huolto-ohjelma ja siihen liittyvät dokumentit laadittiin kuitenkin siten, että ne saadaan tulevaisuudessa syötettyä mahdollisimman helposti Granlund Manageriin™.

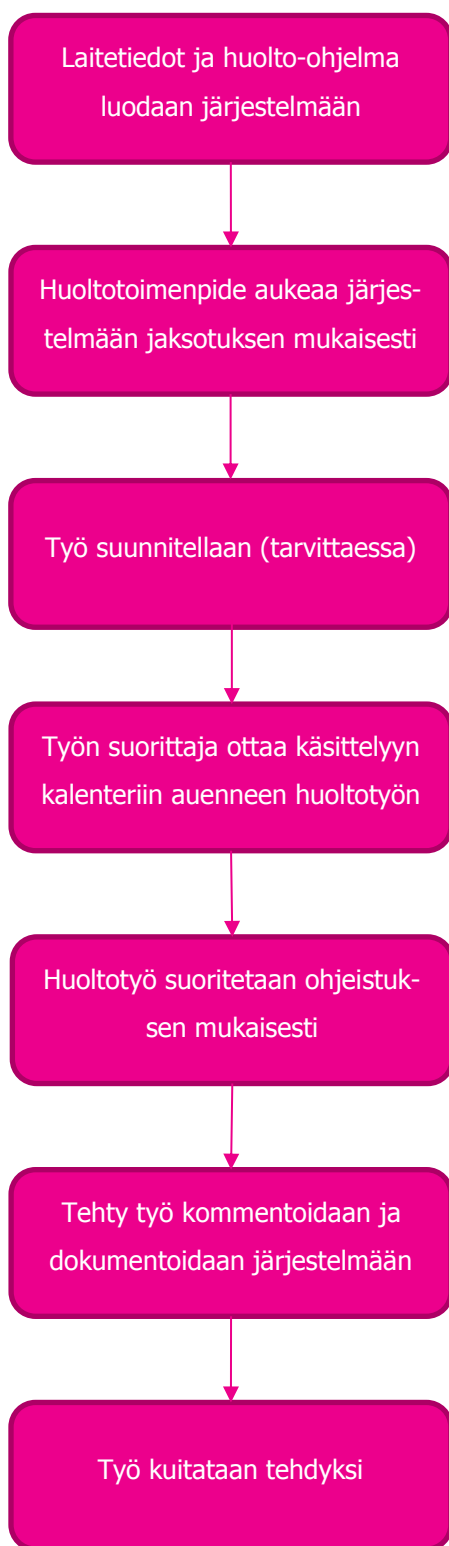
4.1 Granlund Manager™

Granlund Manager™ on Granlund Oy:n kehittämä kiinteistön ylläpidon ja johtamisen järjestelmä, jolla on useita käyttäjäorganisaatioita yli 30 maassa. Se on myös sairaalasektorin ylläpitojärjestelmien markkinajohtaja. Granlund Manager™ on pilvipohjainen ohjelmisto, joka koostuu useista erilaisista moduuleista. Moduuleita on olemassa mm. energiatehokkuuden hallinnan, kunnossapidon ja valvomoimintojen tarpeisiin ja ne pystytään räätälöimään ohjelmiston käyttäjän tarpeiden mukaan. (Granlund Oy, 2017a)

4.2 Granlund Manager Huoltokirja™

Huoltokirja on Granlund Managerin™ kiinteistön hoidon, huollon ja ylläpidon työkalu. Ohjelmalla pystytään hallinnoimaan järjestelmä- ja laitetietoja sekä huoltosuunnitelmia. Ohjelmalla voidaan mm. luoda ja ajastaa laitteistojen huolto-ohjelmia sekä hallinnoida korjaushistoriaa ja kiinteistön dokumentteja. Ohjelmaan voidaan ajaa halutulle laitepaikalle laitteistokohtaiset asiakirjat ja dokumentit, mistä niitä voidaan hakea, tulostaa ja tarkastella. Pilvipalvelun ja selainpohjaisen ohjelmarakenteen ansiosta ohjelmiston antaminen kiinteistön eri osapuolten käyttöön on vaivatonta. (Granlund Oy, 2017b)

Huolto-ohjelmaa laatiessa on hieman perehdytty Granlund Manager Huoltokirjaan™ valmiiksi luotujen laitetyyppien attribuutteihin ja laitetietoihin. Granlund Managerin Huoltokirja™ -ohjelmaan saadaan laitepositioiden alle ajettua huolto-ohjelmat, tarvittavat manuaalit ja dokumentit, kohteessa tehtävät huoltotoimenpiteet sekä ajastettua huollot. Ajastetut huollot ilmestyvät ohjelman kalenterinäkömään silloin kun niiden suoritusajankohta on aseteltu. Käyttäjä pystyy ottamaan tällaisesta huoltotoimenpiteestä tulosteen, joka sisältää työohjeet sekä toimenpidelistan suoritettavista toimenpiteistä yksityiskohtaisesti. Työn päätyttyä työ kuitataan tehdyksi ja mahdolliset työn aikana syntyneet tarkastuspöytäkirjat ja muut dokumentit liitetään laitepaikan liitteeksi. Työn aikana tehdyt huomiot (kuten vika, vaurio, puute tai huomatus) kirjataan huoltotyön kommentti-kenttään. Tehdyn huoltotyön huolellinen dokumentointi ja kommentointi helpottavat jatkossa vianetsintää ja laitteiston heikkouksien ja ongelmakohtien havaitsemista. Historiatietojen perusteella voidaan arvioida laitteiden käyttöikä, sekä puuttua helposti esimerkiksi valmistajien tyyppivikojen korjauksiin ennakoivasti. Kuviossa 3 on esitetty näkemys huollon ideaalisesta toteutumisesta sähköistä huoltokirjajärjestelmää käyttäen.



KUVIO 3. Huoltotyön toteutuminen (Määttä, 2017.)

5 STANDARDIT, MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET

Työn lähtökohtia ja vaatimuksia määrittelevät pitkälti sähköalan standardit ja verkostosuosituksset. Standardit asettavat tiettyjä minimivaatimuksia laitteistojen kunnossapitoon erityisesti laitteistojen turvallisuuden ylläpitämisen kannalta. Verkostosuosituksset sisältävät suositeltuja toimenpiteitä ja malleja laitteistojen toiminnan ja käyttöiän kannalta kriittisten kohteiden huoltamiseksi ja tarkastamiseksi. Kaikkein merkittävin määräys on sähköturvallisuuslaki.

5.1 Sähköturvallisuuslaki

Suomessa sähköalaa ja sähkötöitä sääntelee ensisijaisesti sähköturvallisuuslaki, jonka 1 § määrittelee lain tarkoituksen seuraavasti:

”Tämän lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. Lisäksi lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus. Tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta.” (Sähköinfo Oy, 2017, s. 1)

5.1.1 Sähkölaitteistoluokitus

Sähkölaitteistojen luokitukset on määritelty sähköturvallisuuslain 44 §:ssä:

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

1) luokan 1 sähkölaitteisto:

- a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on 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 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;
- d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhteiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovoltiampeeria.

3) luokan 3 sähkölaitteisto:

- c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko.

Sähkölaitteistoluokitusta ei sovelleta viestintäverkkojen, hissien, ilma-alusten eikä maa- ja vesikulkuneuvojen sähkölaitteistoihin.” (Sähköinfo Oy, 2017, ss. 16-17)

5.1.2 Säädökset, määräykset ja määritelmät

Sähkölaitteistojen kunnossapidosta ja kunnossapidon toteutuksesta on säädetty sähköturvallisuuslain pykälässä 48 §:

”Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille 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 huoltoohjeilla.” (Sähköinfo Oy, 2017, s. 18)

5.1.3 Tarkastukset

Pykälissä 49 § ja 50 § on määritelty sähkölaitteistojen määräaikaistarkastuksia koskevat asiat.

”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 laitteiston määräaikaistarkastuksesta.”

(Sähköinfo Oy, 2017, s. 18)

”Määräaikaistarkastuksessa tulee riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua siitä, että:

1) sähkölaitteiston käyttö on turvallista, kunnossapito on riittävää turvallisuuden ylläpitämiseksi ja laitteistolle on tehty kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet;

2) sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä;

3) sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

Määräaikaistarkastukseen on aina sisällytettävä kohteessa mahdollisesti olevat lääkintätilat, räjähdysvaaralliset tilat ja palovaaralliset tilat.

Määräaikaistarkastuksen voi tehdä 75 §:ssä tarkoitettu valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja.”

(Sähköinfo Oy, 2017, ss. 18-19)

5.2 Lain, säännösten ja määräysten vaikutukset

Laitteistoluokituksen mukaisesti KYS:n keskijänniteverkko täyttää laitteistoluokkien 2c ja 2d kriteerit nimellisjännitteiden ollessa 10 kV ja 20 kV ja kokonaisliittymistehon ylittäessä 1 600 kVA. Tällöin laitteistolle täytyy nimetä käytön johtaja ja laatia sähköturvallisuutta ylläpitävä kunnossapitosuunnitelma, jonka laatimisesta ja noudattamisesta huolehtii sähkölaitteiston haltija tai nimetty käytön johtaja. Laitteiston määräaikaistarkastukset tulee suorittaa sähköturvallisuuslain 49 §:n mukaisesti 10 vuoden välein. Määräaikaistarkastuksessa tarkastetaan myös laitteiston kunnossapito-ohjelman olemassaolo ja sen noudattaminen. Tehdyistä huolloista täytyy siis olla tarkastuksessa esitettäväksi kirjallisia dokumentteja tai pöytäkirjoja todisteeksi tehdyistä kunnossapitotoimista.

Tukesin tiedotteessa "Ajankohtaista sähkölaitteistojen käytön johtajille" vuodelta 2012 löytyy seuraavanlaisia asioita: Jos määräaikaistarkastuksessa on havaittu vakavia puutteita, on tarkastajan määrättävä laitteisto uudelleen tarkastettavaksi. Vuonna 2011 tehdyistä n. 2 200 määräaikaistarkastuksesta 25 päätyi uusintaan. Uusintatarkastuksen perusteena on ollut kohteen mukaan joko yksittäinen vakava puute tai monien pienempien puutteiden yhteisvaikutuksen aiheuttama vakavuus. Tiedotteesta selviää käytön johtajaa edellyttävien laitteistojen ja lääkintätilojen laitteistojen tyypillisimpinä uusintatarkastukseen johtavina syinä seuraavia puutteita: kunnossapito-ohjelma ja sen mukaiset toimenpiteet olivat tekemättä, kunnossapito-ohjelma puuttui kokonaan, kojeistojen huollot ja relekoestukset olivat kokonaan tekemättä, havaittiin paljon pienempiä puutteita (tunnukset, merkinnot, sormisuojat, sulakekannet, hoitotilat, piirustukset). (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes, 2012)

Käytön johtajan perustehtäviin kuuluu huolehtia sähkölaitteiston käytössä ja huollossa sähköturvallisuuslain vaatimusten toteutumisesta. Määräaikaistarkastus on osa laissa esitettyjä vaatimuksia ja sen laiminlyönti ei ole yleensä perusteltavissa. Laiminlyönnistä voidaan määrätä käytön johtajalle jopa sanktioita. Myös säädösten vaatiman kunnossapito-ohjelman puuttuminen katsotaan vakavaksi puutteeksi. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes, 2012)

Kunnossapidon suunnittelua ja toteuttamista ei pidä eikä lain nojalla edes saa vähätellä. Pahimmillaan sähkölaitteiston kunnossapidon laiminlyöminen johtaa tapaturmaan tai tulipaloon. Muita riskejä ovat haitalliset sähkökatkokset ja suuret taloudelliset menetykset.

6 KESKIJÄNNITEVERKON RAKENNE JA KOMPONENTIT

”Suurjännite on jännite, joka normaalisti ylittää 1 000 V vaihtojännitettä tai 1 500 V tasajännitettä (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015, s. 15)”. Jakeluverkkojen puolella suurjännitteen alueena pidetään jännitettä, jonka nimellinen tehollisarvo on $36 \text{ kV} < U_n \leq 150 \text{ kV}$ (Suomen Standardisoimisliitto, 2010, s. 10).

