

Olli-Ilari Hänninen

SELLUTEHTAAN
PIENJÄNNITEJÄRJESTELMIEN
ENNAKKOHUOLTO-OHJELMA

Opinnäytetyö
Sähkö – ja automaatiotekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2013




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

| | | | | | |
|---|---|--------------|------------|-------|--|
|  MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences | Opinnäytetyön päivämäärä 20.05.13 | | | | |
| Tekijä(t) Olli-Ilari Hänninen | Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkö – ja automaatiotekniikan koulutusohjelma | | | | |
| Nimeke Sellutehtaan pienjännitejärjestelmien ennakkohuolto-ohjelma | | | | | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella UPM-Kaukaan Lappeenrannan sellutehtaan pienjännitejärjestelmille ennakkohuolto-ohjelma, jolla voidaan osaltaan selkiyttää sellutehtaan pienjännitejärjestelmien ennakkohuoltotoimintaa. Työssä keskityttiin erityisesti sähköjakelun kannalta tärkeiden komponenttien ja erilaisten turvajärjestelmien sekä räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden ennakkohuoltojärjestelyihin.</p> <p>Ennakkohuoltosuunnitelmaesityksen laatiminen aloitettiin tutustumalla lainsäädäntöön, joka antaa vaatimukset pienjännitejärjestelmien ennakkohuoltotoiminnalle. Lainsäädännöstä selvitettiin pienjännitteisten sähköjakelujärjestelmien, -räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden, -turvavalaistusjärjestelmien ja lentoestevalojen kunnossapitomääräykset. Näiden lisäksi selvitettiin standardien antamia vaatimuksia ja suosituksia edellä mainittujen kohteiden ennakkohuoltotoiminnalle.</p> <p>Lainsäädännön ja standardien selvityksien jälkeen käytiin läpi sellutehtaalta löytyvien pienjännitesähköjakelun komponenttien tyyppitietoja, ikäjakaumaa, vikahistoriaa ja käyttöolosuhteita. Lisäksi selvitettiin tärkeimpien sähköjakelun komponenttien varaosatilannetta.</p> <p>Näiden asioiden pohjalta lähdettiin laatimaan lopullista ennakkohuoltosuunnitelmaesitystä. Lopulliseen ennakkohuoltosuunnitelmaesitykseen vaikuttivat eniten mm. viranomaismääräykset, standardit ja laitevalmistajien suositukset. Lisäksi lopullisen ennakkohuoltosuunnitelmaesityksen laadintaan vaikuttivat omalta osaltaan laitteiden käyttöolosuhteet ja kokemukset, laitteiden vikahistoria ja tehtaan omat käytännöt. Näiden lisäksi joidenkin tärkeimpien sähköjakelukomponenttien huoltosuunnittelussa täytyi huomioida myös tehtaan kunnossapitoseisokkien ajankohdat.</p> <p>Lopputuloksena laadittiin sellutehtaalle pienjännitejärjestelmien ennakkohuoltosuunnitelma, jolla voidaan tulevaisuudessa selkiyttää ennakkohuoltotoimintaa sellutehtaalla ja viranomaisen vaatimukset kunnossapito-ohjelman sisällöstä ja sähköturvallisuuden tason säilymisestä tulevat täytetyksi. Lisäksi nyt laaditulla kunnossapito-ohjelmalla voidaan myös parantaa pienjännitesähköjakelun toimitusvarmuutta sellutehtaalla ja turvata näin ollen tärkeiden prosessilaitteiden sähkönsaanti ja sitä kautta tehtaan tuotannon pysyminen mahdollisimman häiriöttömänä.</p> | | | | | |
| Asiasanat (avainsanat) Ennakkohuolto, sähkölaitteisto, pienjännitesähköjakelu, sellutehdas, kunnossapito | | | | | |
| Sivumäärä 94 | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Kieli</td> <td style="width: 33%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table> | Kieli | URN | Suomi | |
| Kieli | URN | | | | |
| Suomi | | | | | |
| Huomautus (huomautukset liitteistä) Liitteiden lukumäärä 17 | | | | | |
| Ohjaavan opettajan nimi Jorma Pekkanen | Opinnäytetyön toimeksiantaja UPM | | | | |

DESCRIPTION

| | | | |
|---|----------------------------|--|--|
|  <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p> | | Date of the bachelor's thesis 20.05.2013 | |
| Author(s) Olli-Ilari Hänninen | | Degree programme and option Electrical engineering | |
| Name of the bachelor's thesis Low voltage systems preventive maintenance program of pulp mill | | | |
| Abstract <p>The objective of this thesis was to create an low voltage systems preventive maintenance program for a pulp mill of UPM - Kaukas Lappeenranta. One of the objectives was to clarify the maintenance operations of the low voltage systems. Thesis focused particularly on the preventive maintenance operations of the low voltage - and protection systems and hazardous area electrical equipment.</p> <p>Preventive maintenance plan proposal was initiated by looking at legislation that gives requirements for the preventive maintenance operations of the low voltage systems. Low voltage power distribution systems, -electrical equipment in potentially explosive atmospheres, -emergency lighting and obstacle lighting maintenance prescriptions was searched from the legislation. In addition the requirements and recommendations for the maintenance operations of the above mentioned items were searched from the standards.</p> <p>After that the components of type information, components age data, failure history and conditions of use were searched from the pulp mill electrical system. In addition spare part situation in main components of low voltage distribution sytem were searched from the different sources.</p> <p>The final low voltage systems preventive maintenance plan proposal based on the above issues. Preventive maintenance proposal was most influenced by among other things the administrative regulations, standards and equipment manufacture's recommendations. In addition final low voltage systems preventive maintenance plan proposal was influenced by the equipment operation conditions and experiences, equipment failure history and the factory's own practises. Also for some main components of the low voltage distribution system had to be taken into account during plant maintenance shutdowns time.</p> <p>Low voltage systems preventive maintenance plan was made as a result of this thesis. In future this low voltage systems preventive maintenance plan could be a part of development and clarifying of pulp mill maintenance. Also administrative regulations of electrical safety and maintenance program can be filled. In future this maintenance plan could also improve reliability of low voltage distribution systems which can be secure electric supply of important machines in a pulp mill and thereby keep the factory production trouble-free.</p> | | | |
| Subject headings, (keywords) Preventive maintenance, electrical equipment, low voltage distribution systems, pulp mill, maintenance | | | |
| Pages 94 | Language Finnish | URN | |
| Remarks, notes on appendices 17 | | | |
| Tutor Jorma Pekkanen | | Bachelor's thesis assigned by UPM | |

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 1.1 | Työn taustaa..... | 1 |
| 1.2 | Työn tavoitteet | 2 |
| 1.3 | Työn rajausta..... | 2 |
| 1.4 | Työn toteutus..... | 3 |
| 2 | YRITYSESITTELY | 4 |
| 2.1 | UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan tehtaat..... | 4 |
| 2.2 | Kaukaan sellutehdas | 5 |
| 2.3 | Kaukaan paperitehdas | 6 |
| 3 | KUNNOSSAPIDON TEORIAA | 6 |
| 3.1 | Yleistä kunnossapidosta..... | 6 |
| 3.2 | Kunnossapitostrategia..... | 7 |
| 3.2.1 | Korjaava kunnossapito..... | 8 |
| 3.2.2 | Ennakoiva kunnossapito | 9 |
| 3.2.3 | Parantava kunnossapito..... | 9 |
| 3.3 | Sähköjärjestelmien kunnossapito..... | 10 |
| 3.4 | Kunnossapitotavan valinta..... | 12 |
| 4 | PIENJÄNNITESÄHKÖNJAKELUN ENNAKKOHUOLTO..... | 14 |
| 4.1 | Standardit, lait ja määräykset pienjännitesähköjaka- lussa..... | 14 |
| 4.1.1 | Säköturvallisuuslaki | 14 |
| 4.1.2 | Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteisto- jen käyttöönotosta ja käytöstä..... | 15 |
| 4.1.3 | Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteisto- jen turvallisuudesta | 18 |
| 4.1.4 | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto..... | 18 |
| 4.1.5 | Standardit | 18 |
| 4.1.6 | Sähkölaitteistojen huoltoa koskevat standardit..... | 19 |
| 4.2 | Turvavalaistusjärjestelmiä koskevat standardit, lait ja määräykset..... | 20 |
| 4.2.1 | Standardin määritelmät | 20 |
| 4.2.2 | Sisäasiainministeriön päätökset | 22 |
| 4.2.3 | TUKESIN ohjeet..... | 23 |
| 4.2.4 | Turvavalaistuksen huoltoa koskevat standardit | 24 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.3 | Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennukset..... | 24 |
| 4.3.1 | Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset räjähdysvaarallisten tilojen laitevaatimuksista | 24 |
| 4.3.2 | TUKESIN ohjeet räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteista..... | 26 |
| 4.3.3 | Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennusstandardit | 27 |
| 4.4 | Yhteenvedo määräyksistä | 29 |
| 4.4.1 | Pienjännitesähkönjakelujärjestelmien kunnossapitomääräykset | 29 |
| 4.4.2 | Turvavalaistusjärjestelmien kunnossapitomääräykset | 29 |
| 4.4.3 | Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkölaitteiden kunnossapitomääräykset..... | 30 |
| 5 | UPM – KAUKAAN SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ | 31 |
| 5.1 | Sähkönjakelujärjestelmän yleinen rakenne..... | 31 |
| 5.2 | Pienjännitesähkönjakelu Kaukaan sellutehtaalla | 32 |
| 5.3 | Pienjännitesähkönjakelujärjestelmien maadoitustavat | 32 |
| 5.4 | Kaukaan sellutehtaan pienjännitejärjestelmän rakenne | 34 |
| 5.4.1 | 690V ja 500V Pääkeskuskojeistot | 34 |
| 5.4.2 | 400V Pääkeskuskojeistot | 34 |
| 5.4.3 | Katkaisijat | 35 |
| 5.4.4 | Eroittimet | 40 |
| 5.4.5 | Kontaktori- ja kytkinvarokelähdöt..... | 42 |
| 5.4.6 | Taajuusmuuttajakäytöt..... | 43 |
| 5.4.7 | Kompensointi..... | 44 |
| 5.4.8 | Yliaaltojen suodatus..... | 47 |
| 5.4.9 | Suojareleet..... | 49 |
| 5.4.10 | Valokaarisuojaus..... | 54 |
| 5.5 | Yhteenvedo Kaukaan sellutehtaan pienjännitejärjestelmien pääkomponenteista..... | 57 |
| 6 | KAUKAAN SELLUTEHTAAN PIENJÄNNITEJÄRJESTELMIEN ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMAESITYS | 61 |
| 6.1 | Kaukaan sellutehtaan pienjännitejärjestelmien ennakkohuoltotöiden nykytilanne..... | 61 |
| 6.2 | ATEX-tilojen sähkölaitteiden kunnossapitotarkastukset..... | 63 |
| 6.2.1 | ATEX-tilat Kaukaan sellutehtaalla | 63 |
| 6.2.2 | ATEX-tilojen sähkölaitetarkastusten huoltoalueet..... | 63 |
| 6.2.3 | Tarkastushuolto..... | 65 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6.2.4 | Huoltojen aikataulutus | 66 |
| 6.3 | Pienjännitekatkaisijahuollot..... | 66 |
| 6.3.1 | Katkaisijoiden ennakkohuoltoalueet..... | 67 |
| 6.3.2 | Katkaisijan huolto | 68 |
| 6.3.3 | Katkaisijahuoltojen aikataulutus..... | 69 |
| 6.4 | Pienjännitekompensointien huolto..... | 69 |
| 6.4.1 | Kompensointien ennakkohuoltoalueet..... | 69 |
| 6.4.2 | Kompensoinnin huolto..... | 70 |
| 6.4.3 | Kompensointihuoltojen aikataulutus | 71 |
| 6.5 | Sähkötilojen- ja pääkeskusten tarkastushuollot..... | 71 |
| 6.5.1 | Sähkötilojen- ja pääkeskusten ennakkohuoltoalueet | 72 |
| 6.5.2 | Sähkötilan- ja pääkeskuksen tarkastushuollon sisällöt | 73 |
| 6.5.3 | Aikataulutus | 75 |
| 6.6 | Suojareleiden huolto | 75 |
| 6.6.1 | Suojareleiden ennakkohuoltoalueet | 76 |
| 6.6.2 | Koestus ja huolto..... | 77 |
| 6.6.3 | Maasulun valvontareleet | 78 |
| 6.6.4 | Valokaarisuojareleet | 79 |
| 6.6.5 | Aikataulutus | 80 |
| 6.7 | Turva- ja poistumistievalaistusjärjestelmän huolto | 80 |
| 6.7.1 | Huollon sisältö | 81 |
| 6.8 | Muut huoltokohteet..... | 82 |
| 6.8.1 | Taajuusmuuttajien huolto..... | 82 |
| 6.8.2 | Sähkösaattolämmityskeskusten tarkastushuolto..... | 83 |
| 6.8.3 | Vikavirtasuojien koestus | 83 |
| 6.8.4 | Erottimien huolto | 84 |
| 6.8.5 | Lämpökuvaus..... | 84 |
| 6.8.6 | Sähkönjakelun määräaikaistarkastus | 84 |
| 6.8.7 | Maadoitusjärjestelmän tarkastusmittaus | 85 |
| 6.8.8 | Keskusten alamuuntajien kunnan tarkastus | 85 |
| 6.8.9 | Keskusten hätä-seis laukaisupiirien koestus | 85 |
| 6.8.10 | Palokatkojen tarkastus | 85 |
| 6.9 | Lentoestevalot..... | 85 |
| 6.9.1 | Lainsäädäntö | 86 |
| 6.9.2 | Huolto | 87 |

| | | |
|---|------------------|----|
| 7 | YHTEENVETO | 88 |
| | LÄHTEET | 93 |

LIITE/LIITTEET

LIITE 1. IT-sähköverkko

LIITE 2. Räjähdyksvaarallisten tilojen kunnossapitotarkastukset

LIITE 3. ATEX-tilojen sähkölaitteiden kunnossapitotarkastusten aikataulutussuunnitelma

LIITE 4. Pienjännitekatkaisijahuollot

LIITE 5. Katkaisijahuoltojen aikataulutussuunnitelma (Kuivauskone 4)

LIITE 6. Kompensointihuoltojen aikataulutussuunnitelma (Kuivauskone 1 ja 4)

LIITE 7. Sähkötilojen vuositarkastusten ennakkohuoltosuunnitelma

LIITE 8. Keskusten suoja-alueiden huoltokirja

LIITE 9. Suoja-aluehuoltojen aikataulutussuunnitelma (Kuivauskone 4)

LIITE 10. Maasulun valvontarelehuoltojen aikataulutussuunnitelma (Kauvo)

LIITE 11. Valokaarisuojien huoltojen aikataulutussuunnitelma (Havulinja)

LIITE 12. Poistumistievalaistuksen kunnossapito-ohjelma

LIITE 13. Sähkösaattolämmityksen huoltokirja (Havulinja)

LIITE 14. Vikavirtasuojien tarkastuslista

LIITE 15. Erottimien huoltokirja

LIITE 16. Lentoestevalojärjestelmän kunnossapito-ohjelma

LIITE 17. Sähkökeskusten huoltokirja

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Pienjännitelaitteisto muodostaa ison osan teollisuuslaitoksen kokonaisuudesta. Suurin osa tehtaan toiminnan kannalta tärkeiden laitteiden sähköstä siirretään pienjännitelaitteiston kautta. Lisäksi pienjännitelaitteiston kautta sähkönsä saavat turvallisuuden kannalta tärkeät laitteet mm. mittaus- ja hälytysjärjestelmät, valaistus, tietotekniikka ja muut suojalaitteet. Jopa yhden pienjännitelaitteiston komponentin vikaantuminen voi aiheuttaa suuret vahingot tehtaan tuotannolle. Lisäksi jonkin komponentin vikaantuminen voi aiheuttaa myös vaaratilanteen henkilökunnalle tai siitä voi tulla vaurioita tehtaan omaisuudelle.

Sähköturvallisuuslaissa on määritelty pienjännitelaitteiston huollolle ja kunnossapidolle asetettuja vaatimuksia. Säädöksillään Työ- ja elinkeinoministeriö (entinen Kauppa- ja teollisuusministeriö) määrittelee millaiselta sähkönjakelulaitteistolta vaaditaan huolto-ohjelma ja miten huolto-ohjelman noudattamista valvotaan.

Tutkittavan pienjännitejärjestelmän ennakkohuoltosuunnitelmat ovat tähän asti olleet puutteellisia. Joidenkin järjestelmän osien huoltosuunnitelmat ovat olleet kyseisen alueen automaatiotyönjohtajan omissa taulukoissa. Joitakin töitä on myös raportoitu kunnossapitojärjestelmään. Tehtaalla on siirrytty muutamia vuosia sitten uuden kunnossapitojärjestelmän käyttöön ja huoltosuunnitelmat on siirretty uuteen järjestelmään suoraan vanhasta. Näin ollen huoltotöiden kuvaukset ovat jääneet puutteellisiksi.

Tulevaisuudessa pienjännitejärjestelmien huoltosuunnitelmien olisi tarkoitus olla kunnossapitojärjestelmässä ja huolto-ohjeiden sekä erilaisten pöytäkirjojen tulisi löytyä myös sieltä. Lisäksi huoltotyöt tulisi eritellä nykyistä tarkemmin. Myös huoltotöiden tehdyksi kuittaaminen pitäisi saada raportoitua kunnossapitojärjestelmään kyseisen huoltotyön kohdalle.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on laatia pienjännitejärjestelmälle selkeä huolto-ohjelma, joka tyydyttää viranomaista ja helpottaa huoltotyön suorittajan omaa työtä. Lisäksi tavoitteena on, että huolto-ohjelma lisää sähkölaitteiston luotettavuutta ja ennen kaikkea turvallisuutta. Työn lopputuloksena laaditaan huolto-ohjelma tutkittavalle pienjännitejärjestelmälle.

Laadittua huoltosuunnitelma-esitystä on tarkoitus käyttää pohjatietona kun tehtaan henkilöstö päivittää kunnossapitojärjestelmän huoltosuunnitelmia.

Lisäksi tarkoituksena on selvittää pienjännitejärjestelmän tehtaan tuotannon kannalta tärkeiden komponenttien varaosatilannetta. Ennen kaikkea kuitenkin painotetaan sähkölaitteiston turvallisen käytön mahdollistavien komponenttien luotettavuutta ja varaosatilannetta.