Keskijännitteeksi (medium voltage) luokitellaan standardin SFS-EN 50160 mukaan järjestelmät, joiden jännitteen nimellinen tehollisarvo on $1 \text{ kV} \leq U_n \leq 36 \text{ kV}$. Keski- ja suurjännitteen määrittelyn raja-arvot voivat kuitenkin olla tästä poikkeavia erilaisten sähkönjakelujärjestelmien takia. (Suomen Standardisoimisliitto, 2010, s. 12)

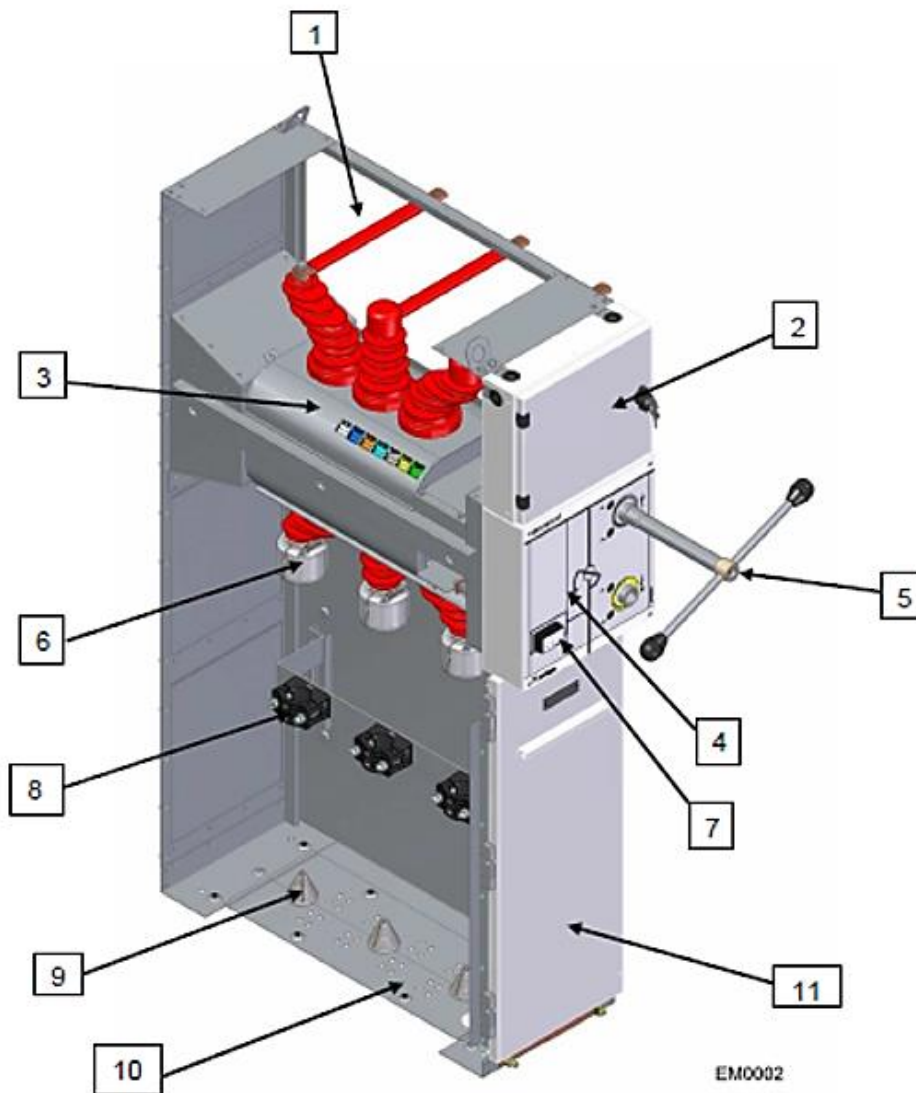
6.1 KYS:n verkon rakenne

KYS:n sähkönjakeluverkko koostuu vanhaa osaa syöttävästä 10 kV:n verkosta sekä uudemmassa 20 kV:n verkosta. Verkot ovat rakenteeltaan rengasmallisia, eli niitä voidaan syöttää ainakin kahdesta eri suunnasta. KYS:n 20 kV verkko liittyy Kuopion Energian verkkoon kahdesta eri pisteestä. Lisäksi 10 kV:n verkko liittyy Kuopion Energian verkkoon myös kahdella johdolla. Sähkökatkojen aikaista sähköntuotantoa varten verkon pienjännitepuolelle liittyy useita dieselkäyttöisiä varavoimakoneita, joita ei tässä työssä kuitenkaan tarkemmin käsitellä.

6.2 Keskijännitekojeistot

Kojeisto on kytkentä-, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet sisältävä rakennekokonaisuus (Elovaara & Haarla, 2011, s. 117). Keskijännitekojeistot on tavallisesti toteutettu kennoasennuksena, joissa kojeryhmät on eroteltu toisistaan väliseinillä. Kennorakenne mahdollistaa turvallisemman työskenteilyn, kun huollettava kennosto on erillään muista jännitteisistä kennoista. Keskijänniteverkkojen kennorakenne voi olla myös suljettua tyyppiä, jolloin kennostot ovat ympäriinsä suojattuja katot ja takaseinät sisältäen. Suljettujen kennojen etuna on se, että niissä voidaan käyttää eristysaineena esim. SF₆-kaasua. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 119-120) Kuvassa 2 on esitetty yksi esimerkki kojeistokennon rakenteesta.

1. Kiskotila
2. Pienjänniteosasto
3. Kuormanerotin
4. Ohjausmekanismi
5. Ohjauskampi
6. Kaapelien kytkentä
7. Jännitteen merkkivalot
8. Kaapelikiinnittimet
9. Kaapelien sisääntulo
10. Pohjalevy
11. Kennon ovi



KUVA 2. Kuormanerottimella varustetun kojeistokennon rakenne Tozzi Electrical Equipment (Tozzi Electrical Equipment)

6.3 Muuntajat

Muuntajan tehtävänä vaihtosähköverkossa on muuntaa tai säätää kahden tai useamman käämityksen välillä virtaa tai jännitettä sähkömagneettista induktiota hyödyntäen. Kolmivaiheinen muuntaja muuttaa myös yleensä jännitteen vaihekulmaa käämien kytkentätavan mukaan. Erikoisvalmisteisella muuntajalla vaihekulmaa voidaan muuttamisen lisäksi myös säätää. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 141)

6.3.1 Öljyeristeiset muuntajat

Öljyeristeiset muuntajat käyttävät käämien eriste- ja jäähdytysväliaineena öljyä. Muuntaja voi olla rakenteeltaan paisuntasäiliöllä varustettu eli vapaasti ilmaa hengittävä tai täysin suljettu, eli hermeettinen. Öljyeristeisten muuntajien käyttöominaisuudet ja luotettavuus ovat hyvät ja niiden toiminta tunnetaan hyvin. Öljy on hyvä eriste ja muuntajan jäähdytyksen väliaine. Lisäksi öljy toimii valokaaren sammuttajana mahdollisessa eristysnestetilan oikosulussa. Näiden ominaisuuksien ja halvemman hintansa vuoksi öljymuuntajat ovat yleisempiä kuin kuivamuuntajat. (Sähkötieto ry, 2003a, s. 9)

6.3.2 Kuivamuuntajat

Kuivamuuntajat ovat hartsieristeisiä muuntajia, jotka käyttävät jäähdytysväliaineena ilmaa. Kuivamuuntajat pystyvät toimimaan vaikeissakin sääolosuhteissa ja ne ovat jännitekestoisuudeltaan yhtä hyviä kuin öljymuuntajatkin. (Hietalahti, 2011, s. 33) Kuivamuuntajien ylikuormitettavuus ja sallitut käyttölämpötila-arvot ovat yleensä pienempiä öljytäytteisiin muuntajiin verrattuna. Lisäksi ylikuormittaminen edellyttää erityishuomiota jäähdytyksen kannalta, kuten lisäpuhaltimien käyttöä. Myös melutaso on suurempi, luotettavuus hieman huonompi ja hintataso on noin 2-3 kertainen öljymuuntajiin nähden. Kuivamuuntajien suurimpana etuna öljytäytteisiin muuntaajiin nähden on kuitenkin pienempi palokuorma, joka varsinkin sairaalan kaltaisessa kiinteistössä on paloturvallisuuden kannalta suurta painoarvoa saava kriteeri muuntajan valinnassa. Kuivamuuntajan käyttö tulee kyseeseen myös tiloissa, joissa öljymuuntajan käyttö aiheuttaa kohtuuttoman henkilöturvallisuus-, palo- tai ympäristöriskin. Tällaisia kohteita ovat mm. tunnelit, kaivokset, vesilaitokset, pohjavesialueet, väestönsuojat ja tehdastilat. Kuivamuuntajien heikomman saatavuuden vuoksi varamuuntajan ja varaosien saanti täytyy selvittää huolella. (Sähkötieto ry, 2003a, s. 9)

6.4 Katkaisijat (circuit breakers)

Katkaisija- ja kytkinlaitteita käytetään sähköjakeluverkossa eri kytkentätilanteiden luomiseksi verkon topologiassa, viallisen osan nopeaan erottamiseen sähköverkosta ja ohjaamaan sähkön kulkua verkossa. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 161) Katkaisijaa käytetään suurvoiman siirrossa avaamaan ja sulkemaan virtapiiriä. Katkaisijan tyypillisiä toimintoja ovat mm. automaattinen katkaisijatoiminta oikosulku- tai maasulkuvirran vaikutuksesta. Näitä automaattisia laukaisutoimintoja ohjaa mittamuuntajien välityksellä virtapiiriin kytketty suojarole. Katkaisijaa on mahdollista ohjata myös käsikäytöllä. Katkaisija kykenee avaamaan sekä sulkemaan nimellisvirtaansa nähden moninkertaisesti suurempia virtoja, joita esiintyy esimerkiksi oikosulkupiireissä. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 162-163)

Virtapiiriin katkaisutilanteessa katkaisijoissa käytetään hyödyksi syntyvää valokaarta. Katkaisijan koskettimien avautuessa syntyy katkaisukammioon valokaari, jonka johtavuus suurella virralla on hyvä. Virtapiiri pysyy suljettuna valokaaren välityksellä niin kauan, että koskettimien avausväli saadaan niin suureksi, että se kestää täyden jännitteen valokaaren sammuttua. Virran pienetessä valokaaren resistanssi kasvaa ja katkaisutoiminto tapahtuu vaihtovirralla virran nolokohdassa. Katkaisutapahtu-

massa olennaista on, että katkaisutilanne pidetään mahdollisimman lyhyenä. Vaihtosähkökatkaisijoissa tämä saadaan toteutettua jäähdyttämällä valokaarta tehokkaasti, jakamalla ja pidentämällä syntynyttä valokaarta useisiin osiin ja valitsemalla väliaine siten, että se edesauttaa valokaaren sammumista. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 163-165)

Katkaisijat erotellaan eri katkaisijalajeihin katkaisukammiossa käytettävän väliaineen tai katkaisukammion potentiaalin mukaan (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 168-169). Katkaisijan valinnassa on sähköisten ominaisuuksien lisäksi huomioitava myös käyttöympäristö. Kaikki katkaisijatyypit eivät sovellu ulkokäyttöön suurten lämpötilavaihtelujen takia vaan vaativat luotettavan toiminnan takaamiseksi normaalin sisälämpötilan. Ohjaustavan valintaan vaikuttaa käyttöympäristö ja kustannukset. Esimerkiksi paineilmatoiminen katkaisija aiheuttaa tarvitsemansa paineilmalaitteiston takia niin lisäkustannuksia kuin meluhaittojakin. Samalla on hyvä kiinnittää huomiota katkaisijan toimintakertojen tiheyteen ja ohjainten mekaaniseen toimintavarmuuteen. Suunnitteluvaiheessa kannattaa miettiä katkaisijalta mahdollisesti kerättävien mittaus- ja apukosketintietojen tarpeellisuus. Katkaisijan elinkaaren aikainen huollontarve ja huollosta aiheutuvat kustannukset kannattaa selvittää myös jo hankintavaiheessa. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 189)

6.4.1 Öljykatkaisijat ja vähäöljykatkaisijat

Öljykatkaisijoissa valokaaren sammutusaineena toimii mineraaliöljy. Valokaaren syttyessä öljy kaasuuntuu ja hajaantuu osiin, jolloin valokaaren ympärille muodostuva kaasuvaippa sammuttaa valokaarta. Öljykatkaisijoiden ongelmana on suuri öljymäärä, joka voi vääränlaisen katkaisijatyypin valinnan seurauksena aiheuttaa jopa räjähdyksiä.