1.3 Työn rajaus

Työn laajuudessa ovat mukana seuraavat pienjännitejärjestelmän komponentit,

- **Pienjännitekeskuskojeistot**
- **Katkaisijat**
- **Eroittimet**
- **Suojareleet**
- **Kontaktori ja kytkinvarokelähdöt**
- **Taajuusmuuttajat**
- **Välimuuntajat**
- **Vikavirtasuojat**
- **Kompensoinnit**
- **Yliaallonsuodatuslaitteet**

- **Poistumistie- ja turvavalaistusjärjestelmät**
- **Lämmitysjärjestelmät**
- **ATEX-tilojen sähkölaitteet**
- **Lentoestevalot**

Tutkittavan pienjännitejärjestelmän rajauksiksi muodostuvat pienjännitekeskusten vaiheliitokset jakelumuuntajalta tulevaan kiskosiltaan keskuksen päässä. Toinen raja muodostuu pienjännitekeskuksesta kulutuskohteelle lähtevän kaapelin keskuksessa oleviin vaiheliitoksiin. Poikkeuksena on tilanne, jossa pienjännitekeskukselta lähtee syöttökaapeli ns. välimuuntajalle, joka syöttää esim. valaistuskeskusta. Tällöin mukaan tulee valaistuskeskukselta kulutuskohteelle lähtevän kaapelin keskuksen puoleisen pään vaiheliitokset.

Poistumistie- ja turvavalaistusjärjestelmä on huoltosuunnitelmassa mukana kokonaisuudessaan. Yleisillä alueilla keskitytään sähkönjakelun kannalta olennaisiin komponentteihin eli suojalaitteisiin, kuten vikavirtasuojakytkimiin. Lisäksi saattolämmityskeskustoja tutkitaan niiden sähkönjakelun kannalta

Työstä on jätetty pois teollisuusprosessin puolella olevat sähkölaitteet. Pois jäävät myös automaatiojärjestelmän mittauskomponentit ja toimilaitteet. Lisäksi hälytysjärjestelmät, varavoimakoneet, hissit ja UPS-laitteet jätetään työn ulkopuolelle.

Työssä ei myöskään keskitytä tarkemmin komponenttien kriittisyysluokitteluihin. Lähiinnä joidenkin prosessia syöttävien keskusten kohdalla komponenttien varaosatilannetta ja näin ollen komponenttien kriittisyyttä tarkastellaan suuremmassa laajuudessa ja huolto-ohjelmaa sovelletaan erityisesti näihin komponentteihin. Myös varaosatilannetta selvitetään ainoastaan tärkeissä keskuskomponenteissa.

1.4 Työn toteutus

Työ aloitettiin tutkimalla sähköturvallisuuslakia ja Työ- ja elinkeinoministeriön antamia määräyksiä sähkölaitteistosta ja niiden kunnossapidosta. Lisäksi selvitettiin Turvatekniikan keskuksen antamia ohjeita liittyen sähkölaitteiston huoltoon ja tarkastuksiin. Myös SFS 6000–pienjänniteasennukset -standardisarjasta tutkittiin vaatimukset pienjännitesähkösäennuksien kunnossapitotarkastuksille. Näiden viranomaisten anta-

mien määräysten, vaatimusten ja suositusten perusteella voitiin saada pohjatiedot laadittavalle pienjännitesähköjakelun huolto-ohjelmalle.

Viranomaisten antamien määräysten tutkimisen jälkeen perehdyttiin tehtaan pienjännitesähköjakelun ennakkohuoltojen nykytilanteeseen. Ennakkohuoltojen nykytilannetta tehtaalla selvitettiin SAP-kunnossapitojärjestelmästä löytyvillä tiedoilla. Lisäksi tutkittiin pienjännitesähköjakelun dokumentteja ja kierreltiin sähkötiloissa täydentämässä tietoja. Samassa yhteydessä etsittiin tehtaalla oleville komponenteille sopivia ennakkohuoltotoimenpiteitä eri lähteistä.

Tehtaan pienjännitesähköjakelujärjestelmä kartoitettiin yleisesti selvittämällä jakelujärjestelmien rakennetta. Lisäksi kartoitettiin turva- ja varavalaistusjärjestelmiä sekä tehtaalta löytyviä ATEX-tiloja.

Tämän jälkeen tutkittiin kunnossapitojärjestelmästä löytyviä vikahistoriakirjauksia kymmenen vuoden ajalta. Vikahistoriasta oli tarkoitus löytää joitain useammin toistuvia vikakirjauksia. Vikahistoriasta löytyneitä kirjauksia voitaisiin näin ollen käyttää apuna ennakkohuoltosuunnitelma-esitystä laadittaessa.

Viimeisenä työvaiheena oli ennakkohuoltosuunnitelmaesityksen laatiminen tutkittavalle pienjännitesähköjakelujärjestelmälle. Lopulliseen ennakkohuoltosuunnitelmaesitykseen vaikuttivat paljon sähköturvallisuusviranomaisten määräykset ja ohjeet sekä suositukset, eri lähteistä etsityt tiedot, käyttökokemukset, olemassa olevat huoltosuunnitelmat ja tehtaan omat käytännöt. Ensisijaisesti huoltosuunnitelmaesityksen laadinnassa huomioitiin sähköturvallisuuden ja muun turvallisuuden täyttyminen ja tämän jälkeen kiinnitettiin huomiota tehtaan prosessin toiminnan kannalta tärkeisiin sähkölaitteistoihin.

2 YRITYSESITTELY

2.1 UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan tehtaat

Toiminta nykyisellä Kaukaan tehdasalueella Lappeenrannassa alkoi vuonna 1892, kun Mäntsälän Kaukaankosken rannalle vuonna 1873 perustetun rullatehtaan tuotantoa

laajennettiin. Uusi tehdas rakennettiin Parkkarilan tilan alueelle Saimaan rannalle, missä teollisuuslaitos nykyisinkin sijaitsee. Syy uuden tehtaan perustamiselle Saimaan rannalle oli raaka-aineen saannin turvaaminen: lankarullat valmistettiin koivusta ja entiset kaskimaat tuottivat koivua runsaasti. Puisia lankarullia valmistettiin Kaukaalla vuoteen 1972 saakka. (UPM 2012,s.5.)

Nykyisin Kaukaan tehdasalueella valmistetaan paperia, sellua, sahatavaraa ja sahatarajalosteita. Alueen laitokset muodostavat tehokkaan integraatin, jossa sekä puuraaka-aine että tuotettu energia käytetään tehokkaasti ja monipuolisesti hyväksi. Alueella sijaitsee myös UPM:n tutkimuslaitos. Vuonna 2014 Kaukaan tehdasalueelle rakennetaan uusi biojalostamo. (UPM 2012,s.5.)

Tehdasalueen koko on noin 300 ha, kun mukaan lasketaan myös vesivarastoalueet. Alueen tuotantolaitokset käyttävät puuta vuosittain yli 5 miljoonaa m³. Alueella työkentelee UPM:n eri yksiköiden palveluksessa noin 1200 henkilöä. (UPM 2012,s.5.)

Pohjolan Voiman, UPM:n ja Lappeenrannan Energian yhteinen Kaukaan Voiman biovoimalaitos on käynnistynyt syksyllä 2009. Se tuottaa prosessihöyryä ja sähköä Kaukaan integraatille sekä kaukolämpöä ja sähköä Lappeenrannan Energialle. Polttoaineena (n. 1 milj.m³) ovat kuori, metsäenergia sekä turve. (UPM 2012,s.5.)

UPM-Kymmene Oyj:n paikallisyksikkö Kaukas käsittää paperitehtaan, sellutehtaan ja tehdaspalvelun, joiden palveluksessa on n.700 henkilöä. Integraatilla on yhteinen energian tuotanto ja puunhankinta. (UPM 2012,s.6.)

2.2 Kaukaan sellutehdas

Sellunvalmistus Kaukaalla alkoi vuonna 1897. Nykyisen, vuoden 1996 joulukuussa käynnistyneen sellutehtaan tuotantokapasiteetti on 720 000 tonnia sulfaattisellua. Tehdas on kaksilinjainen: toinen linjoista valmistaa koivusellua ja toinen korkeataisoista armeerausmassaa havukuitupuusta ja sahakkeesta. (UPM 2012,s.6.)

Lähes koko tehtaan sellutuotanto toimitetaan UPM:n Suomessa ja muissa Euroopan maissa toimiville paperitehtaille. Tehtaan suurin asiakas on viereinen paperitehdas, jonne sellu toimitetaan kuivaamattomana pumppumassana. (UPM 2012,s.6.)

2.3 Kaukaan paperitehdas

Kaukaan paperitehdas valmistaa päällystettyjä hiokepitoisia aikakauslehtipaperilajeja: kertapäällystettyä LWC-paperia sekä korkeavaaleuksisia ja kaksoispäällystettyjä MWC-lajeja. Tuotteiden pääraaka-aineet ovat kuusihioke, havusellu ja päällystyspasta. Päällystyspastoissa käytetään pääasiallisesti raaka-aineina erilaisia luonnonmateriaaleja, kuten kaoliinia, talkkia ja kalsiumkarbonaattia. (UPM 2012,s.7.)

Paperitehtaan asiakkaita ovat eri puolilla maailmaa toimivat kustantajat ja painotalot, jotka käyttävät Kaukaan paperia aikakauslehdissä, postimyyntiluetteloissa ja mainospainotuotteissa. Päämarkkina-alue on läntinen Eurooppa, mutta uskollisia, pitkäaikaisia asiakkaita Kaukaalla on myös Japanissa, USA:ssa, Brasiliassa ja Argentiinassa. Tehtaan kokonaismyynnistä noin 10 % menee kotimaisille asiakkaille. (UPM 2012,s.7.)

Tehtaan ensimmäinen linja otettiin käyttöön vuonna 1975, toinen linja vuonna 1981. Vuonna 1989 valmistui viimeisin laajennus, jolloin käynnistyi tehtaan kolmas päällystyskone. Nykyisin tehtaalla on hiomo, kaksi paperikonetta, kolme päällystyskonetta, viisi superkalanteria, välrullaimia, pituusleikkureita ja automatisoitu pakkauslinja. Tehtaan vuosikapasiteetti on 580000 tonnia. (UPM 2012,s.7.)

3 KUNNOSSAPIDON TEORIAA

3.1 Yleistä kunnossapidosta

Suomen standardisoimisliitto on määritellyt kunnossapidon tarkoittavan seuraavaa:

”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon” (SFS-EN 13306 2010,s.8).

Kunnossapidon keskeisin tavoite on pitää tehtaan pyörät pyörimässä. Tänä päivänä kunnossapidolta vaaditaan yhä enemmän, joten pelkästään se, että pidetään tehtaan pyörät pyörimässä, ei riitä vaan ne pyörät täytyy pitää pyörimässä mahdollisimman

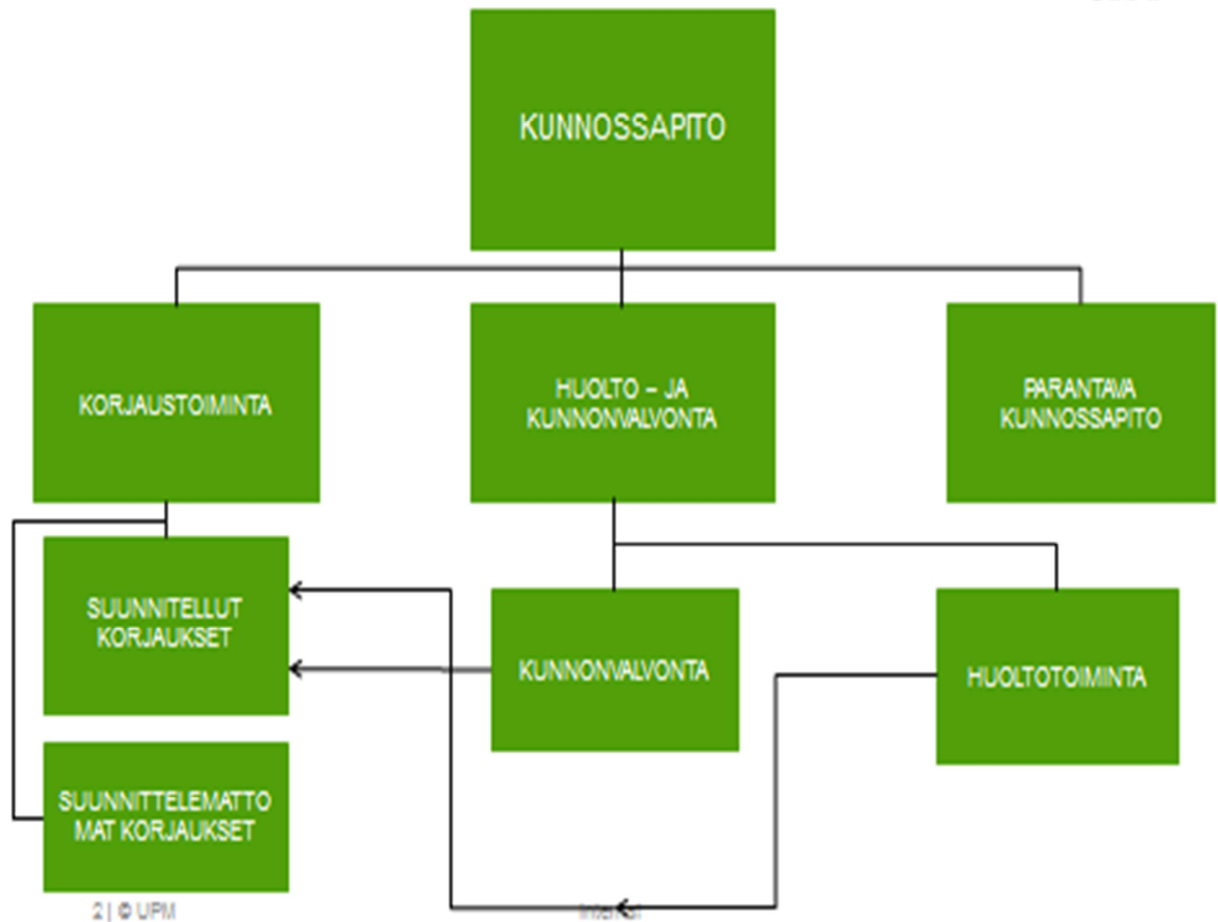
pitkään, taloudellisesti, luotettavasti, tehokkaasti jne. Tuotannon kannalta tärkeimpien laitteiden kunnossapitoon satsataan eniten resursseja. Riittävän hyvän ja taloudellisen kunnonvalvonnan avulla voidaan monien tärkeidenkin laitteiden viat pystyä havaitsemaan hyvissä ajoin ennen mahdollista laitteen vikaantumista. Toisaalta keskittyminen pelkästään tuotannon kannalta tärkeiden laitteiden kunnonvalvontaan ja kunnossapitoon ei aina riitä vaan myös viranomaisen säätelee yritykselle lakien kautta tarvittavat kunnossapitotoimet, jotta jokin laite voidaan pitää ihmisille ja ympäristölle turvallisena. Näin ollen laitteen turvallisena pitäminen on kunnossapidossa se tärkein asia ja lähtökohta.

Nykyaikaisessa tuotannossa on käytettävyys eli prosessien jatkuva toiminta tullut entistä tärkeämmäksi ja keskeisemmäksi asiaksi. Laitteiden vikaantumisista aiheutuva korjaava kunnossapito aiheuttaa aina suurimmat menetykset ja kustannukset, joten uusia kehittyneempiä menetelmiä on etsittävä ja niitä kehitettävä. Uusia ratkaisuja ollaan nykyään toteuttamassa kokonaisvaltaisen -laadukkaan, ympäristömyönteisen ja jatkuvaan parantamiseen panostavan -kunnossapidon avulla, jossa oikeilla toimenpiteillä voidaan tehokkaasti vaikuttaa kaikkiin tuotannon osa-alueisiin, eikä siis ainoastaan kunnossapitokustannuksiin. (ABB 2000,23.1 s.1.)

3.2 Kunnossapitostrategia

Kunnossapidon strategiaksi voidaan sanoa niitä toimintoja ja keinoja, joilla asetetut tavoitteet pyritään saavuttamaan mahdollisimman hyvin yrityksen yleisen toimintastrategian puitteissa. Kun tavoitteet saavutetaan minimaalisin kunnossapidon kustannuksin, puhutaan optimaalisesta kunnossapidon strategiasta. (Etto 1998,s.4.)

Tehokas kunnossapitotoiminta ei tarkoita mahdollisimman pieniä kunnossapidon kustannuksia. Tärkeintä on kunnossapidon vaikutus tuotantoprosessiin ja -tuloksiin. Parantuneen kunnossapidon tehokkuuden ansiosta tuotantokatkoksien lukumäärä vähenee ja niiden kesto aika lyhenee. Tuloksena on käytettävissä olevan tuotantokapasiteetin parantunut hyödyntäminen (Etto 1998,s.4.). Kuvassa 1 on esitetty kunnossapidon kokonaisstrategia.



Kuva 1. Kunnossapidon kokonaisstrategia (Etto 1998, s.4)

3.2.1 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on yksinkertaisimmillaan sitä, että laite huolletaan vaurion jo synnyttyä. Yleensä vaurioituminen aiheuttaa prosessiin katkoksen. Yllättävästä käyttökatkoksesta aiheutuvat tuotannonmenetykset ovatkin tavallisesti huomattavasti suuremmat kuin itse korjauksen kustannukset. Aikaisemmin tärkeimmille laitteille rakennettiin varalaitte nopeuttamaan vauriotilanteista selviämistä. Varalaitteet aiheuttavat kuitenkin kustannuksia ja usein varalaitetta on mahdotonta järjestää. Esimerkiksi paperiteollisuudessa on mahdotonta rakentaa varalle esimerkiksi yhtä kuivausrayhmää. (ABB 2000,23.3 s.3.)

3.2.2 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivan kunnossapidon tarkoituksena on ehkäisevillä toimenpiteillä estää yllättävät vauriot ja siten myös yllättävät käyttökatkokset. Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluvat ehkäisevä kunnossapito eli säännöllinen huoltotoiminta sekä mittaava kunnossapito. (ABB 2000,23.3 s.3.)

Ennakoivalla toiminnalla on myös tärkeä turvallisuutta lisäävä vaikutus. Viime aikoina ennakoivan kunnossapidon luonne on muuttunut yhä enemmän määräaikaishuolloista oikea-aikaisiin huoltoihin, joiden ajankohta ja sisältö määritellään suurelta osin kunnonvalvonnan mittausten ja erilaisten tarkastusten avulla. Mittaavan kunnossapidon osa-alueita ovat kunnonvalvonta, joka on jatkuvaa säännöllistä toimintaa sekä muu mittauksin tehtävä tarkastustoiminta. Mittaavassa kunnossapidossa havaitut ongelmat johtavat usein myös parantaviin toimenpiteisiin. (ABB 2000,23.3 s.3.)

Kunnonvalvonta on yleisnimitys kaikille tekniikoille, joita on kehitetty koneen kunnon määrittelyyn sen käynnin aikana. Kunnonvalvonta perustuu muutosten seuraamiseen mittaussuureissa eli kyseessä on jatkuva toiminta. Esimerkiksi lämpötilan kasvu tai värinän lisääntyminen on yleensä merkinä koneen kunnon huononemisesta. Kunnonvalvonta sisältää tämän muutoksen havaitsemisen, sen diagnostisoinnin, eli syyn tarkemman selvittämisen sekä lisäksi arvion siitä, kuinka vakava vaurio on eli jäljellä olevan käyttöiän ennustamisen. (ABB 2000,23.3 s.3.)