Vähäöljykatkaisijassa öljykatkaisijoiden räjähdysvaaraongelma on ratkaistu rakentamalla jokaiselle vaiheelle erillinen sammutuskammio, jolloin öljymäärää saadaan pienennettyä. Vähäöljykatkaisijoissa katkaisu tapahtuu höyrystyvän öljyn paineen vaikutuksesta syntyvän kaasun ja öljyn virtauksen aiheuttamana. Vähäöljykatkaisijoiden käyttöalue on 7,2 kV-123 kV ja niiden käyttö on pääasiallista paikoissa, joissa kytkentätiheys ja oikosulkuvirrat ovat kohtuullisia. Nykyään vähäöljykatkaisijoita on vielä käytössä, mutta niiden valmistus on lopetettu. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 174-176)

6.4.2 SF₆-katkaisijat

SF₆-kaasua eli rikkiheksafluoridia sammutusväliaineena hyödyntävät katkaisijat soveltuvat lähes kaikkiin katkaisutilanteisiin. SF₆-kaasulla saavutetaan suuri valokaaren jäähdytyskyky sekä palaavan jännitteen kestokyky ja katkaisuteho. Lisäksi SF₆-kaasu on palamatonta. Katkaisijan rakenne saadaan SF₆-kaasua käyttämällä pieneksi, kevyeksi ja hyvin suojatuksi, koska tarvittavat vaihevälit ovat erittäin pienet. Katkaisijoiden etuna on niiden pitkä, jopa yli 10 vuoden huoltoväli. Katkaisuelimet kestävät useita tuhansia toimintakertoja mitoitusvirrallaan ja täydelläkin oikosulkuvirralla noin 10-20 katkaisua. Mahdollisia ongelmia voivat olla valokaaren sekä kasviohuonekaasuksi luokitellun SF₆-kaasun yhteisvaikutuksesta katkaisukammiossa syntyvät yhdisteet, jotka ovat myrkyllisiä ja aiheuttavat kos-

teuden kanssa korroosiota. SF₆-katkaisijoilla on huomioitava myös käyttölämpötila tiivisteiden kunnon takia, sillä katkaisijan on pysyttävä rakenteeltaan tiiviinä ja suljettuna virheettömän toiminnan takaamiseksi. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 179-181)

6.4.3 Tyhjiökatkaisijat

Tyhjiökatkaisijat ovat rakenteeltaan yksinkertaisimpia kuin muut edellä mainitut. Erillistä sammutusväliainetta näissä katkaisijoissa ei ole, vaan katkaisijan koskettimet on sijoitettu tyhjiösäiliöön. Tyhjiön etuna on sen suuri jännitelujuus. Tämän vuoksi jo noin 5-15 mm:n pituisella avausvälillä saavutetaan tarpeeksi suuri jännitelujuus luotettavan katkaisun tapahtumiseksi. Katkaisijan koskettimet vaativat toimiakseen suhteellisen suuren ulkoisen puristusvoiman, joka on yleensä toteutettu moottorijousohjaimella. Tyhjiökatkaisijan käyttöalue rajoittuu noin 100 kV jännitteeseen ja mitoitusvirraltaan ne on useimmiten suunniteltu alueelle 2 000-3 000 A. Rakenne mahdollistaa katkaisijan käytön niin sisä- kuin ulkotiloissakin. Parhaimmillaan tyhjiökatkaisijassa on käytössä, jossa vaaditaan suurta kytkentätiheyttä. Lisäksi tyhjiökatkaisijat ovat lähes huoltovapaita, sillä ainoa huoltoa vaativa komponentti on ohjain, joka tarvitsee voitelua noin kymmenen vuoden välein. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 182-183)

6.5 Suojareleet

Suojareleitä käytetään verkon laitteiden ja johtojen suojauksessa. Suojarele tarkkailee verkkoa jännite- ja virtamuuntajilta saamansa mittaustiedon avulla ja vian ilmetessä ohjaa laitteistoa syöttävän katkaisijan auki-asentoon aseteltujen laukaisu- ja parametrien mukaisesti. Rele suojaa verkkoa vikatilanteissa, joita voivat olla esimerkiksi maasulku, ylikuormitus, oikosulku sekä johdinkatkos. Releen toiminta perustuu sen tarkkailemien suureiden muutoksiin. Kun asetelluista toiminta-arvoista poikkeaminen tapahtuu, niin rele havahtuu ja riittävän pitkän havahtumisen jälkeen rele toimii, eli antaa katkaisijalle aukiohjauskäskyn. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 335-342)

Vanhempien releiden toiminta on sähkömekaanista. Tällöin releen toiminta perustuu virran aiheuttaman magneettikentän aiheuttamiin mekaanisiin liikkeisiin. Tällaisten releiden etuna on korkea luotettavuus oikein huollettuna, mutta heikkouksena epätarkkuus ja suuri koko. Uudemmat eli elektroniset releet ovat staattisia, eli liikkuvia mekaanisia osia niissä ei ole, vaan komponentteina käytetään puolijohteita ja mikropiirejä. Elektronisilla releillä päästään suurempaan tarkkuuteen, mutta komponentit ovat hyvin herkkiä mm. ylijännitteille. Digitaaliset eli mikroprosessorireleet ovat toiminnaltaan nopeita ja tarkkoja. Digitaalitekniikka mahdollistaa releasetteluiden helppouden ja monimutkaisuuden. Heikkoutena on kuitenkin aiempiin verrattuna korkea hinta ja liian tarkkojen releasetteluiden aiheuttamat virhelaukaisut. Pääosin kaikki nykyään valmistettavat suojareleet ovat digitaalisia. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 344-345)

6.6 Erottimet

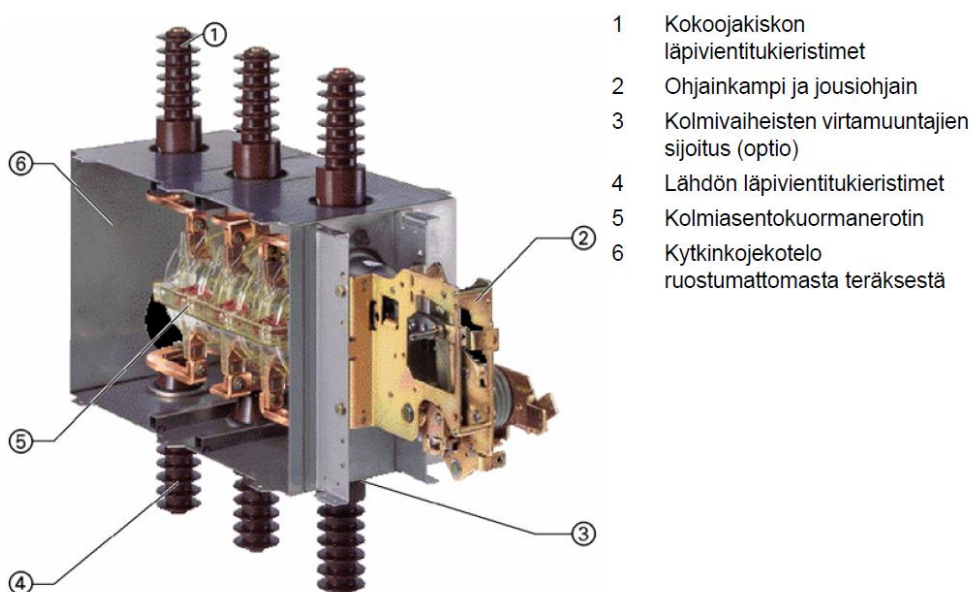
Erottimen tehtävänä on virtapiirin ja muun laitteiston välisen yhteyden erottaminen turvallisesti toisistaan sekä laitoksen jännitteettömäksi tekeminen turvallisen työskentelyn takaamiseksi. Erottimen

katkaisu- ja sulkemiskyky ovat heikot, joten sitä ei saa käyttää katkaisijan tavoin kuormitetun virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen. Tavallisia erottimia ei pidä myöskään sekoittaa keskenään kuormanerotimien kanssa, joilla myös kuormitetut kytkentätoiminnot ovat mahdollisia. Erottimien muodostaman avausvälin on oltava todettavissa silmämääräisesti tai luotettavan mekaanisen asennonsooituksen avulla. Lisäksi muodostuvan avausvälin on oltava niin suuri, että riittävä jännitelujuus saavutetaan turvallisen erottamisen varmistamiseksi. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 190) Erottimia on saatavilla käsiohjattuina, jolloin ohjaus on toteutettu eristetyllä tangolla tai vivulla sekä moottoriohjattuina, jolloin erottimen toimintaa on mahdollista hallita myös kaukokäytöllä. Suurjänniteverkon erottimet on kuitenkin yleensä toteutettu käsiohjauksella luotettavan toiminnan varmistamiseksi. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 197)

6.7 Kuormanerotimet ja varokekuormanerotimet

Kuormanerotin on erillisillä pää- ja katkaisukoskettimilla sekä jousilaitteistolla varustettu erotin. Kuormanerotin on varustettu sammutuskammioilla, jolloin sitä voidaan käyttää myös virrallisen laitteen irtikytkemiseen verkosta. Kuormanerotin toimii siten, että alussa avautuvat pääkoskettimet ja muutamien millisekuntien jälkeen avautuvat valokaarikoskettimet hoitavat katkaisun. Valokaari sammutetaan sammutuskammiossa, jossa on sammutusaineena esimerkiksi SF₆-kaasu. Kuormanerotimien tyypillisiä käyttökohteita ovat mm. johdon tai muuntajan erottaminen sekä kuorman erottaminen verkosta. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 195) Kuvassa 3 on Siemens:n valmistama kolmiasentokuormanerotin, jolla voidaan kytkeä kuormitusvirtoja 630 A saakka ja maadoittaa lähtö (Siemens Oy, 2004).

Varokkeilla varustettua kuormanerotin kutsutaan varokekuormanerottimeksi. Niitä voidaan käyttää sähköjakelessa katkaisijoiden korvaajina. Varokekuormanerotin varusteena on usein myös nastalaukaisulaite, joka hoitaa varokkeiden kolminapaisen laukaisun yhdenkin varokkeen toimiessa. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 196)



KUVA 3. Siemens:n kolmiasentokuormanerotin 630A (Siemens Oy, 2004)

6.8 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat erikoisrakenteisia muuntajia, joita käytetään jännitteen ja virran mittaukseen. Mittamuuntajia käytetään mm. tarjoamaan suojareille niiden tarvitsemaa mittaustietoa verkosta. Mittamuuntajien tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluvat mittauspiirin galvaaninen erottaminen päävirtapiiristä, mitta-alan muuttaminen, mittareiden ylikuormitussuojaus ja mittausdataa tarvitsevien laitteiden sijoittaminen kauemmas varsinaisesta mittauspaikasta. Mittamuuntajien toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, mutta jännitteenmittauksessa käytetään myös kapasitiivisia muuntajia.

7 TURVALLISUUSOHJEET

Sähköturvallisuus lain 54§:n perusvaatimukset sähkötyölle ja käyttötyölle:

”Sähkötöitä tai käyttöitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu” (Sähköinfo Oy, 2017).