3.2.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito tarkoittaa laitteiden suorituskykyä, käytettävyyttä, luotettavuutta ja turvallisuutta lisäävää toimintaa, jonka avulla voidaan poistaa esimerkiksi suunnitteluvirheistä johtuvat ongelmatapaukset tai vaurioiden perussyöt ja siten vähentää kunnossapidon tarvetta. Usein myös laitteiden modernisoinnit ja uusinnat voidaan lukea kuuluvan parantavan kunnossapidon piiriin, mikäli niiden toteuttamisen taustalla on kunnossapidollinen ongelma tai suoranaisesti laitteen käytettävyyttä ja luotettavuutta lisäävä muutostyö, jolla voidaan välttää uushankinta. (ABB 2000,23.3 s.3.)

Parantavan kunnossapidon perustana on esimerkiksi ongelman juurisyysanalyysi (Root Cause Analysis tai Root Cause Failure Analysis), jonka avulla ongelman perussyypyritään ensin tarkentamaan ja tämän jälkeen löytämään ratkaisu perussyyn poistamiseen. Juurisyysanalyysiin voidaan käyttää erilaisia tietolähteitä aina laitteen vikahistoriasta erilaisiin mittaustietoihin, ja se on monesti vaativa ja aikaa vievä prosessi. Onnistuneen juurisyysanalyysin tuloksena on ratkaisu, jolla sekä korjataan vian aiheuttamat seuraukset että estetään vian toistuminen tulevaisuudessa kokonaan tai ehkäistään sen aiheuttamat seuraamukset minimiin esimerkiksi käyttämällä vahvempia osia, eri materiaalia tai voiteluainetta, jne. (ABB 2000,23.3 s.3.)

3.3 Sähköjärjestelmien kunnossapito

Sähkön saatavuus ja toimitusvarmuus, sähköturvallisuus, sähkön tuotannon, siirron, jakelun ja käytön taloudellisuus sekä ympäristön säilyminen puhtaana asettavat vaatimuksia sähkölaitteiden kunnossapidolle ja kunnonhallinnalle. (Aro ym. 2003,s.173.)

Sähkölaitteiden niin kuin muiden laitteiden kunnonhallinnan ja kunnossapidon strategiat ovat kehittyneet ja muuttuneet erityisesti viime vuosikymmeninä. Sähkön käytön alkuaikoina ja vielä paljon myöhemminkin ainoana strategiana oli käyttö vioittumiseen, ts. viat korjattiin niiden ilmetessä. Tämä strategia on edelleenkin käyttökelpoinen, kun viat ovat merkitykseltään pieniä. Järjestelmien ja tärkeiden laitteiden kunnonhallinnassa tämä ei kuitenkaan ole tehokasta eikä taloudellista. Tarvittavat huolto- toimet olisi pystyttävä ennakoimaan ja syntymässä olevat viat ehkäisemään. (Aro ym. 2003,s.173.)

Sähkölaitteen eristys ei pysy käytön aikana muuttumattomana, sillä erilaiset mekaaniset, termiset, kemialliset ja sähköiset rasitukset vaikuttavat eristyksen kuntoon. Muuttuminen voi olla joko vähittäistä tai nopeasti etenevää materiaalin vaurioitumista jonkin erityisen rasituksen vaikutuksesta. Sähkölaitteen odotettavissa oleva elinikä riippuu useista eri tekijöistä. Elinikä riippuu itse laitteesta ja sen rakenteesta, siihen käytetyistä materiaaleista ja niiden kestävydestä, mitoituksista sekä valmistus- ja testausmenetelmistä. Myös laitteen käyttötapa, laitteeseen kohdistuvat rasitukset sekä laitteelle tehdyt huoltotoimenpiteet vaikuttavat elinikään. Kaikkein kriittisimmin sähkö-

laitteen elinikään vaikuttavat laitteen käyttö- ja ympäristöolosuhteet sekä rasitukset. (Aro ym. 2003,s.173.)

Sähkölaitteiden kunnossapidossa seurataan usein eri menetelmien avulla laitteen eristyksen kuntoa. Eristyksen kunnan mittauksen ja sen pohjalta tehdyn analyysin avulla saadaan hyvin monissa sähkölaitteissa tieto laitteen eliniästä ja sen arvioidusta vikaantumisajasta. Tällaista menetelmää kutsutaan kunnanvalvonnaksi, joka voi olla joko käytönaikaista (on-line) tai käytön keskeyttävää (off-line) valvontaa. Käytönaikainen valvonta voi olla jatkuvaa tai jaksottaista. Valvontaa voidaan tehdä joko aistihavainnoin tai mittauksin. Ammattitaitoisen henkilöstön aistihavainnot ovat usein hyödyllisiä ja tehokkaita. Sopivilla antureilla tapahtuva jatkuvatoiminen diagnostinen mittaus voidaan liittää verkostoautomaatioon ja saada normaalitilasta poikkeavista mittaustuloksista ilmoitus valvomoon. (Aro ym. 2003,s.174.)

Kunnanvalvonnan taloudellisuutta voidaan arvioida vertaamalla laitteen käyttökustannuksia ilman kunnanvalvontaa ja sen kanssa. Huolto- ja korjauskustannusten lisäksi on otettava huomioon mahdollisen vikaantumisen aiheuttamat haitat ja niiden kustannukset. Kunnanvalvonnan kustannuksia ovat asennus- ja ylläpitokustannusten lisäksi kunnanvalvontajärjestelmän vikaantumisesta johtuvat kustannukset. Kunnanvalvonnan tuotot näkyvät laitteen vikataajuuden pienentymisenä sekä huollon ja tarkastusten tarpeen vähenemisenä. (Aro ym. 2003,s.174.)

Tekniikan kehittyessä uusia diagnostisia menetelmiä ja laitteita tulee markkinoille jatkuvasti. Teknisesti on mahdollista mitata hyvin monia suureita. Olennaista on tietää, mitkä menetelmät antavat laitteen ja sen eristyksen kunnosta käyttökelpoista tietoa taloudellisesti. Vikaantumisprosessin tunteminen auttaa arvioimaan vian kehittymisnopeutta. Jos vikaantuminen on hyvin nopea tapahtuma, ei siihen ehditä reagoida vaikka kuntoa valvottaisiinkin. (Aro ym. 2003,s.174.)

Laitteille tapahtuvien vaurioiden seurannalla ja tutkimustyöllä voidaan selvittää eri laitteiden ominaisuuksien muuttumista ja tyypillisiä vikaantumismekanismia käytön aikana. Vertaamalla käytössä olevalle eristykselle tehtyjen mittausten tuloksia laitteen käyttöönoton yhteydessä tehtyjen mittausten tuloksiin, laitevalmistajien antamiin normaalitilan arvoihin tai tutkimuksissa ja kokemuksen kautta saatuihin tuloksiin, voidaan tehdä johtopäätöksiä eristyksen kunnosta sekä mahdollisesta huollon tai tar-

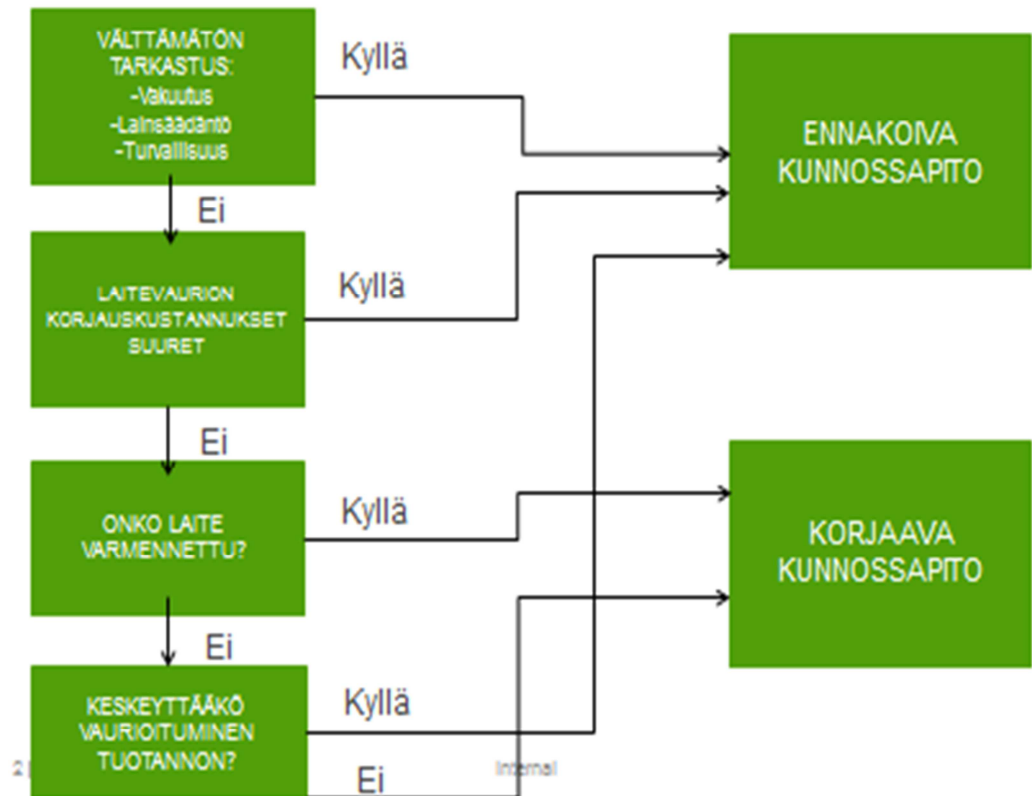
kemman seurannan tarpeesta. Tässä tarvitaan laitevalmistajien ja käyttäjien välistä yhteistyötä. (Aro ym. 2003, s.174.)

Diagnostisten mittausten avulla voidaan myös pyrkiä arvioimaan laitteen kunto ja vaihdon tarve investointeja suunniteltaessa. Vakavien vaurioiden ja keskeytysten ehkäisemisen lisäksi kunnonvalvontamittaus ja vian diagnosointi saattavat myös ohjata käyttäjää suorittamaan laitteen elinikää pidentäviä huoltotoimenpiteitä. (Aro ym. 2003, s.175.)

Kunnonhallintaan ja kunnossapitoon kuuluu olennaisena osana tietojärjestelmä. Laitteiden vikatiedot, korjaukset ja huollot on tallennettava toiminnan kannalta tarkoituksenmukaisiin tiedostoihin. Tärkeiden laitteiden kuntoa seurataan säännöllisin diagnostisin mittauksin käytön aikana. Nämä ja käyttökeskeytysten yhteydessä mahdollisesti tehdyt diagnostiset mittaukset on myös tallennettava tietojärjestelmään. (Aro ym. 2003, s.175.)

3.4 Kunnossapitotavan valinta

Sähkölaitteiston kunnossapitotapa täytyy useimmiten valita tapauskohtaisesti. Sähkölaitteilla kunnossapitotapaan vaikuttavat myös viranomais määräykset, vakuutukset ja turvallisuus, laitetakuut, joten nämä on otettava ensisijaisesti huomioon kun sähkölaitteiston kunnossapitotapaa pohditaan. Laitteen kunnossapitotapaan edellä mainittujen kohtien lisäksi vaikuttavat myös yrityskohtaiset asiat, laitteen tuotannollinen tärkeys, varalaitteet ja korjauskustannukset. Sähkölaitteistossa voi olla kuitenkin osia, joiden kunnossapitoperiaate on erilainen. Näin ollen kahden samanlaisenkin laitteen kunnossapitostrategia saattaa vaihdella. Kuvassa 2 on sähkölaitteen kunnossapitotapa jaettu kahteen osaan, korjaavaan ja ennakoivaan kunnossapitotapaan.



Kuva 2. Laitteen kunnossapitoperiaatteen valinnan arviointikaavio (Etto 1998,s.5)

Kuvan 2 perusteella voidaan päätellä, että teollisuuden sähkölaitteen- tai laitteiston kunnossapitoperiaate noudattaa yleensä ennakoivaa kunnossapitoa, ellei sitten laite vaikuta millään tavoin tuotantoon eikä vakuutus, lainsäädäntö tai turvallisuus vaadi mitään tarkastuksia.

Yhteenvedona sähkölaitteiston kunnossapidosta voidaan sanoa, että sähköturvallisuuden toteutuminen sanelee ehdot sähkölaitteiden kunnossapidolle. Sähkölaitteistoa on kunnossapidettava niin, että se pysyy kaikissa olosuhteissa ihmisille, eläimille ja ympäristölle turvallisena. Teollisuudessa toiseksi tärkeäksi ehdoksi nousee laitteiden käyttövarmuus. Tärkeiden laitteiden kunnossapidossa on käytettävä ennakoivaa kunnossapitomenetelmää.

4 PIENJÄNNITESÄHKÖNJAKELUN ENNAKKOHUOLTO

Tässä luvussa käsitellään pienjännitteellä (<1000V) tapahtuvan sähkönjakelujärjestelmien ja niihin liittyvien sähkölaitteiden huoltoa sekä niihin liittyviä viranomaismääräyksiä.

4.1 Standardit, lait ja määräykset pienjännitesähkönjakelussa

4.1.1 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslaki määrittelee lainsäädännölliset lähtökohdat myös pienjännitteellä tapahtuvalle sähkönjakelulle ja niiden järjestelmien ennakkohuollolle. Sähköturvallisuuden taso on määritelty seuraavalla tavalla:

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

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

(L 14.6.1996/410,5§.)

”Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentin edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille eikä ottaa käyttöön.” (L 14.6.1996/410,5§.)

Sähkölaitteiston huollolla ja kunnossapidolla huolehditaan osaltaan siitä, että edellä mainittu sähköturvallisuuden taso säilyy myös laitteiston käyttöiän aikana.

Sähköturvallisuuslain viidennen luvun (sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö) 21.pykälässä sanotaan seuraavasti:

”Ministeriö voi määrätä, että tietynlaiset sähkölaitteistot on huollettava määrävälein sekä säännöllistä huoltoa vaativien laitteistojen hoitoa varten on ennalta laadittava huolto- ja kunnossapito-ohjelmat.” (L 14.6.1996/410,21§.)

Ministeriö- sanan on sähköturvallisuuslain ensimmäisen luvun neljännen pykälän seitsemännessä kohdassa määritelty tarkoittavan Työ- ja elinkeinoministeriötä (L 21.12.2010/1280). Työ- ja elinkeinoministeriöllä eli entisellä Kauppa- ja teollisuusministeriöllä on siis mahdollisuus päättää minkälaiset sähkölaitteistot vaativat huolto-ohjelmaa ja miten usein huollot on suoritettava. Lisäksi Työ- ja elinkeinoministeriölle annetaan mahdollisuus määrätä sähkölaitteistojen määräaikaistarkastuksien järjestämisestä. Vastuu sähkölaitteistojen määräaikaistarkastuksien järjestämisestä on sähkölaitteiston haltijalla. (L 14.6.1996/410,20§.)

4.1.2 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöön otosta ja käytöstä

Kauppa- ja teollisuusministeriö eli nykyinen Työ- ja elinkeinoministeriö on määritellyt sähkölaitteistoille erilaiset luokitukset, riippuen siitä minkälaisessa tilassa sähkölaitteistoa käytetään ja minkälaisesta sähkölaitteistosta on kyse:

”1) luokan 1 sähkölaitteisto:

- a) sähkölaitteistoa asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;
- b) muuta kuin asuinrakennuksen sähkölaitteistoa, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;
- d) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta;

2) luokan 2 sähkölaitteisto:

- b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa, terveyskeskuksessa tai yksityisellä lääkäriasemalla, jossa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;
- c) sähkölaitteistoa, 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) sähkölaitteistoa, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria;

3) luokan 3 sähkölaitteisto

a) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa;

b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa tai terveyskeskuksessa taikka sellaisella yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;

c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa.” (KTM 3.5.2004/335,2§.)

Kauppa- ja teollisuusministeriö päättää sähkölaitteistojen huollosta ja kunnossapidosta sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä antamansa päätöksen kolmannen luvun 10.pykälässä:

”Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti.” (KTM 3.5.2004/335,10§.)

Kolmannen luvun 11.pykälä Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä määrittelee, minkälaisille sähkölaitteistoille on laadittava kunnossapito-ohjelma:

”Luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Muiden sähkölaitteistojen osalta ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla.” (KTM 3.5.2004/335,11§.)

Saman luvun 12.pykälässä Kauppa- ja teollisuusministeriö määrää sähkölaitteistojen määräaikaistarkastuksien toteuttamisesta:

”Käytössä olevalle sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus seuraavasti:

1) luokan 1 sähkölaitteistolle asuinrakennuksia lukuun ottamatta viidentoista vuoden välein, mikäli kuitenkin 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 sähkölaitteistoille tehtävä määräaikaistarkastus viidentoista vuoden välein;

2) luokan 2 sähkölaitteistolle kymmenen vuoden välein;
sekä

3) luokan 3 sähkölaitteistolle viiden vuoden välein.” (KTM 3.5.2004/335,12§.)

Saman kolmannen luvun 13.pykälässä Kauppa- ja teollisuusministeriö määrittelee määräaikaistarkastuksen sisällön:

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

1) sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet,

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

3) sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.” (KTM 3.5.2004/335,13§.)

Määräaikaistarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos. Myös valtuutettu tarkastaja voi tehdä määräaikaistarkastuksen lukuun ottamatta sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa. (KTM 3.5.2004/335,14§.)

Määräaikaistarkastuksesta laaditaan sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jossa raportoidaan tarkastuksen tiedot ja mahdolliset tarkastajan havaitsemat sähköturvallisuuteen liittyvät puutteet. Tarkastuksen tekijä allekirjoittaa tarkastuspöytäkirjan. (KTM 3.5.2004/335,15§.)

4.1.3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta

Kauppa- ja teollisuusministeriö antaa täsmentäviä määräyksiä miten sähköturvallisuuslaissa määritelty sähköturvallisuuden taso saavutetaan. Päätöksissä esitettyjen olennaisten turvallisuusvaatimusten katsotaan täyttyvän, jos sovelletaan tiettyjä turvallisuusstandardeja tai vastaavia julkaisuja. Sähköturvallisuusviranomaisen eli Turvallisuus- ja kemikaaliviraston tehtävänä on vahvistaa tällaisten standardien ja julkaisujen luettelo Sähköturvallisuuden neuvottelukunnan lausunnon perusteella. (TUKES 2012.)

4.1.4 Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) on yli 200 hengen tuotevalvonnan keskus, joka valvoo ja edistää monialaisesti teknistä turvallisuutta ja vaatimustenmukaisuutta sekä kuluttaja- ja kemikaaliturvallisuutta. (TUKES 2013.)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto valvoo toimialojensa tuotteita, palveluita ja tuotantojärjestelmiä ja toimeenpanee niihin liittyvää lainsäädäntöä. TUKESIN toiminnan tarkoituksena on suojella ihmisiä, omaisuutta ja ympäristöä turvallisuusriskeiltä. TUKESIN toimialoja ovat mm. sähkö ja hissit, kemikaalituotantolaitokset, kaivosasiat, räjähteet, ilotulitteet, painelaitteet, mittauslaitteet, jalometallituotteet, pelastustöimien laitteet, rakennustuotteet, kuluttajaturvallisuus sekä tuotteiden energia- ja ekologinen tehokkuus. TUKES toimii usean ministeriön ohjauksessa. TUKESIN hallinnollisesta ohjauksesta ja valvonnasta vastaa Työ- ja elinkeinoministeriö. (TUKES 2013.)