7.1 Sähkötyöturvallisuus kunnossapitotöissä

Sähkölaitteiston käyttö valvojan henkilön eli käytönjohtajan täytyy hyväksyä kaikki sähkölaitteistoon sovellettavat kunnossapitotoimenpiteet. Samankaltaisissa ja toistuvissa töissä voi työn aloitus-, lopetus- ja keskeytyslupaa antaa työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja. Käytön johtajan tai sähkötöiden johtajan tulee kuitenkin ohjeistaa tällaisten töiden suorittaminen. Kunnossapitotyötä tekevän henkilö täytyy olla sähköalan ammattilainen ja riittävän pätevä kyseiseen työhön. Myös riittävästi opastettu henkilö voi tehdä kunnossapitotyötä ammattitaitoisien henkilöiden valvonnassa. (Sähköinfo Oy, 2015, s. 102) Kunnossapitotöiden alainen laitteisto on määriteltävä selkeästi sähköisten vaarojen välttämiseksi. Kunnossapitotoimenpiteelle nimetään vastuhenkilö eli työsuorituksista vastaava henkilö. Työtä tekeville henkilöille tulee olla käytössä työhön sopivat työkalut, mittaus- ja testauslaitteet sekä henkilökohtaiset suojavarusteet. Varusteita on käytettävä ja niiden kunnosta on pidettävä huolta. Kunnossapitotyön aikana on estettävä muihin henkilöihin, eläimiin ja omaisuuteen kehittyvät vaarat. (Sähköinfo Oy, 2015, s. 102) Työn suorituksista vastaava henkilö huolehtii siitä, että kunnossapitotöiden alainen laitteisto ei aiheuta kenellekkään hengenvaaraa eikä laitteistoa voida ottaa luvattomasti käyttöön. Keskeneneräiseen laitteistoon kohdistuva jännitteen kytkentä estetään lukkojen ja kilpien avulla tai irroittamalla syöttöjohto. Vaihtoehtoisesti voidaan myös asentaa väliaikaisesti paikalleen tarvittavat kosketussuojaukset tai estää muulla tavoin luotettavasti asiattomien henkilöiden pääsy kunnossapitotyön alaiseen tilaan. Kunnossapitotyön päätyttyä työn suorituksista vastaavan henkilön vastuulla on varmistua, että laitteisto on turvallisessa käyttökunnossa. (Sähköinfo Oy, 2015, s. 107)

Työskenneltäessä kunnossapitotehtävissä suurjännitelaitteistojen parissa on pidettävä ennen työn aloittamista huolta laitteiston jännitteettömyyden toteamisesta ja työmaadoittamisesta. Ennen varsinaista jännitteettömäksi tekemistä on varmistuttava, että kohdelaite on oikea ja sen jännitteettömäksi tekeminen on mahdollista ja turvallista. Työn ajaksi laitteistolle on asetettava riittävät lukitukset jännitteen takaisinkytkennän estämiseksi. Työryhmän tiedossa on oltava missä he työskentelevät eli minne he hälyttävät apua ongelmien ilmetessä. Sairaalaympäristössä laitteelle voi olla useampia sähkönsyöttösuuntia, joten on huomioitava varavoiman ja rengasmallisen verkon vaikutukset ja muistaa työmaadoittaa kaikki syöttösuunnat. Lisäksi työkohteen läheisyydessä olevat paljaat jännitteiset osat täytyy suojata tahattomalta koskemiselta eristävällä materiaalilla.

7.2 Suurjännitesähkötilat ja muuntajatilat

KYS:llä on huomioitava erityisesti 10 kV:n puolella vanhojen kojeistojen ja sähkö- ja muuntajatilojen rakenne. Kojestot ovat rakenteeltaan osittain avonaisia, eli kennostoissa ei ole sisäisiä väliseiniä, takaseiniä tai kattoa. Lisäksi kojeistojen kiskosto sijaitsee kennojen yläpuolella täysin kosketussuojaamattomana. Tällaisissa tiloissa on kiinnitettävä työturvallisuuteen erityistä huomiota, varsinkin tikkaita tai telineitä käytettäessä. Kennostorakenteessa huomioitavaa on myös se, että kaikissa kennostoissa ei ole pohjalevyä/lattiaosaa. Kennostojen ovien ollessa kiinni vaaraa ei ole, mutta aukinaisen kennon alaosa ei pidä mennä koskettelemaan tai työntämään sinne mitään lähellä olevien jännitteisten osien takia. Kuvan 4 vasemmassa yläreunassa ovat nähtävissä suojaamattomat virtakiskot. Suurjännite- ja muuntamotilojen oikosulkuvirrat ovat yleensä hyvin suuria. Niinpä oikosulkutilanteissa voi syntyä suuria ja voimakkaita valokaaria. Aina on olemassa mm. laiterikon vaara, jolloin oikosulkutilanne voi tapahtua. Siksi turhaa oleskelua sähkötiloissa tulee välttää.

Valokaaren syntyessä muodostuu paljon lämpöä, säteilyä sekä sulan metallin roiskeita, jotka voivat aiheuttaa vakavia palovammoja tai hetkellistä sokeutumista. Valokaaren aiheuttama paineaalto voi olla suuruudeltaan niin merkittävä, että se aiheuttaa murtumia tai kuulovaurioita. Lisäksi sulan metallin palaessa valokaareissa voi ilmaan syntyä ihmisen hengitykselle haitallisia myrkyllisiä kaasuja ja yhdisteitä. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 505)



KUVA 4. Sähköliikkeiden Oy:n valmistama vanha 12 kV kojeisto vuodelta 1982 (Määttä, 2017.)

7.3 SF₆-kaasu

SF₆ eli rikkiheksafluoridi on hajuton, väritön, kemiallisesti reagoimaton ja palamaton kaasu. Se on noin viisi kertaa ilmaa raskaampaa ja se on määritelty ilmaston lämpenemistä edistäväksi kaasuksi. SF₆-kaasun hyvät sähköiset ominaisuudet mahdollistavat sitä käytettäessä pienemmät kojeistorakenteet, korkean luotettavuuden ja henkilöturvallisuuden sekä paremmat valokaaren sammutusominaisuudet ilmaan verrattuna. SF₆-kaasu on ilmaan verrattuna myös parempi lämmönjohtokyvyltään ja eristeominaisuuksiltaan. (Siemens Oy, 2012) SF₆-kaasu ei reagoi muihin kemiallisiin yhdisteisiin tai muodosta vaarallisia hajoamistuotteita normaaliolosuhteissa. Kaasun vapauttamista ilmakehään tulee välttää, koska rikkiheksafluoridi on määritelty kasvihuonekaasuksi. Kaasun ollessa ilmaa raskaampaa on huomioitava, että se voi kerääntyä suljettuihin tiloihin, erityisesti maantasolle. Esimerkiksi sähkötiloissa SF₆-kaasu voi painua lattian alla sijaitsevaan kaapelitilaan. SF₆-kaasulla ei tiedetä olevan ihmiselle myrkyllisiä vaikutuksia, mutta suurien kaasumäärien kanssa on huomioitava mahdollinen tukehtumisen vaara kaasun syrjäyttäessä hapen. (Woikoski Oy, 2013)

8 KRIITTISYYSANALYYSI

”Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla.” (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2008)

”Riskianalyysi on riskienhallinnan osa, joka auttaa riskien tunnistamisessa ja vahinkotapahtumien ennakkoinnissa. Sillä selvitetään riskien kohteet, luonteet ja niiden toteutumisen todennäköisyydet seurauksineen.” (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2008)

Kriittisyys- ja riskianalyysimenetelmiä voidaan käyttää kunnossapitosuunnittelun yhtenä lähtökohdana. Kriittisyysanalyysiä voidaan käyttää myös apuna mm. hankintavaiheessa laitteiden ominaisuuksia, laatutasoa ja muita tärkeitä kriteerejä määriteltäessä. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2008) Kriittisyysanalyysien toteuttamiseen on olemassa monia erilaisia tapoja ja malleja. Yhtenä menetelmänä on PSK Standardisoinnin PSK 6800-standardissa esitelty lähinnä teollisuusympäristöön sovellettava menetelmä, jossa arvioitavalle kohteelle annetaan pisteytyksiä eri osa-alueilla. Osa-alueita ovat esimerkiksi turvallisuusriskit, ympäristöriskit, laitteen toimimattomuuden vaikutukset sekä korjauskustannukset. Näille osa-alueille määriteltyjen kriittisyyspisteiden ja painoarvojen avulla saadaan aikaiseksi kriittisyysindeksi, jota voidaan vertailla sen jälkeen muiden tarkasteltavien laitteiden tuloksiin ja määrittää kriittisyys. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2008)

Erityistä pisteytykseen ja valmiisiin kriittisyysanalyysimalleihin perustuvaa analyysiä ei tässä työssä pidetty tarpeellisenä, koska olemassa olevia malleja olisi täytynyt soveltaa melko paljon sairaalaympäristöön sopivaksi. Sen sijaan kriittisyyden analysointi ja arviointi suoritettiin yksinkertaisemmalla tavalla eli tarkastelemalla sähköntoimitusvarmuuden kannalta tärkeitä laitteita ja niiden toiminnan lamaantumisen vaikutuksia sairaalan toimintaan. Tarkastelu tehtiin KYS:n sähkönjakelun pääkaaviota käyttäen ja kyseisen laitteen syöttämän kohteen kriittisyys huomioiden. Analyysissä kriittisiksi todettujen laitteiden huoltoon ja ylläpitoon tulisi kiinnittää erityistä huomiota, että saavutetaan mahdollisimman luotettava toiminta. Samalla tällaiset laitteet asettavat kuitenkin haasteensa huoltojen tekemiselle, sillä niiden sähköttömäksi tekeminen on hankalaa. Tällaisissa kohteissa tulee miettiä erikseen tarkat toimintatavat ja aikataulut huoltojen suorittamiselle. Lisäksi tulee selvittää mahdolliset varavoiman ja varayhteyksien käyttömahdollisuudet sekä huolehtia varaosien nopeasta saatavuudesta. Kriittisyysanalyysistä laadittiin Excel-pohjainen listaus kojeistoittain. Siinä on eritelty jokainen kenno, laitteelle arvioitu kriittisyys arvosanalla kriittinen tai ei-kriittinen, kriittisyyden perusteet sekä alustavat toimenpiteet kyseisen kennon huollon mahdollistamiseksi.

9 POIKKEUSTILANTEET

Kunnossapidon kannalta oleellisia poikkeustilanteita sähkönjakelussa ovat laiterikot, sähkökatkot ja sijaiskytkennät. Laiterikkoihin varautuminen on erityisen tärkeää kriittisiksi määritellyillä laitteilla. Tällaisille laitteille tulee olla varastoituna varaosa tai vaihtolaite. Vaihtolaitteen asentaminen äkillisessä laiterikkotilanteessa on yleensä nopeampaa kuin rikkinäisen laitteen korjaaminen. Kunnossapitoon kuuluvat myös varastoitujen laitteiden huollot. Esimerkiksi katkaisijoiden toiminta on testattava määräajoin. Tarkka laitelistaus auttaa varaosien hankinnassa ja hallinnassa.

Sijaiskytkennöillä voidaan saattaa verkko varayhteyksien ja kytkentöjen avulla sellaiseen tilaan, että jonkin laitteen huolto voidaan tehdä ilman erityistä sähkökatkoa. Sijaiskytkennät tulee aina suunnitella tapausittain ja yksityiskohtaisesti turvallisuuden ylläpitämiseksi. Laaditussa kriittisyysanalyysissä on esitetty karkeasti sijaiskytkentöjen mahdollisuuksia. Sijaiskytkennän laatimisessa on kuitenkin otettava huomioon, voidaanko laite irrottaa täysin verkosta ja suojautua riittävästi lähellä sijaitsevilta paljailta jännitteisiltä osilta. Muuntajalähtöjä tai muuntajia huollettaessa on huomioitava muuntajan kapasiteetti, rinnankäytöt ja takasyöttöjen, kuten varavoiman vaikutukset.

10 HUOLTOJEN JAKSOTTAMINEN

Sairaalaympäristö asettaa tiettyjä rajoitteita huoltojen suorittamiseen. Sähkökatkoja ei varsinkaan sähkönjakelualueella voida tehdä mielivaltaisesti, vaan aikataulut ja huoltojen suoritusajankohta on ajastettava suunniteltujen sähkökatkosten mukaan. Huolto-ohjelman ja huoltojen jaksotuksen avulla pystytään suunnittelemaan ennakkoon sähkökatkojen aikaiset toimenpiteet sähkönjakelussa ja priorisoimaan huoltokohteet. Huoltojen ajankohdat on jaksoteltu tapahtumaan kullekin laitteelle määriteltyjen huoltovälien aikojen mukaan. Käytännössä laitteiden huoltoja ei kuitenkaan ole mahdollista KYS:llä suorittaa täysin ajallaan sähkökatkosten minimoimisen takia. Tällöin täytyy tapausittain ja laitteen viimeisin huoltoajankohta ja kriittisyys huomioiden miettiä suunnitellun sähkökatkon aikana huollettavat kohteet. Suunniteltuja sähkökatkoja on KYS:llä kerran vuodessa, jolloin jakelualueella tehtävä sähkökatko kestää noin tunnin verran. Tämä sähkökatko on joka kerta käytettävä tehokkaasti hyödyksi priorisoimalla eniten huoltoa kaipaavat kohteet ja suunnittelemalla toimenpiteet sähkökatkon ajaksi huolellisesti.

Paras keino KYS:llä, jossa sähkökatkot tulee ehdottomasti minimoida, on hankkia kriittisille ja paljon huoltoa kaipaaville laitteille vaihtolaite. Vaihtolaite on täysin samanlainen laite kuin jo käytössä oleva laite, esimerkiksi katkaisija. Sähkökatkojen aikana ennalta huollettu vaihtolaite voidaan vaihtaa huoltoa tarvitsevan laitteen tilalle ja huoltaa se irrallisena myöhempänä ajankohtana. Menetelmä on kallis, mutta se vähentää huoltoon tarvittavaa aikaa, jolloin sähkökatkot saadaan kunnossapidon kannalta mahdollisimman tehokkaasti hyödynnettyä. Huoltojen jaksottamisen perusteena on tässä ohjelmassa käytetty aikaperusteista huoltojen jaksottamista. Huoltojaksojen välit perustuvat valmistajien suositukseen sekä ST-kortiston ST 96.03.02 "Hoidon ja kunnossapidon toimenpidejaksot sähkönpääjakelujärjestelmissä" esittämiin ohjeellisiin suositukseen terveydenhoidon rakennuksissa. Näitä ohjeellisia aikavälejä ja toimenpidejaksoja on hieman sovellettu ja räätälöity KYS:n tarpeisiin sopiviksi.

11 HUOLTOTOIMENPITEET

Tässä luvussa käsitellään laitteistolle suunniteltujen huolto- ja kunnossapitotoimien suorittamiseen, menetelmiin ja jaksotukseen liittyviä asioita. On huomattava kuitenkin, että ohjeistukset ovat yleisohjeita ja valmistajan mukaan laitteistoissa on sen verran rakenteellisia eroja, että huollossa ja purkamisessa on noudatettava valmistajien yksityiskohtaisia ohjeita.

Aistinvaraista tarkastusta tehdään jatkuvasti ja aina kohteessa liikuttaessa. Lisäksi laitteistoille on suunniteltu tietyin väliajoin tehtäviä aistinvaraisia tarkastushuoltoja, jolloin varmistetaan, että mitään ei jää huomioimatta. Aistinvaraisessa tarkastuksessa voidaan hyödyntää tilannekohtaisesti lähes kaikkia ihmisen aisteja. Havaintoja tehdään silmämääräisesti laitteiden kunnan ja likaisuuden tarkastamiseksi. Kuuloaistin avulla tarkkaillaan laitteen käyntiääniä ja mahdollisia poikkeamia äänissä. Tunto- ja hajuaistin perusteella voidaan havaita ylikuumenemiset tai palamistilanteet. Aistinvaraisessa tarkastuksessa tarkastellaan siis silmämääräisesti kohteen yleiskuntoa. Tällä menetelmällä saadaan jo todella paljon tietoa laitteen peruskunnosta ja huollon tarpeesta. Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu oleellisesti muuntaja- ja sähkötilojen varusteiden, työkalujen, varoituskilpien ja suojaimien olemassaolon ja kunnan tarkkailu säännöllisten perustarkastusten yhteydessä. Tilojen varustevaatimukset on lueteltu yksityiskohtaisesti tarkastuslomakkeissa.

11.1 Sähkötilojen tarkastukset

Suurjännitetilaille tehdään vuosittain aistinvarainen tarkastus. Sähkötilojen huoltojen laatimisessa on käytetty ST-korttien ST 53.11 ja ST 96.03.02 esittämiä vaatimuksia ja suosituksia sähkö- ja muuntamotilojen varustelusta sekä suoritettavista tarkastustoimenpiteistä. Tilojen yleinen siisteys ja siivouksen tarve tarkastetaan. Sähkötilan tavaroiden tulee olla järjestyksessä ja laitteistoille tulee olla esteetön pääsy. Tilassa ei saa olla sinne kuulumattomia tavaroita tai esteitä kulkuteillä. Samalla tarkastetaan tilan yleinen kunto, johon kuuluvat mm. lattialevyjen ja kaapelitilan tarkastus sekä läpivientien ja palokatkojen tarkastus. Valaistuksen kunto tarkastetaan, tarvittaessa suoritetaan valaistushuolto. Sähkötilaan pääsy asiattomilta on estettävä, joten tarkastetaan ovien, lukkojen ja ovipumpujen toiminta. Oveissa on oltava merkinnät: ”pääsy sivullisilta kielletty” sekä tilan nimi tai numerotunnus.

Sähkötilojen ja laitteiden ilmanvaihto tarkastetaan huoltojen ja tarkastusten yhteydessä aistinvaraisesti. Ilmanvaihdon toiminnan seuraaminen kuuluu sähkötilan tarkastuksien perustoimenpiteisiin. Tarkkailua tehdään aistinvaraisesti, mittauksia ja lämpötiloja seuraamalla sekä ilmanvaihdon suodattimien kuntoa seuraamalla. Ilmanvaihdon toimivuus vaikuttaa oleellisesti laitteen tai tilan lämpötilaan. Liian korkea lämpötila lyhentää laitteen käyttöikä merkittävästi ja suuret yllämmöt voivat lyhyelläkin aikavälillä aiheuttaa komponenttirikkoja tai häiriöitä laitteissa. Ilmanvaihdon perushuolto-toimenpiteisiin kuuluu suodattimien vaihto sekä tarvittaessa ilmastointikojeiden kondenssiveden poisto.

Sähkötilasta on löydettävä sinne kuuluvat varusteet ja niiden täytyy olla kunnossa ja soveltuvia kyseisessä tilassa sijaitseville laitteistoille. Varusteisiin kuuluvat jännitteenkoettimet, siirrettävät maadoitusvälineet, henkilösuojaimet ja erottimien ja katkaisijoiden ohjaustyökalut. Keskijännitesulakkeita on oltava saatavilla 3 kpl jokaista tarvittavaa kokoa. Tilasta on löydettävä liittymisverkonhaltijan yhteystiedot, standardien mukaiset ”Muista työmaadoittaa” -kilpi, laitteiston jännitteisyydestä varoitettava kilpi ja 2 tai 3 kpl ”Älä kytke, työ käynnissä” -kilpiä. Laitteistoissa on oltava ajantasaiset ja yksilöivät merkinnät. Päämuuntamon varusteisiin kuuluvat lisäksi käytön johtajan yhteystiedot sekä dokumentit releasetteluarvoista, muuntamon oikosulkuvirrasta ja maadoitusresistanssista. Sähkötilassa on oltava esillä ajantasainen jakelukaavio. Lisäksi siellä on oltava laitteiden käyttöohjeet sekä muut sähköpiirustukset, kuten piirikaaviot ja maadoituskaavio. Alkusammutus- ja ensiapuvarusteina tilassa on oltava tarkastuksiltaan voimassa oleva hiilidioksidisammutin, ajantasainen ensiapupakkaus sekä elvytysohjeet ja hätänumero. Sähkötilan tarkastuksiin vuosittain kuuluu myös maadoitusten ja kojeistojen ulkopuolisen kunnan aistinvarainen tarkastus. Kuvassa 5 on esimerkki siististä sähkötilasta. Kuvasta nähdään, että tilasta löytyy hiilidioksidisammutin, ensiapuohjeet, tarvittavat kyltit ja dokumentit sekä tila on yleisilmeeltään siisti ja kunnossa.



KUVA 5. Sähkötila ja sen varusteita (Määttä, 2017.)

11.2 KJ-kaapelipäätteet, kaapeliliitynnät ja tukieristimet

KJ-kaapelipäätteiden tarkastus tehdään silmämääräisesti laitteen muiden huoltojen, kuten esimerkiksi avaavan katkaisijahuollon yhteydessä. Kaapelipäätteen kuntoa tarkastellaan pölyn, likaisuuden ja ylikuumentumisen aiheuttamien jälkien paikantamiseksi. Tarkastetaan, että kaapelipääte on kaikin puolin ehjä eikä siitä löydy merkkejä osittaispurkauksista tai löysistä liitoksista. Korjauksen tarpeen tai epäilyksen ilmetessä voidaan tehdä lämpökuvaus ja vian suuruuden ja kriittisyyden perusteella

suunnitella korjaustoimenpiteet ja niiden ajankohta. Kuvassa 6 KJ-kaapelipääte. Hermeettisesti suljettujen laitteiden, kuten kaasu- ja tyhjiökatkaisijoiden ja kuormanerotimien huoltojen yhteydessä tarkastetaan myös silmämääräisesti kaapeliliityntöjen ja läpivientien kunto aistinvaraisesti. Tukieristimien kunto tarkastetaan aistinvaraisesti. Tukieristimestä etsitään merkkejä likaisuudesta, mekaanisista vaurioista ja osittaispurkauksista.



KUVA 6. KJ-kaapelipääte (Määttä, 2017.)

11.3 Lämpökamerakuvaus

Lämpökamerakuvaus on varsinkin isohkoissa kohteissa yleinen kunnossapitotoimenpide. Lämpökuvaus on helppoa, koska se voidaan suorittaa turvallisen välimatkan päästä ja laitteiston ollessa jännitteinen ja virrallinen. Lämpökuvaus tehdään tilanteessa, jossa laitteisto on kuormitettuna, jotta saadaan tuloksista oikeellisia. Lämpökuvauksella voidaan sähkölaitteistosta etsiä merkkejä ylikuumentumisesta, jäähtymisen toimivuudesta, löysistä liitoksista sekä komponenttien ikääntymisestä.

Lämpökuvaus suoritetaan KYS:n suurjännitelaitteistoille 3 vuoden välein. Kuvaukseen kuuluvat kaikki suurjännitelaitteistojen kennostot ja niiden laitteet sekä kaikki muuntajat. Kuvauksesta laaditaan raportti, johon kerätään havaitut poikkeamat tietoineen, kuvineen ja toimenpide-ehdotuksineen. Lämpökuvauksen perusteella tarvittavien poikkeamien korjaushuollot saadaan suunniteltua tai tilanteen salliessa toteutettua välittömästi. Lämpökuvauksessa tulisi olla kaksi työnsuorittajaa, jolloin toinen hoitaa laitteistojen ovien ja suojausien avaamisen toisen keskittyessä kuvaamiseen. Parityöskentely lisää myös työturvallisuutta merkittävästi. Kuvauksessa ja kuvien tulkinnassa on otettava huomioon mahdolliset heijastumat esimerkiksi laitteen kirkkaista peltiseinistä, jotka voivat heijastaa mm. itse kuvaajan lämpötila-arvot kameran linssille.