4.1.5 Standardit

SESKO ry on Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardisoimisjärjestö. Sääntöjensä mukaan SESKO ry osallistuu alansa kansainväliseen ja eurooppalaiseen yhteistyöhön maamme edustajana sekä saattaa tämän työn tulokset kansallisiksi

SFS-standardeiksi. SESKO on Suomen standardisoimisliitto SFS ry:n jäsen ja toimialayhteisö. (SESKO 2013.)

IEC on kansainvälinen sähkötekniikan alan standardisoimisjärjestö, jonka jäseniä ovat kehittyneet maat (IEC 2013). CENELEC on eurooppalainen sähkötekniikan alan standardisoimisjärjestö, jonka jäseniä ovat kaikki Euroopan maat. (CENELEC 2013.)

Sähkötekniikan alan SFS-standardisarjat on kehitetty vastaamaan sähköturvallisuuslaissa määriteltyjä säädöksiä. SFS 6000 -sarja keskittyy pienjänniteasennuksien kansallisiin standardeihin. SFS 6001 -sarjassa kerrotaan suurjänniteasennuksiin liittyvistä kansallisista standardeista ja SFS 6002 -sarja kertoo puolestaan sähkötyöturvallisuuden liittyvistä kansallisista standardeista. SFS-käsikirja 604-2 kertoo räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksien tarkastuksesta ja huollosta. SFS-EN 50272-2 määrittelee akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. SFS-EN1838 kertoo standardit turvavalaistussovellutuksille ja SFS-EN50172 kertoo poistumisvalaistusjärjestelmistä ja niiden huollosta. Vaikka edellä puhutaan kansallisista standardeista, niin kyseiset standardit pyritään kuitenkin tekemään mahdollisimman yhdenmukaisiksi kansainvälisten standardien kanssa. (TUKES 2013,s.1.)

4.1.6 Sähkölaitteistojen huoltoa koskevat standardit

Standardi SFS 6000-6 esittää vaatimukset sähköasennusten käyttöönottotarkastuksille ja säännöllisin väliajoin tehtäville kunnossapitotarkastuksille. Standardin luvussa 62 asetetaan vaatimukset kunnossapitotarkastuksille, joilla määritetään asennuksen osien ja siihen kuuluvien laitteiden kunto. Standardissa tähdennetään lisäksi, että lukua 62 voidaan käyttää hyväksi tehtäessä sähkölaitteiston kunnossapitotarkastusta ja laadittaessa huolto-ohjelmaa, mutta sillä ei ole samanlaista säädösten toteuttamiseen liittyvää asemaa kuin SFS 6000-6 standardin luvulla 61, jossa puhutaan sähkölaitteistojen käyttöönottotarkastuksista. Kuitenkin noudattamalla tässä standardissa annettuja vaatimuksia ja suosituksia, voidaan sähköturvallisuuslaissa annetut asetukset täyttää. (SFS 6000 – 6 2012,s.2.)

Standardi SFS 6000-6:n luku 62 antaa suositukset sähkölaitteistolle tehtäville kunnossapitotarkastuksille. Standardissa tähdennetään, että kunnossapitotarkastuksella ei

voida korvata edellä mainitun Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (517/1996) mukaisia määräaikaistarkastuksia. (SFS 6000-6 2012,s.13.)

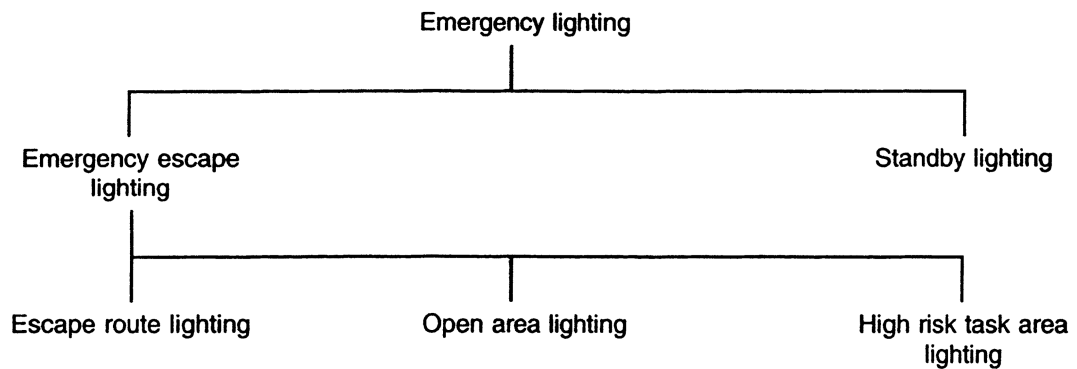
Standardi määrittelee mm. että kunnossapitotarkastukseen tulee kuulua erilaisia mittauksia ja testejä, joihin kuuluu esimerkiksi vikavirtasuojien tarkastus. Lisäksi tarkastuksessa tulisi mittauksin varmistua siitä, että seuraavat asiat toteutuvat: ihmisten ja kotieläinten suojaus sähköiskulta ja palovammoilta, suojaus asennuksen vikojen aiheuttamalta omaisuuden palo- ja lämpövaaralta, varmistuminen ettei asennus ole vioittunut tai kulunut tai liitos löystynyt niin, että se pienentää turvallisuutta ja asennuksen sellaisten vikojen ja tästä standardista poikkeamien tunnistaminen, jotka voivat lisätä vaaraa. (SFS 6000-6 2012,s.13.)

Standardi määrittelee myös, että kunnossapitotarkastuksesta on pidettävä pöytäkirjaa ja tarkastuksen tekijän täytyy olla sähköalan ammattihenkilö. Kunnossapitotarkastuksen aikavälin standardi ohjeistaa määrittelemään kaikille sähköasennuksille ottaen huomioon asennuksen ja laitteiden tyyppi, asennuksen käyttö, kunnossapidon tiheys ja laatu sekä ulkoiset olosuhteet, joille asennus on alttiina, ellei esimerkiksi sähköturvallisuuslaissa ole erikseen määrätty jotain aikaväliä. Standardi suosittaa lyhyempää kunnossapitotarkastusväliä sellaisille laitteistoille, jotka ovat julkisissa tiloissa, työpaikoilla tai rakennustyömailla ja joista voi aiheutua sähköiskun vaara, palo- tai räjähdysvaara tai niissä on sekä suurjännite- että pienjänniteasennuksia tai kyseessä on turvajärjestelmä. (SFS 6000-6 2012,s.14.)

4.2 Turvavalistusjärjestelmiä koskevat standardit, lait ja määräykset

4.2.1 Standardin määritelmät

Standardi SFS-EN 1838 antaa määritelmät, mitä turvavalaituksella tarkoitetaan. Turvavalaitusta käytetään, kun normaalin valaituksen sähkönsyöttö häiriintyy. Turvavalaituksella on sen vuoksi normaalin valaituksen syötöstä riippumaton sähkönsyöttö. Turvavalaitus on yleisnimitys, joka kattaa joukon erityisiä valaitusmuotoja kuvan 3 mukaisesti. (SFS-EN 1838 1999, s.4.)



Kuva 3. Turvavalaistuksen erityismuodot. (SFS-EN 1838 1999, s.4.)

Poistumisvalaistuksen (Emergency escape lighting) yleisenä tarkoituksena on mahdollistaa turvallinen poistuminen paikasta silloin, kun normaali virransyöttö häiriintyy. (SFS-EN 1838 1999,s.4)

Poistumisreittivalaistuksen (Escape route lighting) tarkoituksena on mahdollistaa paikassa olevien henkilöiden turvallinen poistuminen luomalla sopivat näkyvyysolot ja osoittamalla suunnan poistumisreiteillä ja erikoistiloissa sekä varmistaa, että sammutus- ja turvavälineet ovat helposti paikannettavissa ja käytettävissä. (SFS-EN 1838 1999,s.4)

Avoimen alueen valaistuksen (Open area lighting) tarkoituksena on vähentää paniikin todennäköisyyttä sekä mahdollistaa rakennuksessa olevien henkilöiden turvallista siirtymistä poistumisreiteille luomalla sopivat näkyvyysolot ja osoittamalla poistumisreitit. Poistumisreiteillä ja avoimilla alueilla valon tulisi langeta alaspäin työtasolle. Kaikki esteet tuosta tasosta kahden metrin korkeuteen saakka tulisi myös valaista. (SFS-EN 1838 1999,s.4)

Riskialttiin työalueen valaistuksen (High risk task area lighting) tarkoituksena on edesauttaa sellaisten henkilöiden turvallisuutta, jotka ovat tekemisissä mahdollisesti vaarallisen prosessin tai tilanteen kanssa, ja se mahdollistaa toiminnan hallitun pysäyttämisen muiden tilassa olijoiden turvallisuutta silmällä pitäen. (SFS-EN 1838 1999,s.4)

Varavalaistuksen (Standby lighting) tarkoituksena on taata normaalin toiminnan jatkuminen oleellisesti muuttumattomana. (SFS-EN 1838 1999,s.6)

4.2.2 Sisäasiainministeriön päätökset

Sisäasiainministeriö on asetuksellaan 805/2005 päättänyt rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta. Asetuksen kolmannessa pykälässä määritellään, mitkä tilat on merkittävä poistumistieopasteilla, miten ne sijoitetaan ja miten niiden tulee näkyä:

”Poistumisreitit merkitään poistumisopasteilla:

- 1) majoitustiloissa;
- 2) hoitolaitoksissa;
- 3) kokoontumis- ja liiketiloissa;
- 4) työpaikkatiloissa;
- 5) tuotantotiloissa;
- 6) varastotiloissa, joissa työskennellään; sekä
- 7) sellaisissa muissa tiloissa, joista poistuminen on vaikeaa tai joissa poistumisjärjestelyt ovat tavanomaisesta poikkeavat.

Poistumisopasteet on sijoitettava havaitsemisen kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla ja niin, että ne selvästi osoittavat uloskäytävien sijainnin ja poistumiseen käytettävän kulkureitin.

Poistumisopasteiden näkyvyys on varmistettava riittävällä valaistuksella.” (SAM 6.10.2005/805,3§.)

Asetuksen 805/2005 viidennessä pykälässä määrätään, että poistumistieopasteiden on oltava aina valaistuja. Lisäksi poistumisreitit muun valaistuksen on käynnistytävä kun tavallinen valaistus joutuu epäkuuntoon. Valaistuksen on toimittava turvalliseen poistumiseen ja evakuointiin vaadittavan ajan. Valaistuksella on lisäksi oltava tavalli-

sen valaistuksen sähkönsyötöstä riippumaton virransyöttö, jolla turvataan valaistuksen toiminta vähintään yhden tunnin ajaksi. (SAM 6.10.2005/805,5§.)

Asetuksen yhdeksännessä pykälässä määrätään poistumistievalaistusjärjestelmien kunnossapidosta. Asetus määrää kunnossapidosta seuraavaa:

”Poistumisreittien merkintöjen ja valaistuksen toimintakunnossa pysyminen on varmistettava säännöllisellä kunnossapidolla. Kunnossapidosta huolehtimisesta vastaavat pelastuslain 22 §:n 1 momentin nojalla rakennuksen omistaja ja haltija yleisten tilojen ja koko rakennusta palvelevien järjestelyjen osalta sekä huoneiston haltija hallinnsaan olevien tilojen osalta.

Kunnossapitoa varten on laadittava kunnossapito-ohjelma, jossa selostetaan tarvittavat huoltotoimenpiteet. Tehdyt toimenpiteet merkitään joko kunnossapito-ohjelmaan tai erilliseen päiväkirjaan.

Kunnossapito-ohjelma ja -päiväkirja on pyydettyessä esitettävä alueen pelastusviranomaiselle valvontaa varten.” (SAM 6.10.2005/805,9§.)

4.2.3 TUKESIN ohjeet

TUKES kehottaa ohjeessaan poistumistie- ja varavalaistuksen kunnossapidosta noudattamaan edellä mainittua Sisäasiainministeriön päätöstä poistumistievalaistuksen kunnossapidosta. Varavalaistuksen kunnossapidossa noudatetaan samoja määräyksiä jos varavalaistusta käytetään myös poistumistievalaistuksena. Muun turvavalaistuksen erityismuotojen osalta noudatetaan ko. järjestelmän kunnossapidossa samoja sisäasiainministeriön päätöksiä. Turvavalaistuksen vaatimuksista kerrotaan tarkemmin seuraavissa standardeissa: SFS-EN-1838 valaistussovellukset, SFS-EN-50171 keskitetyn tehonsyötön järjestelmät, SFS-EN-50172 emergency escape lighting systems ja SFS-6000 pienjännitesähköasennukset. Lisäksi direktiivit ja kansalliset säädökset asettavat lisävaatimuksia turvavalaistukselle. (TUKES 2011,s.1.)

4.2.4 Turvavalaistuksen huoltoa koskevat standardit

Sisäasiainministeriö vaatii päätöksessään laatimaan kunnossapito-ohjelman turvavalaistusjärjestelmälle. Standardissa SFS-EN-50172 annetaan vaatimukset huollon järjestämiselle ja kerrotaan miten huolto toteutetaan sekä annetaan suosituksia, kuinka usein tarkastukset ja huollot tulisi tehdä. Lisäksi turvavalaistukselle on järjestettävä sopiva henkilö valvomaan järjestelmän huollon toteuttamista ja tehdyistä huolloista ja tarkastuksista on pidettävä lokikirjaa. (SFS-EN-50172 2004,s.16.)

4.3 Räjähdyksivaarallisten tilojen sähköasennukset

Räjähdyksivaarallisella tilalla tarkoitetaan huonetta, sen osaa tai muuta rajoitettua sisä- tai ulkotilaa, jossa räjähdysvaaran aiheuttaa palava kaasu, palavan nesteen höyry tai sumu, palava pöly ilmaan sekoittuneena tai varsinainen räjähdysaine. (Sähköinfo 2012.)

4.3.1 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset räjähdysvaarallisten tilojen laitevaatimuksista

Kauppa- ja teollisuusministeriö on antamassa päätöksessään 918/1996 päättänyt räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä. Päätöksen ensimmäisen luvun kolmannessa pykälässä annetaan määritelmät mm. laitteiden luokituksista. Laitteet luokitellaan seuraavasti:

”Ryhmän I laitteella tarkoitetaan maanalaisiin kaivoksiin ja niiden maanpäällisiin osiin tarkoitettua laitetta, joka voi joutua alttiiksi kaivoskaasulle tai syttyvälle pölylle;

ryhmän II laitteella muissa räjähdysvaarallisissa tiloissa kuin räjähdysvaarallisissa kaivoksissa tai kaivosten maanpäällisissä osissa käytettäväksi tarkoitettua laitetta.” (KTM 27.11.1996/918,3§.)

Ryhmän I laitteet jaetaan kahteen laiteluokkaan (M1 ja M2), ja ryhmän II laitteet jaetaan kolmeen eri laiteluokkaan (1, 2 ja 3) sen mukaan, miten suurta turvallisuustasoa niiltä vaaditaan. Tämä puolestaan vaikuttaa siihen, millaiseen tilaan kyseisen

laitteen voi sijoittaa. Laiteluokasta riippuu myös, millaisia menettelyjä valmistajan tai muun markkinoille saattajan tai hänen edustajansa on noudatettava vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi ja CE - merkin kiinnittämiseksi:

- Laiteluokka 1 ja M1 = erittäin korkea turvallisuustaso
- Laiteluokka 2 ja M2 = korkea turvallisuustaso
- Laiteluokka 3 = normaali turvallisuustaso. (TUKES 2012,s.8.)

Kauppa- ja teollisuusministeriö antaa päätöksessään yleisiä määräyksiä, olennaisia vaatimuksia ja näiden lisäksi täydentäviä määräyksiä räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetuista laitteista ja niiden suojausjärjestelmistä. Tämän lisäksi liitteissä annetaan vielä lisävaatimuksia räjähdysvaarallisten tilojen laitteista, niiden suunnittelusta ja niiden luokittelusta. (KTM 27.11.1996/918.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön antamassa asetuksessa 917/1996 asetetaan vaatimukset räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä. Asetuksen 917/1996 ensimmäisessä pykälässä kerrotaan seuraavaa:

”Räjähdysvaarallisissa ilmaseoksissa käytettäväksi tarkoitetut laitteet ja suojausjärjestelmät sekä näiden laitteiden räjähdysuojaukseen oleellisesti vaikuttavat turva-, säätö- ja ohjauslaitteet on valmistettava niin, ettei niistä aiheudu vaaraa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle.

Ilmaseosta pidetään räjähdysvaarallisena, jos se olosuhteiden takia voi muuttua syttyväksi seokseksi, jossa palaminen leviää koko ilmaseokseen.

Kauppa- ja teollisuusministeriö antaa 1 momentissa tarkoitetun vaaran välttämiseksi tarpeellisia määräyksiä laitteista ja järjestelmistä.” (KTM 22.11.1996/917.)

Asetuksessa 917/1996 kerrotaan lisäksi räjähdysvaaralliseen tilaan tarkoitetun laitteen suunnittelusta tarvittavine CE-merkintöineen ja laitteiden markkinoille saattamisesta ja laitteen tarkastuslaitokselta edellytettävistä vaatimuksista. (KTM 22.11.1996/917.)

4.3.2 TUKESIN ohjeet räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteista

Räjähdysvaarallisia tiloja ja tiloissa käytettäviä laitteita koskeva ATEX (atmosphères explosibles) -lainsäädäntö tuli voimaan 2003. Työsuojeluviranomaiset valvovat räjähdysvaarallisia kohteita osana työturvallisuuslainsäädännön valvontaa. TUKES valvoo räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuutta laitoksissa, joissa vaarallisten kemikaalien käsittely on laajamittaista. Näissä kohteissa TUKES valvoo lainsäädännön noudattamista myös pölyräjähdysten torjunnan osalta. Pelastusviranomaiset puolestaan valvovat vaarallisten kemikaalien vähäistä käsittelyä harjoittavia laitoksia (palavat nesteet ja kaasut). (TUKES 2012,s.3.)

TUKES velvoittaa räjähdysvaarallisessa tilassa olevan sähkölaitteen tai -laitteiston haltijaa huolehtimaan laitteistonsa turvallisuudesta mm. poistamalla havaitut puutteet ja viat riittävän nopeasti, laatimalla tarvittaessa huolto- ja kunnossapito-ohjelma sekä teettämällä laitteiston laajuudesta ja tyypistä riippuvin välein määräaikaistarkastuksia. (TUKES 2012,s.17.)

Ex-tila on tila, jossa voi esiintyä sellaisia määriä vaarallista räjähdyskelpoista ilmaseosta, että toimenpiteet työntekijöiden suojaamiseksi räjähdysvaaralta ovat tarpeen. Suojatoimenpiteiden laajuuden määräytymisperusteena käytetään olemassa olevien Ex-tilojen luokittelua vaarallisten räjähdyskelpoisten ilmaseosten esiintymistodennäköisyyksien mukaisiin vyöhykkeisiin. (TUKES 2012,s.10.)

Taulukko 1. Räjähdysvaarallisten tilojen luokitukset ja määritelmät (TUKES 2012,s.11)

| TILALUOKITUS | TILAN MÄÄRITELMÄ |
|---------------|---|
| Tilaluokka 0 | Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein |
| Tilaluokka 20 | Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikai- |

| | |
|---------------|--|
| | sesti tai usein. |
| Tilaluokka 1 | Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti. |
| Tilaluokka 21 | Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti. |
| Tilaluokka 2 | Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan. |
| Tilaluokka 22 | Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan. |

Taulukon 1 mukaisesti luokitelluissa tiloissa on erityisesti käytettävä seuraavien laiteluokkien laitteita, jos ne tapauksen mukaan soveltuvat kaasulle, höyrylle, sumulle tai pölylle:

- Tilaluokassa 0 tai 20 laiteluokan 1 laitteita,
- Tilaluokassa 1 tai 21 laiteluokan 1 tai 2 laitteita,
- Tilaluokassa 2 tai 22 laiteluokan 1, 2 tai 3 laitteita. (TUKES 2012,s.11.)

4.3.3 Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennusstandardit

Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennusten tekemistä ei ole luokiteltu erikoisurakoinniksi, mutta poikkeuksellisten vaaratekijöiden takia räjähdysvaarallisten tilojen

sähköasennuksissa ja laitevalinnassa tulee noudattaa näitä tiloja koskevia erityisvaatimuksia. (Sähköinfo 2012.)

SFS-käsikirja 604-1 käsittelee räjähdysvaarallisten tilojen yleisiä vaatimuksia ja erilaisia laiterakenteita. Käsikirja on tarkoitettu henkilöille, jotka ovat tekemisissä räjähdysvaarallisten tilojen luokittelun, laitevalinnan ja käytön kanssa. Standardi SFS-EN 60 079-0 kuuluu SFS-käsikirjaan 604-1 ja se käsittelee räjähdysvaarallisten tilojen yleisiä vaatimuksia. Samaan käsikirjaan kuuluvat myös standardit: SFS-EN 60 079-10-2 osa 10-1, joka käsittelee kaasuräjähdysvaarallisten tilojen tilaluokituksia ja SFS-EN 60 079-10-2 osa 10-2, joka käsittelee pölyräjähdysvaarallisten tilojen tilaluokituksia. (Sähköinfo 2012.)

Räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksien tarkastusta ja huoltoa käsittelee SFS-käsikirja 604-2. Käsikirja sisältää sähköasennusten suunnittelua, laitevalintaa ja asentamista sekä tarkastusta ja kunnossapitoa koskevat erityisvaatimukset. Standardi koskee kaikkia räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteita ja asennuksia; niin pysyviä, väliaikaisia, kannettavia, siirrettäviä kuin kädessä pidettäviä. Käsikirja sisältää seuraavat standardit:

SFS-EN 60 079-14 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 14:Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen.

SFS-EN 60 079-17 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 17:Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito.

SFS-EN 60 079-19 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 19:Laitteiden korjaus, huolto ja paikkaus.

SFS-EN 60 079-30-2 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 30-1 Sähkösaatot. Yleiset testausvaatimukset.

SFS-EN 60 079-30-2 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 30-2 Sähkösaatot. Soveltamisohjeita suunnitteluun, asentamiseen ja kunnossapitoon. (Sähköinfo 2012.)

4.4 Yhteenveto määräyksistä

4.4.1 Pienjännitesähkönjakelujärjestelmien kunnossapitomääräykset

Kauppa- ja teollisuusministeriö antaa sähköturvallisuuslaissa lainopilliset näkökohdat mitä turvallisuusvaatimuksia sähkölaitteistolta edellytetään. Huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa edellytetään luokan 2 ja 3 sähkölaitteistoilta. TUKES antaa lisäohjeita ja suosituksia miten sähkölaitteistoa pidetään turvallisessa kunnossa sen käyttöiän aikana. SFS-standardisarja SFS-6000 -pienjännitesähkösäennukset antaa standardin mukaiset vaatimukset pienjännitesähkösäennuksille. Noudattamalla tätä SFS 6000 -standardisarjaa voidaan Kauppa- ja teollisuusministeriön sähköturvallisuuslaissa annetut määräykset täyttää. SFS 6000-6 julkaisu keskittyy pienjännitesähkösäennuksien tarkastuksiin ja kunnossapitoon. Edellä mainitussa julkaisussa annetaan suosituksia ja ohjeita miten kunnossapito-ohjelma pienjännitesähkönjakelujärjestelmälle voidaan toteuttaa. Standardi antaa kuitenkin vain suosituksia ja ohjeita huollon toteuttamisesta, joten siinä ei tarkemmin määritellä kunnossapito-ohjelman sisältöä. Standardissa annetaan kuitenkin yleisellä tasolla ohjeita, mitä sähköturvallisuuden kannalta tärkeitä tarkastuskohteita kunnossapito-ohjelmaan tulisi sisällyttää.

Yhteenvetona pienjännitesähkönjakelujärjestelmien kunnossapitomääräyksistä voidaan todeta, että viranomaiset antavat sähkölaitteistojen huollon ja kunnossapidon osalta vastuun sähkölaitteiston haltijalle. Sähkölaitteiston haltija on velvollinen laatimaan sähkölaitteistolle parhaaksi katsomansa huolto-ohjelman niin, että sähköturvallisuuslaissa määritelty sähköturvallisuuden taso täyttyy. Viranomainen luottaa siis nykyisin sähkölaitteiston haltijan ammattitaitoon laitteiston kunnossapidossa. SFS 6000-6 julkaisu antaa kuitenkin ohjeita kunnossapitotarkastuksista, joita voidaan käyttää huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa.

4.4.2 Turvavalaistusjärjestelmien kunnossapitomääräykset

Myös turvavalaistusjärjestelmien huollosta ja kunnossapidosta huolehtiminen on siirretty rakennuksen omistajan ja haltijan vastuulle yleisten tilojen ja koko rakennusta palvelevien järjestelyjen osalta. Mahdollisten huoneistojen osalta niiden turvavalaistuksen huollosta vastaa sen huoneiston haltija missä turvavalaistusjärjestelmä sijaitsee. Alueen pelastusviranomainen voi kuitenkin tarvittaessa kysellä onko kyseiselle turva-

valaistusjärjestelmälle tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa ja löytyykö tehdyistä huolloista lokikirjaa. Laissa ja asetuksissa siis määrätään, että turvavalaistusjärjestelmää on huollettava säännöllisesti. Lisäksi SFS-standardissa annetaan vielä vaatimukset mitä turvavalaistusjärjestelmän huoltoon tulee kuulua ja määritellään myös suositellut aikavälit huoltojen ajankohdille. Huoltojen aikavälit ovat näin ollen vain suosituksia. Huoltojen tekeminen on omistajan vastuulla.

4.4.3 Räjähdyksivaarallisten tilojen sähkölaitteiden kunnossapitomääräykset

Räjähdyksivaarallisissa tiloissa olevilta sähkölaitteilta edellytetään Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa. TUKES valvoo, että räjähdysvaarallisen tilan omistaja noudattaa räjähdysvaarallisten tilojen lainsäädäntöä ja huolehtii tilan sähkölaitteiden riittävästä huollosta ja tarkastuksista. SFS-käsikirja 604-2 antaa julkaisuissaan vaatimuksia miten räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden huoltoja ja tarkastuksia tehdään. Standardissa on selostettu mitä kohtia räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteistoista tulee tarkastaa tai huoltaa.

Vastuu räjähdysvaarallisen tilan sähkölaitteiston turvallisuudesta on sähkölaitteiston haltijalla. Viranomaisen velvoittaa sähkölaitteiston haltijan tekemään räjähdysvaarallisen tilan sähkölaitteistolle huoltoja ja tarkastuksia riittävin väliajoin ja tarvittaessa laatimaan huolto- ja kunnossapito-ohjelman. Räjähdysvaarallisen tilan sähkölaitteiston huolto- ja kunnossapito on laitteiston haltijan vastuulla.

SFS-Standardi SFS-EN 6007-17 määrittelee luvussa 4.4 kohdassa 2 kunnossapitotarkastusten välin räjähdysvaarallisissa tiloissa sijaitsevien kiinteiden sähkölaitteiden osalta. Luvussa todetaan, että kunnossapitotarkastuksen väli saa olla enintään kolme vuotta, ellei asiantuntijan kanssa ole toisin sovittu. Jos käytetään kolme vuotta pidempää tarkastusväliä, tulee sen perustua merkitsevään tietoon tukeutuvaan arviointiin. Tarkastusvälin sisällä tulisi tehdä pistokoeluonteisia lisätarkastuksia, joiden perusteella valittu tarkastusväli ja sen taso joko säilytetään tai sitä muutetaan. Jokaiselle laitteelle tulisi tehdä vähintään silmämääräinen tarkastus. (SFS-EN 60079-17 2008,s.13.)

Liikuteltavien laitteiden (kädessä pidettävät, kannettavat ja siirrettävät) osalta kunnossapitotarkastusten väliä olisi syytä lyhentää, näiden laitteiden suuren vaurio- ja väärinkäyttöriskin vuoksi. Liikuteltaville sähkölaitteille on tehtävä lähitarkastus enintään

12 kk välein. Usein avattavat kotelot (esim. paristokotelot) tulee tarkastaa yksityiskoh-
teisesti ainakin 6 kk välein. Lisäksi käyttäjän on ennen käyttöönottoa tarkastettava
laite silmämääräisesti näkyvien vaurioiden varalta. (SFS-EN 60079-17 2008,s.13.)

5 UPM – KAUKAAN SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ

Tässä luvussa esitellään pääpiirteittäin UPM - Kaukaan tehtaan sähkönjakelujärjes-
telmä ja käydään läpi pienjännitejärjestelmien pääkomponenttien (katkaisijat, kom-
pensointi, erottimet) ikäjakaumaa.

5.1 Sähkönjakelujärjestelmän yleinen rakenne

Kaukaan tehtailla sijaitsee laaja teollisuussähkölajärjestelmä. Tehdas liittyy valtakunnan
verkkoon 110kV jännitetasolla. Päämuuntajilla muunnetaan 110kV jännite 10,5kV:n
tasolle. Tehtaan sisäinen sähkönsiirto tapahtuu keskijännitteellä eli 10,5kV:n jännite-
tasolla. Tehtailla tuotetaan sähköä valtakunnan verkkoon ja omaan käyttöön vasta-
painevoimalaitoksen ja biovoimalaitoksen avulla. Lisäksi tehdasalueelta löytyy varalla
myös kaasuvoimalaitos, jolla voidaan myös tuottaa sähköä. Voimalaitoksien generaat-
toreiden tuottama 10,5kV jännite muunnetaan 110kV jännitetasolle valtakunnan verk-
koon.

Tehtaan sisäisen keskijänniteverkon 10,5kV:n jännitettä käytetään jakelumuuntajien
syöttämiseen ja keskijännitemoottorikäyttöihin. Lisäksi 10,5kV jännite muunnetaan
yhdellä muuntajalla 3kV:n jännitteeksi, josta syötetään pelkästään Kuorimon hakku-
käyttöjä. Jakelumuuntajat muuntavat 10,5kV:n jännitteen tehtaan pienjännitekeskuk-
sille 690, - 500, - ja 400V:n jännitetasoille. Pääsääntöisesti prosessikeskukset ovat
690, - ja 500V:n pääkeskuksia ja 400V:n keskukset valaistuskeskuksia, mutta osasta
400V:n keskuksia syötetään myös tehtaan prosessilaitteita. Lisäksi osasta 690, - ja
500V:n pääkeskuksia muunnetaan alamuuntajien avulla jännite edelleen 400V:ksi
valaistuskeskuksille. Tehtaan sähkönjakelu on toteutettu kaapeliverkkona, joista osa
maakaapeloinnilla ja osa hyllyasennuksina. Kohdassa 4.1.2 esiteltiin Työ- ja elinkei-
noministeriön määritelmät sähkölaitteistojen luokituksista, Kaukaan tehtailla sähkö-
laitteistot ovat 2- ja 3- luokan sähkölaitteistoja.

5.2 Pienjännitesähkönjakelu Kaukaan sellutehtaalla

Pienjännitesähkönjakelu Kaukaan sellutehtaalla tapahtuu 690, 500 ja 400V:n jännite-tasoilla. Tehdasprosessin sähkömoottoreita syötetään yleisimmin 690 ja 500V:n ver-kosta mutta myös 400V:n verkkoa käytetään osassa tehdasta prosessin sähkömoottori-käyttöjen syöttämiseen. Luvussa 2.2. esiteltiin Kaukaan sellutehdas, jossa kerrottiin sellutehtaan olevan kaksilinjainen. Vanhemmalla koivumassaa valmistavalla selluteh-daslinjalla käytetään 500V:n prosessijännitettä ja uudemmalla havupuun massaa val-mistavalla tuotantolinjalla käytössä on 690V:n prosessijännite. Valaistusta ja joitakin sähkömoottorikäyttöjä syötetään 400V:n verkosta.

5.3 Pienjännitesähkönjakelujärjestelmien maadoitustavat

Pienjännitteisen jakelujärjestelmän maadoitustavat ilmoitetaan kahden kirjaimen yh-distelmällä ja tarvittaessa lisäkirjaimella. Ensimmäinen kirjain ilmoittaa jakelujärjes-telmän maadoitustavan. Sillä tarkoitetaan jakelumuuntajan alajännitepuolen maadoi-tustapaa (Mäkinen & Kallio 2004,s.9). Taulukko 2 kertoo jakelujärjestelmän maadoi-tustavan.

Taulukko 2. Jakelujärjestelmän maadoitustavat. (Mäkinen & Kallio 2004,s.9.)

| | |
|---|--|
| T = Yksi piste on yhdistetty suoraan maahan (T = Terra). | I = Kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta tai yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kanssa (I = Isolated). |
|---|--|

Toinen kirjain kertoo sähkölaitteiston jännitteelle alttiiden osien maadoitustavan (Mä-kinen & Kallio 2004, s.9). Taulukko 3:ssa kerrotaan kirjainten merkitys.

Taulukko 3. Sähkölaitteiston jännitteelle alttiiden osien maadoitustapa. (Mäki-nen & Kallio 2004,s.9)

| | |
|---|---|
| T = Jännitteelle alttiit osat on yhdistet-ty galvaanisesti suoraan maahan riip-pumatta jakelujärjestelmän maadoi-tustavasta (T = Terra). | N = Jännitteelle alttiit osat on yhdistet-ty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen, tavallisimmin tähtipisteeseen (N = Neutral). |
|---|---|

Mahdolliset lisäkirjaimet ilmaisevat nolla- ja suojamaadoitusjohtimien keskinäisen suhteen, nämä on esitetty taulukossa 4. (Mäkinen & Kallio 2004,s.9.)

Taulukko 4. Nolla- ja suojamaadoitusjohtimien keskinäinen suhde. (Mäkinen & Kallio 2004,s.9.)

| | |
|--|--|
| <p>S = Järjestelmässä on erilliset nolla – ja suojamaadoitusjohtimet (S = Separated).</p> | <p>C = Järjestelmän nolla – ja suojamaadoitusjohtimet on yhdistetty yhdeksi johtimeksi eli PEN-johtimeksi (C = Combined).</p> |
|--|--|

TN-verkko on maadoitettu sähköverkko ja IT-verkko maasta erotettu sähköverkko (Mäkinen & Kallio 2004, s.9). Liitteessä 1 on esitetty esimerkki IT-järjestelmästä. Suomessa käytetään vain TN- tai IT-järjestelmiä (Mäkinen & Kallio 2004,s.9).

Kaukaan tehtailla käytetään pienjännitteisinä sähköjakelujärjestelminä IT- ja TN-järjestelmiä. Sähköjakelujärjestelmistä 690 ja 500V:n järjestelmät ovat IT-verkkoja eli maasta erotettuja sähköverkkoja. 400V:n järjestelmät ovat pääsääntöisesti TN-C-S-jakeluverkkoja eli maadoitettuja sähköverkkoja.

Maasta erotetuissa verkoissa käytetään isompia pääjännitteitä (690V, 500V) kuin maadoitetuissa TN-järjestelmissä (400V). Vaikka tehtaan sähköjakelujärjestelmässä joudutaan käyttämään erilaisia muuntajia, niin isommilla jännitetasoilla saavutetaan silti seuraavanlaisia etuja:

- Pienemmät kaapeliin poikkipinnat, koska virrat ovat pienempiä
 - Pienemmät virtalämpöhäviöt
 - Edullisempi taajuusmuuttajan hankintahinta
 - Laitoksen parempi käyttövarmuus, koska eri jännitejärjestelmien viat eivät vaikuta toisiinsa
 - Kooltaan pienemmät sähkömoottorit, moottorikeskukset ja moottorilähdöt.
- (Mäkinen & Kallio 2004,s.10.)

Jos 690 tai 500V IT-järjestelmän yksi vaihejohdin koskettaa maadoitettua osaa, ei tapahdu maasulkua, eivätkä suojalaitteet toimi. Järjestelmä jatkaa toimintaansa vielä tällaisen ensimmäisen vian jälkeen. IT-järjestelmän sähkökeskukseen asennetaan kuitenkin niin sanottu maasulkurele, joka hälyttää tapahtuneesta maasulusta. Mikäli järjestelmässä tapahtuu toinen vika, syntyy oikosulku, suojalaitteet toimivat ja järjestelmä pysähtyy. (Mäkinen & Kallio 2004,s.10.)

5.4 Kaukaan sellutehtaan pienjännitejärjestelmän rakenne

5.4.1 690V ja 500V Pääkeskuskojeistot

Kaukaan sellutehtaalla on yhteensä 95 kappaletta 690V ja 500V pääkeskuskojeistoa. Yleensä yhtä pääkeskusta syötetään yhdellä jakelumuuntajalla ja jakelumuuntajat ovat suurimmaksi osaksi kytketty rinnakkain toisen jakelumuuntajan kanssa, jolloin yhdeltä 10,5kV syöttökentältä syötetään kahta jakelumuuntajaa. 690V ja 500V pääkeskuskojeistot ovat kaikki maadoitustavoiltaan maasta erotettuja järjestelmiä eli lyhyemmin IT-järjestelmiä, niin kuin edellä mainittiin.

690V pääkeskuksia on 45 kappaletta, joista 23 on varustettu pääkatkaisijalla eli noin puolessa 690V pääkeskuksista on pääkojeena katkaisijat, jotka sisältävät aseteltavan suojareleen. Lopuissa 690V pääkeskuksissa käytetään pääkojeena yleensä kuorman-kytkimiä. Lisäksi 690V keskuksissa on suojalaitteina yleensä ylivirtarele tai ylijännite-rele, maasulun valvontarele ja valokaarisuojausrele sekä hätäseis-painike, jolla voidaan tarvittaessa ohjata keskusta syöttävä 10,5kV katkaisija auki. Ylivirtarele ja valokaarirele toimivat suojalaitteina ja ohjaavat yleensä keskusta syöttävää 10,5kV katkaisijaa. Maasulun valvontarele on vain maasulkuvian ilmaisuun käytettävä laite eikä se ohjaa mitään katkaisijaa.