11.4 Relekoestus

Suojareleinä KYS:llä on käytössä Schneider Electricin VAMP, ABB REF 601 sekä Siemensin Siprotec-sarjaa. Vanhemmalla 10 kV:n verkon puolella on ABB SPAJ-sarjan suojaareleitä sekä sähkömekaanisia Brown Bovereita. Relekoestus suoritetaan kuuden vuoden välein. Koestuksessa releen toiminta, laukaisut ja laukaisuaajat koestetaan. Releiden käyttöliittymä ja ominaisuudet voivat mallista riippuen poiketa paljonkin toisistaan. Sen takia on tärkeää, että ennen relekoestusta on riittävästi perehdytty kohdereleeseen käyttöön. Koestuksen yhteydessä tarkastetaan ja kirjataan ylös myös käytössä olevat releasettelut. Releasettelujen säännöllinen varmuuskopiointi varmistaa sen, että dokumenteista on aina löydettävissä ajan tasalla olevat asetteluarvot vika- ja erityistilanteiden varalle. Lisäksi sillä helpotetaan uuden releen käyttöönottoa esimerkiksi laiterikkotilanteessa, jolloin asetteluarvot ainakin uudemmissa digitaalisissa releissä todennäköisesti menetetään. Releasettelujen tarkastukset tehdään myös sähkötilojen vuotuisen perustarkastuksen yhteydessä. Sähkömekaanisille releille koestukset tehdään myös kuuden vuoden välein tai katkaisijahuollon yhteydessä. Sähkömekaaninen rele tarvitsee digitaalisiin ja elektronisiin releisiin verrattuna tarkastelua myös mekaanisten osien kunnon ja voitelun kannalta. Relekoestuksen yhteydessä tehdään myös valokaarisuojauksien koestus, jos sellainen kohteena olevassa kojeistossa on. Valokaarisuoja on yleensä kojeiston sisälle sijoitettu valokuitu, joka suuren valomäärän havaitessaan ohjaa suojaarelettä tai valokaarisuojaarelettä antamaan katkaisijan aukiohjauskäskyn. Suojarele on verkon suojalaite, siksi relekoestus on yksi tärkeimpiä keskijänniteverkon huoltokohteita turvallisuuden ylläpidon ja turhien sähkökatkojen ehkäisemisen kannalta. Relekoestuksen yhteydessä saadaan monipuolista tietoa verkon suojauksen, suojauksen selektiivisyyden, katkaisijan sekä mittamuuntajien toiminnasta samalla kertaa. Kuvassa 7 on Siemens:n valmistama Siprotec-sarjan digitaalinen suojarle.



KUVA 7. Siemens Siprotec-sarjan ylivirtasuojarele (Määttä, 2017.)

11.5 Mittamuuntajien huollot

Mittamuuntajat eivät kaipaa erillistä huoltoa, eikä niille esimerkiksi katkaisijan tavoin pystytä avaa-va huoltoa edes suorittamaan. Aistinvaraisessa tarkastuksessa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota mittamuuntajien ulkopuoliseen kuntoon ja puhtauteen. Relekoestuksen yhteydessä mittamuuntajien toiminta saadaan testattua. Mittamuuntajatkään eivät ole ikuisia vaan hajotessaan ne menevät yleensä kerralla käyttökelvottomiksi. Siksi on tärkeää olla tietoinen mittamuuntajien tyypeistä ja huolehtia varaosien saatavuudesta.

11.6 Katkaisijahuollot

KYS:llä on käytössä monien eri valmistajien tyhjiö- ja SF₆-katkaisijoita sekä 10 kV:n puolella vanhempia vähäljykatkaisijoita. Määrällisesti eniten laitekanta koostuu tyhjiö- ja vähäljykatkaisijoista. Katkaisijoiden huoltotoimenpiteet perustuvat pitkälti valmistajien määrittelemiin huolto-ohjeisiin. Huoltojen tarpeeseen ja niiden aikaväliin vaikuttavat laitteen käyttöympäristön olosuhteet, katkaisijan toimintakertojen määrä sekä katkaisijan kriittisyys sähköjakelun varmistamisen kannalta. Katkaisijoiden huoltovälit on valmistajien ohjeissa määritelty yleensä vuosien tai katkaisijan ohjausten

lukumäärän mukaan. KYS:llä katkaisijoiden ohjaus on hyvin vähäistä, joten huoltovälejä suunniteltaessa voidaan pitää vuosiperusteista huoltovälien määrittelyä lähtökohtana suunnittelussa. KYS:n katkaisijoiden ympäristöolosuhteita voidaan pitää hyvänä, sillä katkaisijat ovat ilmastoiduissa sisätiloissa eivätkä ne pääse altistumaan pölylle, lialle, tärinöille tai muille fyysisille haittavaikutuksille. Katkaisijoiden huollon vaatiman sähkökatkon saavuttamisen vaikeudet huomioon ottaen on huoltoväliä viisasta räätälöidä hieman pidemmäksi kuin valmistajien suosituksissa. Eri valmistajien huolto-ohjeistukset poikkeavat hieman toisistaan, mutta koska kyseessä olevat laitteet ovat käytännön toiminnaltaan ja periaatteeltaan hyvin samanlaisia niin voidaan eri valmistajien huolto-ohjeita soveltaa keskenään parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Tämä helpottaa myös huoltotyötä siten, että jokaiselle katkaisijatyypille tehdään samat toimenpiteet valmistajasta riippumatta ja voidaan käyttää samoja yleisohjeita. Huomioitavaa on kuitenkin, että eri valmistajien katkaisijat poikkeavat hieman rakenteeltaan toisistaan, joten purkamisessa ja huollon suorittamisessa on noudatettava valmistajien käyttöohjeita.

11.6.1 Tyhjiökatkaisijoiden huollot

KYS:llä on 20 kV:n verkon puolella käytössä ABB:n VD4 katkaisijoita, Siemensin 3AH6 katkaisijoita, sekä TozziGreen Ecosmart VCB-L katkaisijoita. Tyhjiökatkaisijoiden käyttöäksi luvataan valmistajasta riippuen joitain kymmeniätuhansia ohjauksia. Lisäksi pääkoskettimet ja katkaisukammio ovat lähes huoltovapaita. Suurimmaksi huollon kohteeksi muodostuu siten katkaisijan ohjausmekanismi ja voimansiirto. Katkaisijoiden ohjausten vähäisen lukumäärän takia ohjausmekanismia ja voimansiirtoa tulisi välillä "verrytellä" eli tehdä katkaisijalla muutamia jännitteettömiä auki-kiinni ohjauksia. Lisäksi tarkastellaan ohjausmekanismin yleistä kuntoa, poikkeamia, puhdistuksen tarvetta sekä voitelun riittävyyttä. Turvallisuuden kannalta oleellisena osana huolloissa ovat katkaisijan lukituksen tarkastukset ja laukaisumagneettien toiminta. Kuvassa 8 ABB:n valmistama VD4 tyhjiökatkaisija.



KUVA 8. ABB VD4 tyhjiökatkaisija (Määttä, 2017.)

11.6.2 SF₆-katkaisijoiden huollot

SF₆-katkaisijoina KYS:llä on ABB:n HD4 katkaisijoita. SF₆-katkaisijan huoltotoimenpiteet eivät juurikaan poikkea tyhjiökatkaisijasta. Lisänä tyhjiökatkaisijaan verrattuna on säännöllinen SF₆-kaasunpaineen tarkastus, joka suoritetaan katkaisijassa sijaitsevasta mittarista silmämääräisesti suurjännitteiden tarkastusten yhteydessä. Kuvassa 9 on vanhan vähäjykykatkaisijan tilalle asennettu ABB:n HD4 katkaisija.



KUVA 9. ABB HD4 SF₆-täytteinen katkaisija (Määttä, 2017.)

11.6.3 Vähäöljykatkaisijoiden huollot

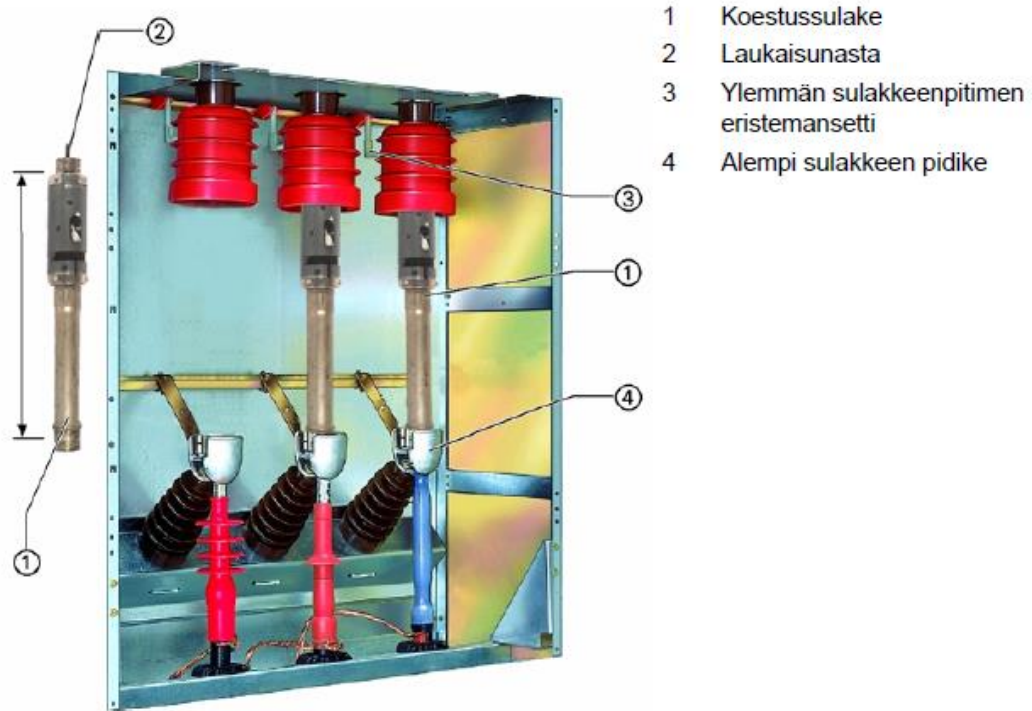
10 kV:n verkon puolella on käytössä vielä vuosien 1970-2000 välillä hankittuja Strömbergin OSAM vähäöljykatkaisijoita. Vähäöljykatkaisijat ovat rakenteeltaan vankkoja ja yksinkertaisia, mutta vaativat hieman erilaisempaa ja täsmällisempää huoltoa. Myös huoltovälit ovat lyhyemmät. Vähäöljykatkaisijoiden valmistus on lopetettu, mutta niitä on edelleen laajalti käytössä mm. teollisuudessa ja varaosiakin on vielä saatavilla ainakin ABB:ltä. Vähäöljykatkaisijalle huoltoja tehdään vuoden, viiden vuoden ja 10 vuoden välein. Vuosihuoltoon kuuluu katkaisijan toiminnan testaus, katkaisijapilarien aistinvarainen tarkastus sekä käyttö- ja ohjainmekanismin aistinvarainen tarkastus ja toiminnan testaus. Viiden vuoden välein tehdään erotuskoskettimien ja liitosten aistinvarainen tarkastus sekä sähköisten ja mekaanisten lukitusten toiminnan testaus. 10 vuoden välein tehdään suurempi ns. avaava huolto. Huoltoon kuuluu ohjainmekanismin ja katkaisijapilarien korjaava huolto. Öljyt ja kuluneet osat vaihdetaan ja yleinen kunto tarkastetaan. Lisäksi tehdään mittaushuolto, jolla selvitetään ylimenovastukset, toiminta-ajat ja eristysresitanssit. Katkaisija puhdistetaan läpikotaisin, magneettien ja viritysmoottorin toiminta testataan sekä asennonosoitusten ja hälytysten toiminta testataan. Lisäksi katkaisijan kaikki sähköiset ja mekaaniset toiminnot, asennon osoitukset sekä lukitukset ja hälytykset testataan. Kuvassa 10 on Strömbergin valmistama OSAM vähäöljykatkaisija.



KUVA 10. Strömberg OSAM 12 A3 -vähäöljykatkaisija (Määttä, 2017.)