500V pääkeskuskojeistoja löytyy sellutehtaalta yhteensä 50 kappaletta, joista pääkatkaisijalla varustettuja on 18 kappaletta. Lopuissa keskuksissa käytetään pääkojeina kuormanerottimia tai kuormankytkimiä. Keskusten suojalaitteina käytetään pääsääntöisesti samoja laitteita kuin 690V keskuksissa, tosin valokaarisuojausreleitä ei ole kaikissa vanhemmissa 500V keskuskojeistoissa ollenkaan. Näiden lisäksi keskuksista löytyvät yleensä myös loistehon kompensointilaitteisto.

5.4.2 400V Pääkeskuskojeistot

Sellutehtaalla on yhteensä 114 kappaletta 400V pääkeskuskojeistoa ja näiden lisäksi mukaan tulevat vielä ala- ja ryhmäkeskukset. 400V keskuksia käytetään valaistukseen ja rakennussähköön sekä myös prosessilaitteisiin ja maadoitustapana käytetään yleisesti TN-S-järjestelmää. 400V keskukset saavat useassa tapauksessa syöttönsä 690V

tai 500V pääkeskukselta alamuuntajien kautta. Joissakin keskuksissa 400V pääjännite muunnetaan 10,5kV puolelta valaistusmuuntajalla. Lisäksi tärkeitä valaistusta syöttävät valaistuskeskukset on varustettu kaksoissyöttö-mahdollisuudella, jolloin esim. muuntajahuollon ajaksi voidaan valaistuksen syöttö ottaa toiselta jakelumuuntajalta. Näiden lisäksi turvallisuuden kannalta tärkeiden valaisimien pääkeskusten syöttö on varustettu kahdella toisistaan riippumattomalla sähkönsyötöllä, jolloin varasyöttö tulee tarvittaessa varavoimakoneelta. Näiden lisäksi rakennusten poistumistievalaistukset saavat varasyöttönsä erilliseltä akustolta.

400V pääkeskuksista yhdeksän kappaletta on varustettu keskuksen pääkatkaisijalla. Lopuissa 400V keskuksissa käytetään pääkojeina joko kuormanerotimia, kytkinvarokkeita tai kuormankytkimiä. Keskusten suojalaitteina käytetään ylivirtareleitä tai valokaarireleitä ja hätäseis-painikkeella voidaan laukaista keskuksen katkaisija auki. Lisäksi keskusten vikavirtaa valvotaan mittauksella.

5.4.3 Katkaisijat

Katkaisijat edustavat virtapiireissä niin sanottua sulakkeetonta suojausjärjestelmää. Niitä käytetään teollisuudessa suurjännitekojeistojen, pää- ja alakeskusten ja yksittäisten laitteiden suojaamiseen sekä virtapiirien avaamiseen ja sulkemiseen. Ne voivat olla keskuksen kennosta ulosvedettäviä, kennosta irrotettavia tai kiinteästi kennoon asennettavia malleja (Mäkinen & Kallio 2004,s.115). Seuraavassa esitellään Kaukaalilla käytössä olevat pienjännitejärjestelmien katkaisijatyypit.

Katkaisijat pystyvät avaamaan ja sulkemaan virtapiirin nimellisvirralla ja nimellisvirtaa moninkertaisesti suuremmalla ylivirralla oiko- tai maasulkutapauksissa. Ne viritetään eli suljetaan käsin, moottorin ohjaamana ja avataan käsin, moottorin ohjaamana tai automaattisesti ylivirtareleen laukaisemana. (Mäkinen & Kallio 2004,s.115.)

Ilmakatkaisijoita (tehonkatkaisijoita) asennetaan pienjännitteisten pääkeskusten pääkatkaisijoiksi tai suurten moottorien käynnistimiksi (Mäkinen & Kallio 2004,s.115). Katkaisukärjet ovat laitteen sisällä normaalipaineisessa ilmassa, ja ne on eristetty ympäristöstään tulenkestävällä valokaarisuojauksella. Suojuksen sisällä on tavallisesti lukuisia välilevyjä valokaaren sammumisen tehostamiseksi. Useimmiten ilmakatkaisijoissa on erikseen pää- ja valokaarikoskettimet. Kun katkaisija on suljettuna, virta

kulkee pääasiassa pääkoskettimien kautta. Katkaisijaa avattaessa pääkoskettimet avautuvat ennen valokaarikoskettimia, jolloin katkaisuvalokaari syntyy viimeksi mainittujen välille eivätkä pääkoskettimet silloin turmellu. Valokaarikoskettimien välinen valokaari sammutetaan vetämällä se nopeasti aikaisemmin mainittuun valokaarisuojuksen muodostamaan moniosaiseen sammutuskammioon. (Elovaara & Laiho 1999,s.252.)

Useimmat valmistajat varustavat ilmakatkaisijansa erityisellä magneettisella puhalluksella. Magneettivoimia voidaan käyttää myös itse koskettimien liikkeen tehostamiseen, näin tehdään yleensä pienjännitekatkaisijassa oikosulkuvirtaa katkaistaessa. Magneettipuhalluksessa valokaari ohjataan katkaistavan virran muodostaman magneetikentän avulla levyrakenteiseen sammutuskennostoon, jossa valokaari pitenee, jäähtyy ja lopulta sammuu. Magneettipuhalluksella varustettuja katkaisijoita valmistetaan aina 24kV käyttöjännitteisiin saakka. Niiden etuina ovat varsinkin pienet katkaisijan itsensä aiheuttamat ylijännitteet sekä suuri kytkentätiheys ja pitkät huoltovälit. Moottorikatkaisijat ovat usein magneettipuhalluksella varustettuja. (Elovaara & Laiho 1999,s.252)

Pienjännitteiset ilmakatkaisijat sisältävät aseteltavan ylivirtareleen. Ilmakatkaisijoita tehdään 3- tai 4-napaisina rakenteina 10kA-800 A nimellisvirralle ja 690V-1kV nimellisjännitteelle. Katkaisukyky on tyypillisesti 150kA. (Mäkinen & Kallio 2004,s.115.)

Tyhjökatkaisijat ovat rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia. Periaatteessa tarvitaan vain kiinteä ja liikkuva kosketin, jotka molemmat sijoitetaan tyhjösäiliöön. Kun koskettimet erkanevat toisistaan jää valokaari palamaan kosketinpinoilta höyrystyneeseen metallipilveen eikä ionisoituneeseen kaasuun kuten muissa katkaisijarakenteissa. Virran nollakohdassa metallihöyryn ionisaatio katoaa ja itse höyry tiivistyy. Tämä prosessi tapahtuu hyvin nopeasti, mistä syystä tyhjökatkaisijan katkaisukyky ei riipu juuri ollenkaan palaavan jännitteen muodosta ja jyrkkyydestä. Tyhjän hyvän jännitelujuuden vuoksi 5...15 mm avausväli riittää kyllin suuren jännitelujuuden saavuttamiseen (Elovaara & Laiho 1999,s.260.) Tyhjökatkaisijoita valmistetaan 3-napaisina rakenteina 1-36kV jännitteelle ja 3150-630 A nimellisvirroille, niiden katkaisukyky on tyypillisesti 20kA. (Mäkinen & Kallio 2004,s.115.)

Kompaktikatkaisijat käyvät pienjännitteisten jakeluverkkojen ylivirtasuojaukseen, moottorien käynnistimien suojaukseen ja kuorman erottimiksi. Kompaktikatkaisija rakentuu katkaisijarungosta ja siihen valittavasta suojarieleestä. Niihin saa lisävarusteina alijännittekelan, työvirtalaukaisimen, vikavirtasuojakytkimen, apukoskettimia ja moottoriohjaimen. Kompaktikatkaisijoissa on myös sähköturvallisuuden kannalta luotettava asennon osoitus ja vääntimen lukitus. Kompaktikatkaisijoita valmistetaan 2-4-napaisina rakenteina 1600-125 A nimellisvirralle ja 240-690V nimellisjännitteelle. Niiden katkaisukyky on jopa 150kA. (Mäkinen & Kallio 2004,s.116.)

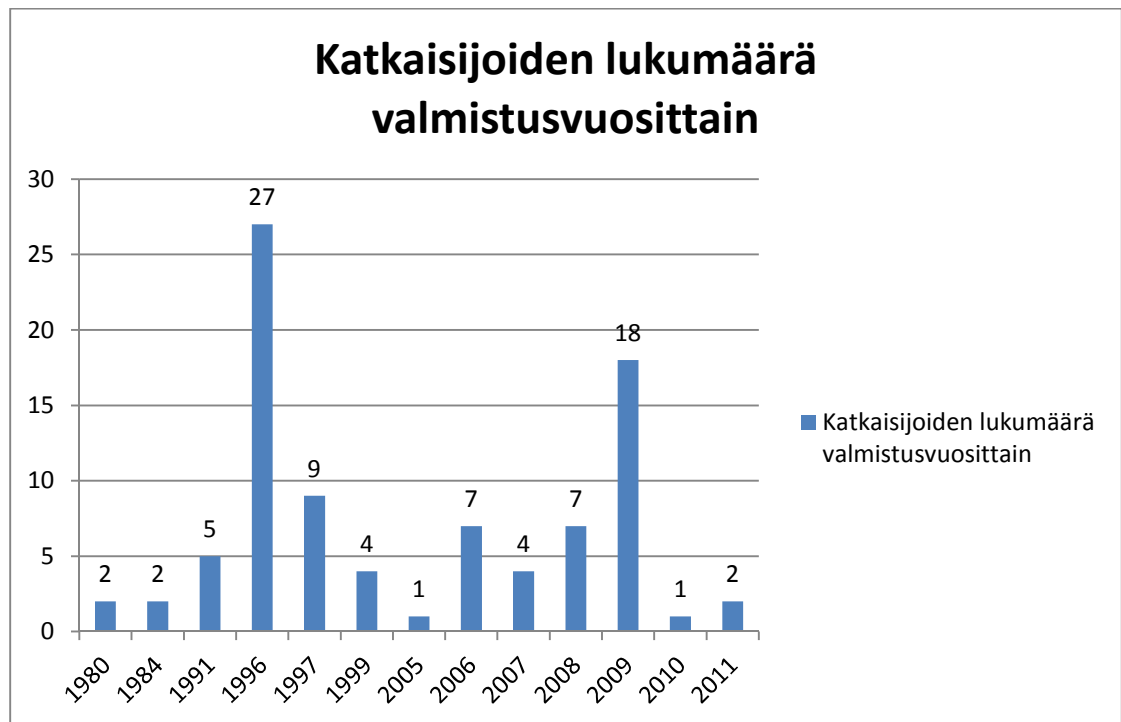
Katkaisijoita käytetään Kaukaan sellutehtaan sähköjakelussa laajasti. Yhteensä katkaisijoita on sellutehtaan pienjännitesähköjakelujärjestelmässä 89 kappaletta, joista pääkeskuskatkaisijoita on 48 kappaletta, moottorilähtöjen katkaisijoita 31 kappaletta ja varakatkaisijoita kymmenen kappaletta. Pienjännitekatkaisijatyyppeinä ovat suurimmaksi osaksi edustettuina ilmakatkaisijat, joiden lisäksi käytössä on myös kompaktikatkaisijoita ja hyvin vähäisesti käytössä on myös tyhjökatkaisijoita. Kuvassa 3 on esiteltyä Kaukaan sellutehtaan pienjännitekatkaisijatyypit, josta nähdään, että suurin osa sellutehtaan pienjännitekatkaisijoista on tyypiltään ilmakatkaisijoita. Jonkin verran käytössä on myös kompaktikatkaisijoita ja hyvin pienen osan muodostavat tyhjökatkaisijat.



Kuva 3. Sellutehtaan pienjännitekatkaisijatyypit.

Katkaisijat jakaantuvat Kaukaan sellutehtaalla eri valmistusvuosille hyvin laajasti. Vanhimmat käytössä olevat katkaisijat ovat 1980-luvulta ja uusimmat 2000-luvulta.

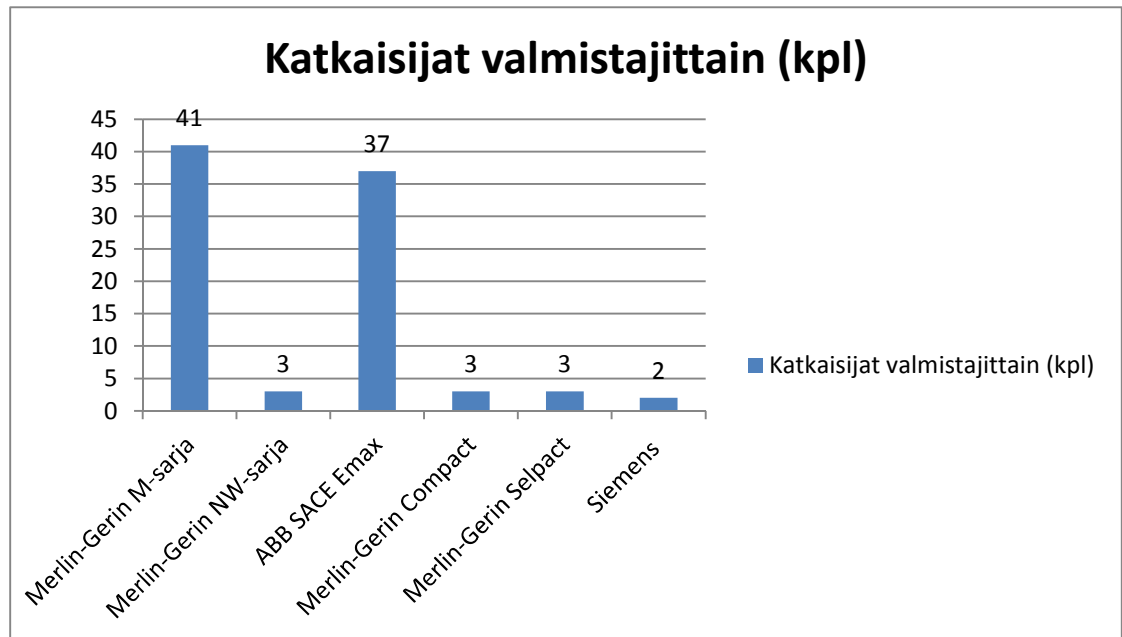
Pienjännitekatkaisijoiden käyttöiät vaihtelevat suuresti riippuen valmistajasta, käyttö- ja ympäristöolosuhteista, käytetystä tekniikasta ja laitteen kunnossapidosta, mutta tämän päivän katkaisijoilla teoreettisena käyttöikä voidaan pitää 40-50 vuotta kunnossapidosta, käytöstä ja ympäristöolosuhteista riippuen, tosin katkaisijan suojariekin käyttöikä voi tulla vastaan jo aiemmin (Liukka 2013). Kuvassa 4 on jaoteltu kaikki sellutehtaan pienjännitekatkaisijat valmistusvuosittain. Kuvasta nähdään, että 41 katkaisijaa on vuosilta 1991-1997, joten niiden katkaisijoiden voidaan olettaa olevan lähivuosina teoreettisen käyttöikänsä puolessa välissä. Neljä katkaisijaa alkaa olla jo teoreettisen käyttöikänsä loppupuolella.



Kuva 4. Sellutehtaan pienjännitekatkaisijat valmistusvuosittain.

Sellutehtaan pienjännitekatkaisijat jakaantuvat valmistajittain Merlin-Gerinin ja ABB:n valmistamiin katkaisijatyyppeihin ja lisäksi tehtaalta löytyy kaksi Siemensin valmistamaa katkaisijaa. Kuvassa 5 on esitelty katkaisijoiden jaottelu valmistajittain sellutehtaan osalta. Merkille pantavaa kuvassa 5 on se, että Merlin-Gerinin M,- Compact,- ja Selpact -sarjan katkaisijatyyppeihin ei ole enää saatavilla varaosia. Kuvasta 5 nähdään, että Merlin-Gerinin M-sarja on tehtaan yleisin pienjännitekatkaisijatyyppeihin. Merlin-Gerinin M-sarjan katkaisijoiden osalta varaosien saanti päättyy vuoden 2013 aikana (Schneider electric 2013). Myöskään kahdelle Siemensin valmistamalle katkaisijatyypille ei ole saatavilla enää varaosia, mutta katkaisijan käyttöiän tultua täyteen voidaan katkaisija niin sanotusti peruskorjata, mutta tämä vaatisi katkaisijan lähettä-

misen Siemensin tehtaalle Saksaan (Laitinen 2013). ABB Sace- ja Merlin-Gerinin NW-sarjan osalta tilanne on huomattavasti parempi, koska kyseessä ovat uudet katkaisijaperheet.



Kuva 5. Sellutehtaan pienjännitekatkaisijat valmistajittain.



Kuva 6. ABB:n ilmakatkaisija asennettuna pääkeskukseen.

5.4.4 Erottimet

Kytkinlaitoksissa on käytössä erottimia, kuorman ja varokekuormanerotimia sekä maadoituserottimia ja maadoituskytkimiä. Erotin on mekaanisesti toimiva kytkinlaite, joka auki-asennossa saa aikaan luotettavan avausvälin ja kiinniasennossa kykenee johtamaan kuormitus- ja oikosulkuvirran, mutta jolta ei vaadita katkaisu- eikä sulkemiskykyä. Auki-asennossa erottimen avausvälin on oltava selkeästi nähtävissä tai ilmaistu muulla luotettavalla tavalla. Kiinni-asennossa erottimen on yhdistettävä virtapiirin kumpikin osa luotettavasti ja sen on kestävä samat rasitukset kuin siihen liitetyn johdon tai kiskoston. Luotettavuus edellyttää myös erottimen käyttölaitteineen olevan sellainen, ettei erotin voi avautua tai sulkeutua painovoiman, tuulen, värinän, iskun tai tahattoman kosketuksen kautta. Jotta erottimia ei vahingossakaan ohjattaisi virrallisina, ne voidaan lukita joko sähköisesti tai mekaanisesti ääriasentoihin. Erottimien ohjaimina käytetään käsiohjainta, paineilmahjainta tai moottoriohjainta. (Monni 2005,s.38.)