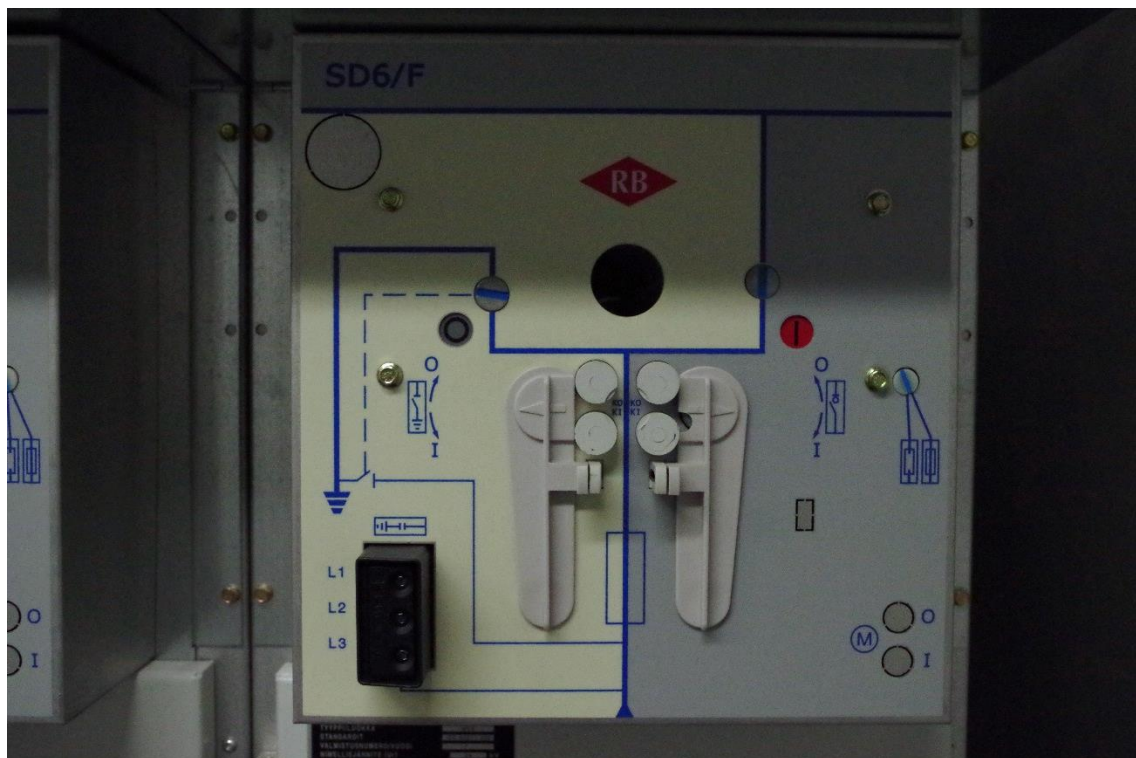
11.7 Kuormanerotimien ja varokekuormanerotimien huollot

KYS:llä on Elettromeccanica Adriatican ja Siemensin valmistamia SF₆-eristeisiä kuorman- ja varokekuormanerotimia. Varokekuormanerotimien sulakelaukaisumekanismien koestus suoritetaan kuuden vuoden välein. Kyseessä on suojalaite, joten huoltoa voidaan pitää tärkeänä. Rakenteet poikkeavat hieman valmistajasta riippuen, joten koestuksessa noudatetaan kojeisto kohtaisesti valmistajan ohjeita. Ennen koestusta tulee koestettavan kennon olla jännitteetön ja kytkettynä irti kokoojakiskostosta. Koestus tapahtuu poistamalla sulakkeet ja asentamalla tilalle koestussulake. Kuormanerotin viritetään sitten kiinni asentoon ja laukaisunasta vapautetaan koestussulakkeen vivulla. Tällöin mekaniikan täytyy laukaista kuormanerotin auki asentoon normaalisti. Koestus suoritetaan jokaiselle vaiheelle. Kuvassa 11 on esimerkkinä Siemens SIMOSEC-kojeiston sulakelaukaisumekanismi sekä koestussulake.



KUVA 11. Siemens SIMOSEC-kojeiston sulakelaukaisumekanismin koestus (Siemens Oy, 2004)

Kuormanerottimien huolto-ohjeita ei juurikaan löytynyt, joten huoltojen suunnittelun perustana käytettiin katkaisijoille suoritettavia huoltoja, koska kuormanerottimien ja katkaisijoiden rakenteet ja käyttötavat ovat hyvin samankaltaisia. Kuten katkaisijoiden huollossakin, myös kuormanerottimien huollossa laitteelle suoritetaan vuoden välein muutama auki-kiinniohjaus toiminnan varmistamiseksi ja ohjausmekanismin liikkuvuuden verryttelemiseksi. SF₆-kaasun määrä tarkastetaan sähkötilojen tarkastuksen yhteydessä silmämääräisesti mittarista. Kuuden vuoden välein sulakelaukaisumekanismin testauksen yhteydessä suoritetaan avaava huolto, jonka aikana koskettimet, liitokset ja ohjainmekanismi tarkastetaan. Lisäksi käyttömekanismin lukituksen sähköiset ja mekaaniset toiminnot testataan. Kuvassa 12 on Elettromeccanica Adriatican valmistaman varokekuormanerottimen ohjauspaneeli.



KUVA 12. Elettromeccanica Adriatica SD6/F -varokekuormanerotin muuntajalähtönä (Määttä, 2017.)

11.8 Kojeistokennojen huollot

Suurjännitetilojen perustarkastusten yhteydessä tarkastetaan silmämääräisesti kojeistokennojen kunto. Kennoissa ei saa olla likaa, lommoja, painaumia tai muita vaurioita. Kotelointiluokan toteutumiseksi ovien on oltava kiinni ja kennon rakenne muutenkin suljettu. Myös kennon ovien, lukkojen ja merkkilaitteiden kunto tarkastetaan. Kuvassa 13 on Tozzi Electrical Equipmentin valmistama keskijännitekojeisto, jossa tarkastettavia kennoja on yhteensä 9 kpl.



KUVA 13. Tozzi Electrical Equipment ilmaeristeinen keskijännitekojeisto (Määttä, 2017.)

11.9 Muuntajahuollot

KYS:llä on yhteensä 23 muuntajaa, joista 16 on kuivamuuntajia ja 7 öljymuuntajia, joista ollaan todennäköisesti tulevaisuudessa luopumassa. Kaikille muuntajille ja muuntajatiloihin tehdään muuntajan tyypistä riippumatta puolen vuoden välein säännölliset perustarkastukset, jotka koostuvat aistinvaraisista tarkastuksista. Muuntajan, muuntajatilin ja sen ympäristön yleinen siisteys tarkastetaan. Huomiota kiinnitetään likaisuuteen ja pölyisyyteen, joiden perusteella arvioidaan siivouksen tarve. Mahdollinen siivous tehdään kuitenkin vain muuntajan ollessa jännitteetön tai erikseen suunniteltuna jännitetyönä, jolloin muuntaja on mahdollista puhdistaa jännitetyöhön tarkoitetuilla työvälineillä ja menettelyillä. Muuntajatilin yleiseen siisteyskuuluu, että siellä ei ole sinne kuulumattomia tavaroita ja pääsy muuntajalle on esteetön.

Kaapeliläpivientien kunto ja tilin ja rakennuksen yleiskunto tarkastetaan. Varmistetaan, että muuntajatilin valaistus on riittävä ja kunnossa, tarvittaessa suunnitellaan valaistushuolto. Ilmanvaihdon toiminta tarkastetaan eli tarkastetaan tilin lämpötila, suodattimet tarkastetaan ja/tai vaihdetaan, ilmanvaihtokoneen toiminta testataan ja mahdolliset kondenssivedet poistetaan. Muuntajatilin pääsy asiattomilta on kielletty. Sen takia muuntajatilin ovien, saranoiden, lukkojen ja ovipumppujen kunto ja toiminta tarkastetaan. Tarkastetaan myös, että muuntajatilin tahattoman pääsyn estävät puomit tai suojavaikot ovat kunnossa. Muuntajan lämpötila tarkastetaan muuntajassa sijaitsevasta lämpömittarista tai lämpötilanmittausyksikön näytöltä (esimerkki kuvassa 14) ja saadut arvot kirjataan tarkastuslomakkeeseen. Lämpötilatiedot auttavat muuntajan kunnan ja kuormituksen tarkkailussa. Huolehditaan, että sähköturvallisuutta ylläpitävät hengenvaarasta varoittavat kyltit ovat muuntamon ovesa muuntamotilin nimen ja/tai merkinnän lisäksi. Tarkastetaan silmämääräisesti maadoitusten ja maadoitusliitäntöjen kunto eli etsitään maadoituksista hapettumia, vaurioita, löysiä liitoksia tai muita puutteita.

Muuntajien lämpötilojen tarkkailussa öljymuuntajien karkeana ylikuormitusarvona voidaan pitää noin 95 °C:n lämpötilaa. On kuitenkin huomioitava, että muuntajan käämityksen lämpötila verrattuna öljyn lämpötilaan on paljon korkeampi, koska öljyn ja käämityksen lämpenemisaikavakiot ovat erilaiset. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 151) KYS:n kuivamuuntajien maksimikäyttölämpötilat ovat kilpiarvoista luettuina 100 - 155 °C.



KUVA 14. Kuivamuuntajien lämpötilanvalvontayksikkö (Määttä, 2017.)

11.9.1 Öljytäytteisten muuntajien huollot

Öljytäytteisiä muuntajia KYS:llä on käytössä vanhalla 10 kV:n puolella. Muuntajat ovat Strömbergin valmistamia ja nimellisteholtaan 800 kVA tai 1 000 kVA. Öljytäytteisiä muuntajia pidetään kuivamuuntajia luotettavampina öljyn hyvien ominaisuuksien vuoksi, mutta toisaalta öljymuuntajat vaativat enemmän huoltoa. Öljymuuntajien perustarkastuksiin kuuluvat öljy- ja paisuntasäiliön tarkastukset sekä öljymäärän ja ilmankuivaimen tarkastus. Öljy- ja paisuntasäiliön yleinen kunto tarkastetaan aistinvaraisesti huomioiden maalin kunto, rakenteen poikkeamat, ruoste, hapettumat, kulumat, vuodot ja muut näkyvät vauriot. Tarkastetaan myös säiliön korkin kunto. Öljymäärä tarkastetaan silmämääräisesti säiliössä sijaitsevasta öljymittarista. Ilmankuivaimen ja sen sisältämän silikageelin kunto tarkastetaan. Käytettävästä silikageelistä riippuen se vaihtaa väriään toimintakyvyn heiketessä, mutta selvästi öljyinen tai likainen silikageeli on myös vaihtokunnossa. Öljymuuntajille olisi hyvä tehdä noin 10 vuoden välein öljyanalyysi. Vaikka KYS:n muuntajat ovat nimellistehoiltaan suhteellisen pieniä on öljyanalysistä saatava arvio muuntajan kunnosta varmasti hyödyksi. Öljyanalysien tekemiseen on myös saatavilla kannettavia analysaattoreita, joilla testauksia voi joissain määrin tehdä itse. Kuvassa 15 on Strömbergin valmistama paisuntasäiliöllä varustettu öljytäytteinen muuntaja.

Öljyanalysissa muuntajaöljystä otetaan näyte ja sen ominaisuudet arvioidaan laboratoriokeuin. Öljynäytteestä tutkitaan erilaisten kaasujen ja muiden yhdisteiden määriä ja tuloksia vertaillaan öljyn standardiarvoihin. Analyysin tuloksista saadaan tietoa muuntajan kunnosta, vioista, ylikuormituksesta ja ikääntymisestä. Analyysin tulosten perusteella voidaan suunnitella paremmin muuntajan kunnossapidon jatkotoimenpiteitä. (Eurolaite Oy, 2017)



KUVA 15. Strömberg öljymuuntaja vuodelta 1977 (Määttä, 2017.)

11.9.2 Kuivamuuntajien huollot

Kuivamuuntajien käyttöohjeissa on lueteltu muuntajille suoritettavia sähköisiä ja mekaanisia tarkastuskohteita, joiden suorittamisella varmistetaan asennusten oikeellisuudesta ja muuntajan kunnosta ennen muuntajan käyttöönottoa. Näitä samoja tarkastuskohteita suositellaan tehtäväksi määräajoin. Erityisiä määräaikoja tarkastuksille ei ole määritelty, joten käyttö ja ympäristö ratkaisevat niiden tarpeellisuuden ja tarkastustiheyden. Muuntajatilojen perustarkastusten lisäksi saatiin eri valmistajien ohjeista räätälöimällä kuivamuuntajille tehtäväksi seuraavia toimenpiteitä 5 vuoden välein: käämien välinen sekä käämien ja rungon välinen eristysresistanssinmittaus 3 kV tasajännitteellä. Ylä- ja alajänniteliitännöiden sekä säätöliuskojen kireyden tarkastus. Muuntajan lattiakiinnitysten tarkastus. Lämpötila-anturien ja muuntajan suojalaitteiden toiminta ja kunto. Jäähdytysien toiminta ja kunto. Hälytysten testaus. Kuvassa 16 on GBE:n valmistama kuivamuuntaja ja kuvan vasemmassa laidassa muuntajatilaa jäähdytyskoje. Muuntajalle pääsy on suojattu aidalla ja puomilla ja tilan yleisilme on siisti ja puhdas.



KUVA 16. GBE-kuivamuuntaja (Määttä, 2017.)

11.10 Maadoitusten tarkastus ja maadoitusmittaukset

Maadoitusten kuntoa tarkkaillaan silmämääräisesti perustarkastusten yhteydessä. Lisäksi ST-kortissa 96.03.02 esitetään terveydenhoidon rakennuksen maadoituselektrodeille maadoitusresistanssimittauksia tehtäväksi kuuden vuoden välein. Tätä suositusta soveltaen, KYS:n suotuisat olosuhteet, maadoitusten vähäinen rasitus ja maadoitusmittauksen hinta huomioiden tarkastusvälinä voitaisiin pitää kymmentä vuotta tai suorittaa se muiden maadoitusmittausten yhteydessä.

12 YHTEENVETO JA POHDINTA

Huolellisesti laadittu ja kattava kunnossapitosuunnitelma on perusedellytys suurissa ja julkisissa kohteissa. Sillä on erityisesti vaikutus laitteiston sähköturvallisuuteen, laitteiston kuntoon ja käyttöikään sekä toimintavarmuuteen. Kunnossapidon merkitystä ja tarpeellisuutta ei pitäisi vähätellä pienemmissäkään kohteissa. Nykyaikana kunnossapitoon, kunnossapidon hallintaan sekä suunnitteluun on saatavilla runsaasti työkaluja, ohjeita ja ohjelmia. Nämä työkalut mahdollistavat oikein ja aktiivisesti käytettynä tehokkaat kunnossapitotoimet.

Kunnossapito-ohjelman laatiminen vaatii aikaa ja erityistä perehtymistä kohdelaitteistoihin. Ohjelman laadinnassa tulee ehdottomasti täyttää lain vaatimat minimivaatimukset, mutta parhaan hyödyn kunnossapito-ohjelmasta saa käyttämällä apuna erilaisia saatavilla olevia suosituksia sekä valmistajien ohjeita. Yleensä juuri laitevalmistaja tietää parhaiten, kuinka yrityksen valmistamaa laitetta on parasta huoltaa. On otettava silti huomioon kohteen ja ympäristön vaikutukset sekä laitteiston käytötavat, kun pyritään parhaaseen ja kustannustehokkaimpaan lopputulokseen. Kunnossapitoa ei siis tulisi tehdä niin sanotusti liikaa eikä liian vähän, vaan löytää kohteelle paras ratkaisu. Täydellisen ohjelman laadinta on pelkän teoreettisen tiedon pohjalta hyvin hankalaa, vaan laitteiston käyttökokemukset ja ajansaatossa kertyvä historiatieto auttavat kunnossapidon kehittämisessä. Kunnossapidon suunnittelu ja muut kunnossapitotoimet vaativat jatkuvaa kehittämistä. Vasta laitteiston hyvän tuntemuksen ja kokemusten avulla saadaan räätälöityä kunnossapitotoimet mahdollisimman toimiviksi. Jotkin kunnossapito-ohjelman sisältämät ohjeistukset ja toimenpiteet voivat kuulostaa turhilta tai itsestäänselviltä, mutta tällaisten kohtien huomiotta jättäminen juuri onkin todennäköistä, jos niistä ei tarkkaan muistuteta esimerkiksi tarkastuslomakkeissa. Kunnossapitosuunnitelma on rakennettu siten, että se helpottaa huoltojen ajankohtien suunnittelussa, on apuna töiden kilpailuttamisessa, ohjeistaa työn tekijää sekä on rakenteeltaan helposti päivitettävissä. Suunnitelmaa laatiessa on otettu huomioon se, että tiedot olisi mahdollisimman helppoa siirtää osaksi sähköistä kunnossapitojärjestelmää.

Jatkotoimenpiteenä tälle työlle voisi olla laitteiden kriittisyyden ja varayhteyksien tarkempi tarkastelu, kuten sijaiskytkentöjen valmisteleva suunnittelu. Sijaiskytkentöjen suunnittelu vaatii aina tilanteen mukaista tarkastelua, koska variaatioita on useita. Lisäksi kunnossapito-ohjelmaa pitää jatkossa päivittää ja liittää se osaksi sähköistä kunnossapitojärjestelmää.

Työlle asetetut tavoitteet ja suunnitellut asiakokonaisuudet tulevat esille lopputuloksesta. Opinnäyte työ opetti uusia asioita suurjännitetekniikasta, keskijänniteverkon komponenteista ja piirrosmerkeistä, kunnossapitotoimista sekä projektinhallinnasta. Yhtenä merkittävimpänä haasteena oli erityisesti huoltojen jaksottaminen, joka asetti toteutukselle niin vaatimuksia kuin vapausiakin. Jaksottamisen haasteena olivat erityisesti sairaalaympäristön tiukat vaatimukset sähkön toimitusvarmuuden kannalta. Toinen haasteellinen asia työssä oli vanhempien laitteistojen huoltojen suunnittelu, sillä laitteiden tietojen tai käyttöohjeiden löytäminen oli hankalaa. Oikeuksiinsa tämä työ pääsee kunnossapidon suunnittelun helpottamisessa sekä investointien suunnittelussa. KYS:n laitekanta on paikoit-

tain varsin uutta, joten etenkin niiltä osin kunnossapito-ohjelma tarvitsee päivitystä käyttökokemusten myötä. Työstä uskon olevan hyötyä myös muille kunnossapitoa suunnitteleville tai keskijännitelaitteistojen perustietoa tarvitseville.

13 LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- Elovaara, J.;& Haarla, L. (2011). *Sähköverkot II; Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press / Otatieto.
- Eurolaite Oy. (2017). *Eurolaite.fi*. Haettu 13. huhtikuu 2017 osoitteesta Muuntajien öljyanalyysi: http://www.eurolaite.fi/fileadmin/user_upload/eurolaite/pdfs/Eurolaite/Muuntajien_o%CC%88ljyanalyysi_2017.pdf
- Granlund Oy. (2017a). *Granlund Manager*. Haettu 15. helmikuu 2017 osoitteesta Granlund Manager: <http://www.granlundmanager.com/granlund-manager/>
- Granlund Oy. (2017b). *Granlund Manager, ohjelmisto, huoltokirja*. Haettu 15. helmikuu 2017 osoitteesta Granlund Manager: <http://www.granlundmanager.fi/ohjelmisto/huoltokirja/>
- Hietalahti, L. (2011). *Muuntajat ja sähkökoneet* (1. painos p.). Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.
- Lakervi, E.;& Partanen, J. (2008). *Sähkönjakelutekniikka*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press / Otatieto.
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013a). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, hankkeet, puijon sairaalan rakennushankkeet*. Haettu 9. helmikuu 2017 osoitteesta Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri: <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/hankkeet/puijon-sairaan-rakennushankkeet>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013b). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, logot ja esittelymateriaalit*. Haettu 8. helmikuu 2017 osoitteesta KYS yleisesite: https://www.psshp.fi/documents/11427/39359/KYSesite_2013.pdf/b8842853-4f51-4328-bd5d-42d170147319
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013c). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, sairaanhoitopiiri, materiaalipankki*. Haettu 13. huhtikuu 2017 osoitteesta Kuvapankki: <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/materiaalipankki/kuvapankki>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013d). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, Servica*. Haettu 8. helmikuu 2017 osoitteesta Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri: <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/ulkoistetut-toiminnot/servica>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013e). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, toiminta ja tehtävät*. Haettu 26. tammikuu 2017 osoitteesta Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri: <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/toiminta-ja-tehtavat>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013f). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, toiminta ja tehtävät, historia*. Haettu 9. helmikuu 2017 osoitteesta Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri: <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/toiminta-ja-tehtavat/historia>
- PSK Standardisointiyhdistys ry. (5. kesäkuu 2008). PSK Standardisointi PSK 6800. *Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa*.
- PSK Standardisointiyhdistys ry. (15. elokuu 2011). PSK Standardisointi PSK 6201. *Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät, 3. painos*.
- Siemens Oy. (2004). Keski-jännitekojeisto, laajennettava SIMOSEC kojeisto 24 kV ja 1250 A saakka. *Keski-jännitekojeisto käyttöohje, kuvaus, kunnossapito(02)*.
- Siemens Oy. (9. lokakuu 2012). *Siemens*. Haettu 2. huhtikuu 2017 osoitteesta SF6-kaasu sähkökojeistossa: http://www.siemens.fi/pool/cc/events/keskijannitesuunnittelijat2012/03_sf6-kaasu_sahkokojeistoissa.pdf
- Suomen Standardisointiliitto. (22. marraskuu 2010). Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. *SFS-EN 50160*.

- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (11. lokakuu 2010). Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. *Standardi SFS-EN 13306*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2015). *Sähköturvallisuus SFS 6002* (3. painos p.). Helsinki.
- Sähköinfo Oy. (2015). *SFS 6002 käytännössä* (23. painos p.). (A. Metsikkö, Toim.) Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- Sähköinfo Oy. (huhtikuu 2017). Sähköalaan liittyvät säädökset ja määräykset. *Sähköturvallisuuslaki 1135/2016*. Sähköinfo Oy, Sähköalan tietokansio.
- Sähkötieto ry. (15. syyskuu 2002). Hoito- ja kunnossapito-ohjelman laadinta. *ST 96.02*. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Sähkötieto ry. (15. lokakuu 2003a). Kaapeliliitännäiset sähkökäyttäjän muuntamot. *ST 53.11*. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Sähkötieto ry. (15. huhtikuu 2003b). Sähkölaitteiston hoito ja kunnossapito. *ST 96.01*. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Sähkötieto ry. (15. huhtikuu 2005). Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys. *ST 53.61*. Sähköinfo Oy.
- Sähkötieto ry. (15. huhtikuu 2006). Hoidon ja kunnossapidon toimenpidejaksot. H2 sähkön pääjakelujärjestelmät. *ST 96.03.02*. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Sähkötieto ry. (15. syyskuu 2014). Sähkölaitteistojen lämpökuvaus. *ST 53.62*. Sähköinfo Oy.
- Tozzi Electrical Equipment. (ei pvm). *Ecosmart Mix asennus- ja huolto-opas*.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes. (12. joulukuu 2012). *Tukes*. Haettu 11. huhtikuu 2017 osoitteesta Ajankohtaista sähkölaitteistojen käytön johtajille:
<http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Sahkolaitteistot-ja--urakointi/Ajankohtaista-sahkolaitteistojen-kayton-johtajille1/>
- Woikoski Oy. (21. toukokuu 2013). *Woikoski*. Haettu 2. huhtikuu 2017 osoitteesta Käyttöturvallisuustiedote SF-6:
<http://www.woikoski.fi/sites/default/files/FI%20SF-6.pdf>

LIITE 1: KOJEISTOLISTAUS

LIITE 2: SUURJÄNNITETILAN TARKASTUSLOMAKE

LIITE 3: MUUNTAJATILAN TARKASTUSLOMAKE

LIITE 4: KATKAISIJAHUOLLOT

LIITE 5: EROTINHUOLLOT

LIITE 6: SUOJARELEKOESTUKSET

LIITE 7: HUOLTOLOMAKKEEN TÄYTTÖOHJE

LIITE 8: KRIITTISYYSTAULUKKO

LIITE 9: MUUNTAJAHUOLLOT

LIITE 10: MUUNTAJALISTAUS

LIITE 11: LÄMPÖKUVAUKSEN RAPORTTIPOHJA