Eroittimia käytetään:

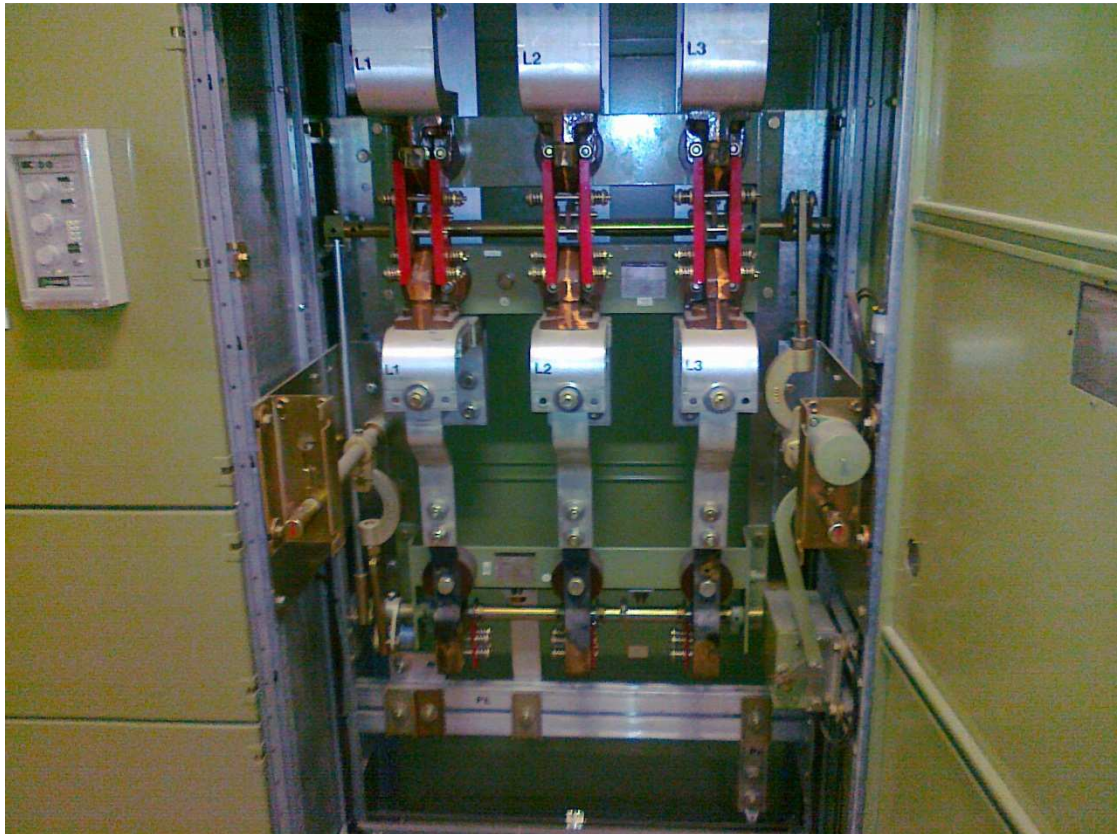
- Erottamaan laitteita käyttöjännitteestä huollon tai tarkastuksen ajaksi.
- Erottamaan virtapiiri sellaisesta kohdasta, josta se on voitava jakaa osiin.
- Erottimen avulla aikaansaadaan näkyvä avausväli, joka on tarpeen laitteen jännitteettömäksi tekemisessä. (Monni 2005,s.38.)

Kuormanerotin eroaa tavallisesta erottimesta siinä, että sillä on tavallisen erotintoiminnon lisäksi myös virran katkaisukyky. Varsinaisten kytkentäveitsien lisäksi kuormanerotimessa ovat kipinäveitset ja sammutuskammiot. Kuormanerotin avataan ja suljetaan ohjaimen avulla. Kuormanerotin avaus- ja sulkemisnopeuden määrää kuormanerotin jousilaite. Avattaessa pääveitset avautuvat ensin, jolloin virta kulkee kipinäveitsien kautta. Hetkistä myöhemmin avautuvat kipinäveitset synnyttäen valokaaret sammutuskammioihin. Sammutuskammioiden vaikutuksesta valokaari sammuu ennen kuin veitset tulevat kammioista ulos. Suljettaessa kuormanerotin sen pääveitset sulkeutuvat ennen kipinäveitsiä. (Monni 2005,s.39.)

Maadoituserottimella täydennetään muita erottimia tai se asennetaan erillisenä. Maadoituserottimen sijoituspaikka määräytyy sen mukaan, mistä syöttö kennoon tai kis-

kostoon tulee. Maadoituserottimella työmaadoitetaan jännitteettömäksi otettu joh-
tosuunta tai kiskosto. Maadoituserottimet ovat turvallisempia ja helpompia käyttää
kuin siirrettävät maadoitusvälineet. Maadoituserotin on niin ohjattu, että sitä ei saa
kytketyksi jännitteiseen kiskostoon. Maadoituserottimella on mahdollista työmaadoit-
taa takasyötön vuoksi myös jännitteinen johto. Maadoituserottimen ohjaimen on lukit-
tava maadoitusveitset niin, ettei esim. oikosulkuvirta pysty niitä avaamaan. (Monni
2005,s.39.)

Eroittimia sellutehtaan pienjännitesähkönjakelujärjestelmässä on yhteensä 23 kappalet-
ta. Eroittimia käytetään sellutehtaalla pääkeskusten pääkojeena eli tyypiltään ne ovat
kuormanerotimia ja niiden yhteydessä on myös maadoituserotin. Eroittimet ovat
Strömbergin valmistamia ja ne jakaantuvat valmistusvuosille 1980–1985.



**Kuva 7. Keskuksen pääkojeena käytettävä Strömbergin kuormanerotin asennet-
tuna keskuksen kiskostoon ja alhaalla maadoituserotin. Kuvassa oikealla on erot-
timen ohjain käyttömekanismineen ja vasemmalla maadoituserottimen ohjain.
Kytkeväveitsien punainen väri helpottaa veitsien asennon näkymistä.**

5.4.5 Kontaktori- ja kytkinvarokelähdöt

Kontaktorit ovat keskeisimpiä teollisuuden sähköasennusten komponentteja. Niitä käytetään päävirtapiireissä ohjaamaan pääjännitteitä, suuria virtoja ja suuria sähkötehoja. Niiden toimintaperiaate on samanlainen kuin releillä, mutta avausvälejä on yleensä kaksi vaihetta kohti. (Mäkinen & Kallio 2004,s.122.)

Kontaktoreissa on yleensä kolme päävirtapiirin kosketinsarjaa (L1-L2-L3) ja muutamia avautuvia ja sulkeutuvia apukoskettimia. Myös nelinapaisia kontaktoreita on saatavilla. Kontaktoreihin voi lisävarusteena liittää erilaisia apukosketinlohkoja, ajastinyksiköitä ja salpayksiköitä. (Mäkinen & Kallio 2004,s.123.)

Kontaktoreiden toimiessa syntyy kipinöintiä erityisesti induktiivisilla kuormilla (moottorikäytöt, kuristimet) piirin itseinduktion vaikutuksesta, joten kontaktorit luokitellaan kytkentäolosuhteiden ja käyttötilanteiden mukaan. Kontaktorien käyttö moottoreiden käynnistiminä vaatii yleensä vaikeisiin tai erittäin vaikeisiin kytkentäolosuhteisiin tarkoitettuja kontaktoreita. Puhtailla resistiivisillä kuormilla kontaktorien kytkentätilanteiden aiheuttamaa kipinöintiä ei juuri esiinny, joten puhtaasti resistiivisillä kuormilla voidaan käyttää helppoihin kytkentäolosuhteisiin tarkoitettuja kontaktoreita. (Mäkinen & Kallio 2004,s.123.)

Oikosulku kontaktorin jälkeisessä piirissä aiheuttaa suuret avautumisvoimat koskettimiin, jolloin ne pyrkivät aukeamaan. Tämän seurauksena syntyy valokaari, joka sulattaa kärjet ja hitsaa ne toisiinsa kiinni. Pahimmassa tapauksessa seurauksena voi olla vaiheiden välinen oikosulku tai maasulku ja koko kennon tuhoutuminen. Suurten oikosulkuvirtojen katkaisemiseksi nopeasti asennetaan kontaktorin suojaksi etusulakkeet, kytkinvaroke tai katkaisija. Usein kontaktorien suojina käytetään joko katkaisijaa tai kytkinvaroketta, joka on kuormankytkimen ja varokealustan muodostama suojalaite. Kytkinvarokkeen sulakkeet voidaan vaihtaa kun kytkin käännetään 0-asentoon, jolloin sulakkeiden vaihto on turvallista tehdä. (Mäkinen & Kallio 2004,s.123.)

Kontaktorin yhteyteen asennetaan yleensä ylikuormitusrele (lämpörele), joka toimii moottorin päävirtapiirin suojalaitteena. Ylikuormitusrele kiinnitetään kontaktoriin mekaanisesti ja ohjauskärjet yhdistetään sähköisesti kontaktorin kelan ohjauspiiriin, jolloin muodostuu käynnistin. Ylikuormitusrele kytketään suuren nimellisvirran otta-

miin moottorilähtöihin virtamuuntajan kautta, joka muuntaa suuren ensiövirran releellä sopivaan arvoon. Ylikuormitusrele toimii luotettavasti melko pienilläkin ylivirran arvoilla. Kun rele laukeaa, on virittäminen tehtävä käsin tai joissakin malleissa se voidaan valita myös automaattiseksi. Releen laukaisun virta-arvoa voidaan säätää. Nykyiset ylikuormitusreleet ovat usein elektronisia, jolloin saavutetaan hyvin tarkka suojaus ja ne tarjoavat jossain määrin myös vinokuormitussuojauksen moottorin päävirtapiirille. Ylikuormitusrele ei kuitenkaan ole itsessään suojalaite, vaan se täytyy suojata sopivilla etusulakkeilla tai katkaisijalla. Moottorin suojaksi ylikuormitusrele soveltuu kuitenkin erinomaisesti. (Mäkinen & Kallio 2004,s.118.)

Kontaktorien tyypillisiä ominaisuuksia ovat suuri mekaaninen ikä (miljoonia toimintakertoja) ja se, että käyttöjännitteen hävitessä kontaktori avautuu itsestään. (Elovaara & Laiho 1999,s.252.)

Sellutehtaan moottorikäytöissä käytetään yleisimmin kontaktorilähtöjä. Etukojeena kontaktorilähdöissä on yleensä kytkinvaroke tai katkaisija. Kontaktorilähtöjä käytetään sellutehtaalla useimmin pumppu- ja puhallinkäytöissä, joissa ei ole tarvetta moottorikäytön tarkemmalle säädölle. Kontaktorit, kytkinvarokkeet ja lämpöreleet ovat pääsääntöisesti 1980- ja 1990-luvuilta lukuun ottamatta joitakin modernisoituja keskuksia tai keskuslähtöjä. Kaukaan voiman tiloissa moottorilähtöjen komponentit ovat vuodelta 2009. Huomattava osa sellutehtaalla käytössä olevista kontakteista on Strömbergin valmistamia vanhempia kontaktorityyppejä, joita ei enää valmisteta. Toisen pienemmän osan muodostavat ABB:n valmistamat uudemmat kontaktorityypit.

5.4.6 Taajuusmuuttajakäytöt

Taajuusmuuttaja on vaihtovirtaverkoissa käytettävä laite, jonka päätarkoitus on kolmivaiheisen oikosulkumoottorin pyörimisnopeuden säätö. Sillä muodostetaan kolmivaiheinen vaihtojännite, jonka lähtötaajuutta voidaan säätää syöttävän verkon taajuudesta riippumatta. Normaalikäytössä säätöalue on 0-50Hz. Erikoistapauksissa voidaan taajuutta korottaa jopa 7000 Hz asti. Moottorin käynnistyksessä saadaan riittävä käynnistysmomentti jännitettä ja virtaa säätämällä, eikä moottorin kestävyys vaarannu. (Mäkinen & Kallio 2004,s.137.)

Taajuusmuuttajaa syöttävä verkkojännite tasasuunnataan häiriösuojauspiirien jälkeen, jolloin muodostuu ns. välipiirin jännite. Vaihtosuuntaus halutulle taajuudelle tehdään IGBT-transistoreilla ohjausmoduulin moottorihjauksen säätämänä. Moottorille menevää jännitettä ja virtaa mitataan koko ajan. Mittaustieto välitetään moottori- ja sovellusohjausyksikköön jossa on parametroidut asetusarvot halutulle moottorin toiminnalle. Mikäli mittaustieto ja asetusarvo eivät vastaa toisiaan, säätää ohjauselektronikka vaihtosuuntaajaa. Ohjausmoduulissa on paikallisohjausyksikkö, jolla laite parametroidaan. Moduulissa on myös ohjaus I/O-liitännät automaatiojärjestelmälle. Välipiiristä saadaan tasajännite laitteen elektroniikalle. Tehoelektronikan lämpöhäviöiden vuoksi taajuusmuuttajassa tarvitaan myös voimakas jäähdytyspuhallin. (Mäkinen & Kallio 2004,s.137.)

Taajuusmuuttajakäyttöjä käytetään sellutehtaan niissä pumppu- ja puhallinkäytöissä, joissa tarvitaan moottorin pyörimisnopeuden säätöä ja näin ollen tehdasprosessin helpompaa hallintaa. Lisäksi taajuusmuuttajakäyttöjä on käytössä sellun kuivauskoneiden linjakäytöissä, joissa vaaditaan usein hyvinkin tarkkaa moottorin pyörimisnopeuden säätöä. Taajuusmuuttajien valmistus- ja käyttöönottovuodet jakaantuvat sellutehtaalla 1980-luvusta alkaen aina tähän päivään saakka. Käytössä on yleisimmin ABB:n, Siemensin ja Vaconin valmistamia taajuusmuuttajia.

Taajuusmuuttajaa käyttämällä säästetään energiaa erityisesti pumppu- ja puhallinkäytöissä, joissa vastamomenttikäyrä on neliöllinen eli näiden laitteiden vastamomentti kasvaa pyörimisnopeuden neliössä ja tehon kulutus pyörimisnopeuden kuutiossa. Samalla säästetään moottoria, koska taajuusmuuttaja säätää taajuutta ja virtaa siten, että moottorin kiihdytys on prosessin kannalta edullisin, jolloin pienennetään moottorin suurta käynnistysvirtapiikkiä ja sähköverkon äkillistä kuormitusta. Lisäksi pumppukäytöissä poistetaan nesteiden paineiskut putkistoissa ja kuljetinkäytöissä vähenevät mm. hammaspyörien ja kiilahihnojen mekaaniset rasitukset. Lisäksi prosessia on myös helpompi säätää taajuusmuuttajaa käyttämällä. (Mäkinen & Kallio 2004,s.137.)

5.4.7 Kompensointi

Sähköverkossa olevat induktansseja sisältävät komponentit kuten kuristimet, muuntaajat ja sähkömoottorit kuluttavat aina loistehoa ja pätötehoa. Pätöteho syntyy käämilangan resistanssissa ja loisteho kuluu käämin magneettikentän synnyttämiseen. Kää-

min magneettikentässä oleva energia sykkii edestakaisin sähköverkon ja käämikomponentin välillä. Kun käänin läpi kulkeva vaihtovirta kasvaa huippuarvoonsa, varautuu käänin magneettikenttään energiaa. Kun vaihtovirta saavuttaa nollakohdan, virtaa käänin magneettikentän energia takaisin sähköverkkoon. Loisteho ei ole todellista, kunnan työtä tekevää tehoa vaan se sykkii edestakaisin sähköverkossa. (Mäkinen & Kallio 2004,s.17.)

Loistehosta on haittaa sähköverkossa, koska liiaksi induktiivinen tai kapasitiivinen virta rasittaa verkon komponentteja ja sähkön siirtolaitteita sekä lisäksi sähköjakeluyhtiö perii maksua käytetystä loistehosta. Käämityksiä sisältävät laitteet kuitenkin tarvitsevat loistehoa magneettikentän ylläpitämiseen, joten käämityksien vaatimaa loistehoa täytyy kompensoida. Kompensointiin käytetään erillisiä kompensointikondensaattoreita, jotka kytketään rinnan käämityksiä sisältävän komponentin kanssa. Kondensaattori muodostaa käämikomponentin kanssa rinnakkaisresonanssiipiirin, joka viritetään verkon taajuudelle eli 50Hz:lle. Rinnakkaisresonanssissa käänin ottama induktiivinen loisvirta ja kondensaattorin ottama kapasitiivinen loisvirta kumoavat toisensa, jolloin verkosta otettu virta on puhtaasti resistiivistä, jos kytkennässä on resistanssia. (Aura & Tonteri 2009,s.254.)

Käytännössä rinnakkaisresonanssista voi olla haittaa, jos verkossa esiintyy yliaaltoja sillä taajuudella, jolle resonanssiipiiri on viritetty. Tällöin yliaaltovirratt vahvistuvat moninkertaisiksi, joka aiheuttaa sähkön laadun huononemista sekä häiriöiden ja vaurioiden todennäköisyyden kasvua. Jotta resonanssista aiheutuva yliaaltojen vahvistuminen vältetään yliaaltopitoisessa verkossa, varustetaan kompensointikondensaattorit usein estokeloilla, jolloin rinnakkaisresonanssia ei voi syntyä syöttävän verkon kanssa. Estokelat suojaavat kondensaattoreita yliaalloilta, mutta estokelaparisto ei yleensä suodata yliaaltoja pois itse verkosta. (ABB 2000,s.6)

Loistehon kompensointi olisi parasta toteuttaa siellä, jossa loistehoa syntyy eli mahdollisimman lähellä loistehon kulutuspiistettä. Usein tällaista ratkaisua käytettäessä joudutaan kuitenkin kalliisiin investointeihin. Näin ollen käytetään yleensä pääkeskuskohtaista kompensointia (Männistö 2006,s.48). Erilaisia kompensointitapoja ovat:

- **Yksittäiskompensointi**, jota sovelletaan tavallisesti moottoreille, joskus myös purkauslampuille. Kompensointi toteutetaan tällä menetelmällä laitekohtai-

sesti. Kompensointikondensaattorit kytketään tähteen komponentin rinnalle, esim. moottorin turvakytkin voidaan varustaa kompensointikondensaattoreilla. Edellytyksenä on, että loistehon vaihtelu käyttöolosuhteissa on pienehkö. Pitkillä syöttöjohdoilla saavutetaan suurimmat säästöt teho- ja jännitehäviöissä tai kaapelimitoituksessa. (ABB 2000,s.4.)

- **Kojeryhmien kompensointi** kiinteillä paristoilla sopii parhaiten kojeryhmille, joissa loistehon vaihtelut ovat pienehköt ja kojeiden etäisyydet keskukselta pienet verrattuna keskusta syöttävään johtoon. Paristo sijoitetaan ryhmäkeskuksen luo, joskus itse keskukseseen, ja varustetaan kytkimellä ja sulakkeilla. Moottoriryhmän kondensaattorin tulee kytkeytyä automaattisesti irti ryhmää syöttävän katkaisijan avautuessa, koska itseherätys voi aiheuttaa ylijännitteen, jos osa moottoreista seisoo. (ABB 2000,s.4)
- **Keskitettyssä kompensoinnissa** kompensointiparistot sijoitetaan pääkeskukseseen, josta niille varataan sulakkeelliset lähdöt. Joskus paristot sijoitetaan suoraan muuntajan alajännitepuolen napoihin sulakkeilla suojattuna. Keskitetty kompensointi hoidetaan nykyisin pääasiassa automaattisilla paristoilla, joissa loistehon säädin mittaa jatkuvasti verkon tehokerrointa ja lisää kondensaattoriportaita -tai kytkee niitä irti aina kulloisenkin tarpeen mukaan. Näin vältetään myös ylikompensoinnilta. Mikäli verkossa on yliaaltoja tuottavaa kuormaa, hoidetaan kompensointi joko estokelaparistoilla tai yliaaltosuodattimilla. (ABB 2000,s.4.)

Kaukaalla käytetään useimmin pienjännitekompensointia keskitettynä. Usein käytetään loistehon säätimellä varustettuja estokelaparistoja tai kondensaattoriparistoja. Syötöstä mitataan virtamuuntajan avulla kuormitusten loistehon tarvetta ja tämän mukaan säädin kytkee kondensaattoriportaita päälle ja pois tarpeen mukaan. Loistehon säätimeen on aseteltu halutut havahtumisrajat sekä induktiiviselle että kapasitiiviselle puolelle. Kondensaattoriportaita ohjataan kontakteilla. Useimmiten tehokerroin eli $\text{COS } \varphi$ pidetään alle yhdessä, jolloin vältetään liialliselta pääjännitteiden nousulta syöttävässä verkossa ja eliminoidaan mahdolliset yliaaltojen vahvistumiset. Kaukaan sellutehtaalla käytössä olevat pienjännitekompensoinnit ovat vuosilta 1984-85 ja 1991-96 sekä uusimmat ovat 2000-luvulta. Kompensointien teoreettisena käyttöikä

voidaan pitää käyttö-olosuhteista ja tyypistä riippuen 20-30 vuotta (Rissanen 2013), joten vanhimmat kompensoinnit alkavat olla jo käyttöikänsä loppupuolella.

Kompensoinnilla saavutetaan erilaisia etuja, kuten jo edellä mainittiin. Seuraavassa esitellään kompensoinnilla saavutettavat hyödyt:

- **Suurempi verkon siirtokapasiteetti**, kompensoinnilla lisätään verkon siirtokapasiteettia koska kuormitusvirran loiskikomponentti pienenee, jolloin verkon pätehtehon siirtokapasiteetti kasvaa. (Männistö 2006,s.49.)
- **Pienemmät häviöt**, kompensoinnin aiheuttama kokonaisvirran pieneneminen vähentää verkon pätehtehohäviöitä eli keskusten, kaapelien ja muuntajien lämpötila alenee. (Männistö 2006,s.50.)
- **Pienempi jännitteen alenema**, kompensointi pienentää loisvirtaa jolloin pienenee myös jännitteen alenema sähköverkossa, jonka vaikutus on merkittävä etenkin suurilla poikkipinnoilla ja pitkillä siirtoetäisyyksillä. (Männistö 2006,s.51.)
- **Loistehomaksut** pienenevät. (Mäkinen & Kallio 2004,s.20.)

Kompensoinnin haittapuolina voidaan mainita ainakin syöttävän verkon pääjännitteiden kasvu kun tehokerrointa nostetaan, tämä saattaa rasittaa tai pahimmassa tapauksessa vaurioittaa käyttöjännitteestään tarkkoja laitteita. Lisäksi pelkät kondensaattoriparistot voivat vahvistaa yliaaltoja moninkertaisiksi, jos yliaaltoja esiintyy kondensaattoreiden ja syöttävän sähköverkon resonanssitaajuudella, tämä saattaa lisätä erilaisia häiriöitä herkemmillä laitteilla. Lisäksi yhtenä huonona puolena kompensoinnissa on se, että sähkökeskukseen tai laitteen yhteyteen joudutaan lisäämään vielä yksi laite lisää, joka sekin tarvitsee säännöllistä huoltoa ja valvontaa, ja joka voi myös vikaantua. Pidemmällä tähtäimellä ajateltuna kompensointi on kuitenkin investointi, jota kannattaa huoltaa.

5.4.8 Yliaaltojen suodatus

Epälineaaristen kuormitusten sähköverkosta ottama virta poikkeaa sinimuodosta. Tällainen kuorma on verkon kannalta yliaaltojen lähde. Tavallisimpia yliaaltolähteitä ovat:

- AC-käytöt (Taajuusmuuttajat)
- DC-käytöt
- UPS-laitteet
- Erilaiset purkauslamput
- Sähkösuotimet. (ABB 2000,s.7.)

Yliaaltolähteen verkkoon syöttämät yliaaltovirrat aiheuttavat verkossa jännitesäröä, THD(U) eli myös jännitteen käyrämuoto poikkeaa sinimuodosta. Kolmivaiheiset kuormitukset aiheuttavat parittomia yliaaltotaajuuksia (5., 7., 11. ja 13. jne). Yksivaiheiset kuormitukset aiheuttavat lisäksi 3. yliaaltoa ja sen kerrannaisia. (ABB 2000,s.6)

Yliaallot aiheuttavat sähköverkossa erilaisia ongelmia:

- Lisähäviöt verkkokomponenteissa
- Suoja- ja mittalaitteiden virhetoiminnot
- ATK- ja automaatiojärjestelmien häiriöt ja vauriot
- Nollajohtimen ylikuormitus 3. yliaaltovirrasta
- Resonanssit kompensointikondensaattoreiden ja verkon välillä (ABB 2000,s.6)

Yliaaltojen hallinta sähköverkossa voidaan toteuttaa ylimitoittamalla verkkoa, minimoimalla niiden synty tai suodattamalla. Verkon ylimitoittaminen ei ole taloudellisesti mielekäästä vaikka sillä voidaankin perinteisesti hallita niin yliaaltoja kuin loistehoakin. Nykyisellä puolijohdetekniikalla voidaan taas rakentaa sellaisia suuntaajakäyttöjä, joilla yliaallot saadaan minimoitua. Useimmiten käytetään kuitenkin yliaaltosuodattimia eli imupiirejä. Imupiirit ovat yliaaltotaajuuksille viritettyjä sarjaresonanssipiirejä (ABB 2000,s.8). Yliaaltosuodatin tuottaa tarvitsevan loistehon ja myös poistaa yliaaltovirtoja verkosta ja näin nostaa sähkön laatua pienentämällä verkon jännitesäröä. (Männistö 2006,s.61.)

Kaukaalla käytetään yliaallon imupiirejä 5. ja 7. yliaallolle ja laajakaistasuodatinta lähinnä keskijänniteverkon puolella. Pienjänniteverkon puolella käytetään joissain keskuksissa kompensointikondensaattorien kanssa sarjassa estokeloja, joilla voidaan estää kondensaattorin rinnakkaisresonanssi syöttävän verkon kanssa ja näin estää yliaaltojen vahvistumista resonanssissa. Estokelapariistoilla voidaan myös suodattaa 10-

30 % 5. yliaaltovirran määrästä, kun käytetään 189Hz viritystaajuutta. (Männistö 2006,s.59.)

5.4.9 Suojareleet

Suojarele on laite sähkönjakelujärjestelmässä, jonka tehtävänä on suojata eri kohteita esimerkiksi ylivirroilta- tai ylijännitteiltä. Yleensä suojareleillä suojataan tärkeät kohteet, joita ovat esimerkiksi muuntajat, pääkeskukset tai sähkömoottorit. Suojarele voidaan kytkeä suoraan päävirtapiiriin, jolloin puhutaan ensiö- tai primäärireleistä. Ensiöreleitä käytetään joskus esim. keskijänniteverkoissa oikosulkusuojina, jolloin ne kytketään suoraan katkaisijan liittimiin. Yleisimmin käytetään kuitenkin mittamuuntajien välityksellä päävirtapiireihin liitettäviä toisio- tai sekundäärireleitä. Suojarele mittaa koko ajan suojattavaa järjestelmää ja sen päävirtapiiriä. Suojareleeseen asetellaan raja-arvot mitattaville suureille ja jos raja-arvo ylitetään tai alitetaan, rele havahtuu tietyn toiminta-ajan jälkeen ja antaa siitä tarvittaessa ohjausimpulssin yleensä kohdetta syöttävälle katkaisijalle, joka aukeaa ja näin erottaa vikapaikan sähköverkosta. Ohjausimpulssin antoa voidaan myös tarvittaessa hidastaa. Rele koostuu siten normaalisti havahtumiselimestä, mittaelimestä ja aikaelimestä. Usein tarvitaan lisäksi ns. suuntaelin, jolla voidaan määrittää esim. tehon virtaussuunta. Suojarele voi tehdä myös pelkästään merkinannon johonkin valvontajärjestelmään, näin toimii yleensä maasta erotetun pienjänniteverkon pääkeskuksen maasulkurele ensimmäisen maasulkuvian tapahtuessa. Suojareleen toimintatapa riippuu suojattavasta kohteesta, verkon rakenteesta- ja maadoitustavasta. (Elovaara & Laiho 1999,s.391.)

Teknisen toteutuksensa perusteella suojareleet voidaan jakaa kahteen ryhmään, nimittäin sähkömekaanisiin suojareleisiin sekä staattisiin eli elektronisiin suojareleisiin. Sähkömekaaniset releet sisältävät nimensä mukaisesti liikkuvia osia. Koon ja tehontarpeen pienentämiseksi releet ovat usein kestopolymerialueilla varustettuja kiertokäämireleitä eli polarisoituja releitä, joiden käyttö edellyttää esimerkiksi mitattavan virran tasasuuntaamista. (Elovaara & Laiho 1999,s.392.)

Staattisissa releissä käytetään sekä yksittäisiä puolijohdekomponentteja että mikropiirejä sisältäviä kytkentöjä. Staattiset releet ovat korvanneet vanhoja sähkömekaanisia releitä, joita kuitenkin on vielä käytössä vanhoissa järjestelmissä. Staattisilla releillä voidaan toteuttaa paljon vaativampia suojaustoimenpiteitä kuin sähkömekaanisilla

releillä. Staattisten releiden etuihin kuuluvat mm. lyhyet toiminta-ajat, toimintiarvojen tarkkuus, pieni tehonkulutus, pieni koko, hyvä sään- ja värinänkestoisuus, kulumattomuus, vähäinen huollon tarve ja itsevalvonta. Pieni tehonkulutus merkitsee samalla parempaa suojausten tarkkuutta. Staattisten releiden haittapuolina ovat herkkyys ylijännitteille ja sähkömagneettisille häiriöille ja jatkuva aputehon tarve. (Elovaara & Laiho 1999,s.392.)

Mikroprosessoripohjaiset älykkäät releet mittaavat, kuten muutkin releet, suojauskohteen signaaleja, hyödyntävät asentotietoja ja katkaisijan ohjauksia sekä antavat ilmoituksia. Päätelykykynsä avulla älykäs suojausrele voi myös rekisteröidä tapahtumia ja niihin liittyviä mitta-arvoja. Sarjaväyläliittymän avulla on mahdollista kerätä keskitetysti relekohtaiset mittaukset, asettelut ja rekisteröidyt tiedot ja siirtää ne tarvittaessa valvomoon. Releet pystyvät valvomaan itseään ja ilmaisemaan vian sijainnin sekä lukitsemaan releen ulostulon mahdollisen virhelaukaisun estämiseksi. Releelle voidaan myös lähettää tietoja sarjaväylää pitkin, esimerkiksi antamalla releelle joitain väliaikaisia asettelu-arvoja tai muuttamalla jälleenkytkentäsekvenssiä. (Elovaara & Laiho 1999,s.392.)

Mitattavan eli vaikuttavan suureen mukaan suojausreleet jaetaan ylivirtareleisiin, ali- ja ylijännitereleisiin, taajuusreleisiin, tehoreleisiin, epäsymmetriareleisiin, vertoreleisiin ja ali-impedanssireleisiin. Taulukossa 5 suojausreleet on jaoteltu käyttötarkoituksensa mukaan eri ryhmiin:

Taulukko 5, suojausrelelajit (Elovaara & Laiho 1999,s. 392 – 396.)

| Suojausrelelaji | Releen laukaisun- tai havahtumisen aiheuttavat suureet | Käyttö |
|------------------------|--|---|
| Ylivirtarele | Mittauspisteen kautta kulkevan virran ylittäessä asettelu-arvon. | Oikosulkusuojaukseen esim. keskuksissa, muuntajissa tai kojeistoissa. |
| Ylijänniterele | Mittauspisteen jännitteen ylittäessä asetellun arvon. | Tahtigeneraattoreiden suojaus vaaralliselta jännitteenousulta, maasulkusuojaus. |

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| Alijänniterele | Mittauspisteen jännitteen alittaessa asetellun arvon. | Sähköverkon jännitteiden valvonta, suurten moottoreiden suojaus. |
| Taajuusrele | Verkon taajuuden liian suuri nousu tai lasku. | Sähkölaitosten eroonkytkentäjärjestelmät, generaattorisuojaus. |
| Tehorele | Pätö- lois- tai ns. sekateho. | Tehon suuruudesta ja virtaussuunnasta riippuvien kytkentöjen automaattinen suorittaminen, tehon virtaussuunnan ilmaiseminen. |
| Epäsymmetria/vinokuormitusrele | Virtojen tai jännitteiden epäsymmetriat tai vinokuormat. | Arvokkaiden sähkökoneiden suojaus. |
| Vertorele | Vertailtavien suureiden liian erilaiset vaihekulmat, itseisarvot tai virtojen suunnat. | Esim. muuntajien, generaattoreiden tai johtojen oikosulku- ja maasulkusuojaus. |
| Ali-impedanssirele | Releen ja vikapaikan välinen impedanssi sijoituspaikassa esiintyvien virtojen ja jännitteiden avulla. | Oiko- ja maasulkusuojaus. |

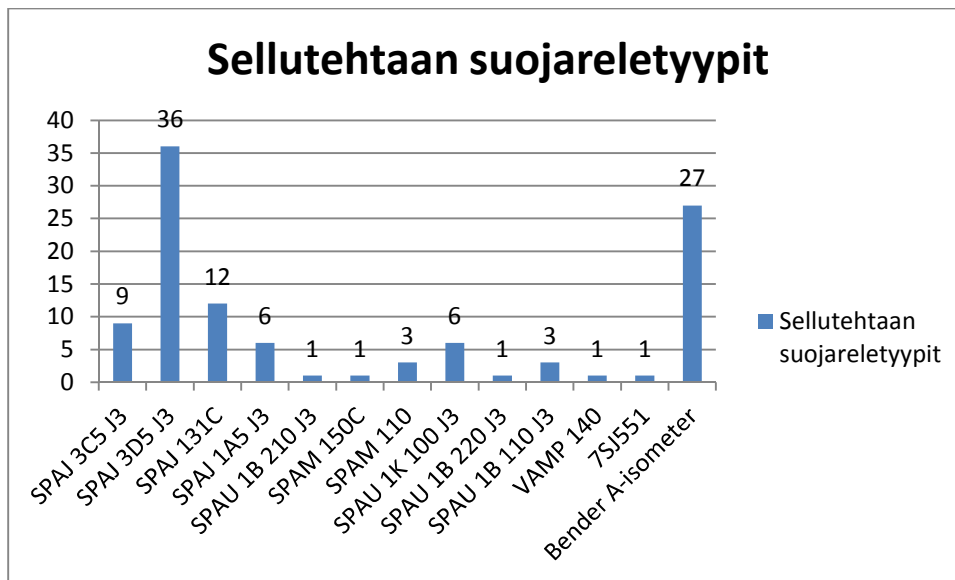
Kaukaan sellutehtaalla 63 keskusta on suojattu ylivirtareleellä. Lisäksi maasta erotetuista IT-järjestelmien keskuksista löytyvät yleensä myös maasulun valvontareleet, joita on 38 kappaletta. Neljä moottorilähtöä on lisäksi suojattu epäsymmetriareleillä ja sellutehtaalla onkin suojareleitä yhteensä 107 kappaletta. Tässä eivät ole mukana valokaarisuojausreleet tai niiden sisältämät valokaariylivirtareleet.

ABB:n valmistamat SPAJ-J3 -sarjan suojareleet muodostavat suurimman osan sellutehtaan pienjännitekeskusten suojareletyypeistä. SPAJ: n J -sarja on ABB:n ensimmäinen staattisten releiden sukupolvi, joka on tullut markkinoille jo 70-luvulla. SPAJ-

J -sarjan releet perustuvat perinteiseen komponenttitekniikkaan. Vaikka kyseessä on vanha suojaresukupolvi, niin varaosia löytyy todella hyvin koska releitä on vielä niin paljon käytössä eri puolilla maailmaa. Lisäksi ABB:n uusimmat suojaeletyypit ovat suoraan vaihtokelpoisia vanhempien mallien kanssa. (Liukka 2013.)

ABB:n uusimpia SPAJ- ja SPAM C -sarjan suojaeleitä on käytössä mm. Kaukaan voiman tiloissa ja ne ovat mikroprosessoripohjaisia älykkäitä suojaeleitä, jotka voidaan liittää sarjaväylään (ABB 2013). Muita uudempia mikroprosessoripohjaisia suojaeleitä ovat VAMPIN 140 -ylivirtarele ja Siemensin 7SJ551 -käänteisylivirtarele. Vanhimmat pienjänniteverkon suojaeletyypit ovat Kaukaan sellutehtaalla 80-luvulta, tosin tarkempia käyttöönottovuosia on vaikeampi selvittää, koska suojaeleitä on vaihdettu tai peruskorjattu tänä aikana eikä kaikkia tietoja löydy järjestelmistä. Suojaeleiden teoreettisena käyttöikä voidaan pitää 15-20 vuotta käyttö-olosuhteista riippuen. Suojaeleen käyttöikä on kuitenkin mahdollista jatkaa suojaeleelle tehtävällä peruskorjauksella. (Syväoja 2009.)

Benderin A-isometer on maasulun valvontaan käytetty reletyyppi, sitä kutsutaan myös eristystason valvontalaitteeksi, näitä on asennettuna yleensä maasta erotettuihin järjestelmiin. Eristystason valvontalaite mittaa koko ajan maasta erotettua verkkoa ja sen eristystasoa generoimalla tiettyä signaalia ja mittaamalla sen avulla eristysresistanssia ja jos aseteltu eristysresistanssin arvo alitetaan, antaa laitteen maasulun valvontarele asiasta hälytyksen ja maasulkuvika täytyy paikallistaa yleensä erillisellä laitteella (Bender 2013). Benderin eristystason valvontalaitteita on asennettuna uudemman sellutehtaan sähkökeskuksiin ja Kaukaan voiman keskuksiin yhteensä 27 kappaletta. Kuvassa 8 nähdään sellutehtaan suojaeletyypit eriteltynä, josta nähdään, että ABB:n vanhempi suojaresukupolvi eli J-sarja muodostaa suurimman osan tehtaan suojaeleistä.



Kuva 8. Sellutehtaan suojaretyypit.

Suojareleitä käyttämällä voidaan sähköverkkoa suojata todella tehokkaasti parantaen mm. henkilöturvallisuutta ja paloturvallisuutta. Lisäksi sähköverkon eri osien komponentteja voidaan suojata ylivirtojen ja -jännitteiden aiheuttamilta vaurioilta nopean suojauksen ansiosta, jolloin säästetään myös korjauskustannuksissa erilaisten vikojen jälkeen. Suojaus saadaan suojarleitä käyttämällä selektiiviseksi, jolloin mahdollisimman pieni osa sähköverkosta joutuu pois käytöstä, eli suojarle antaa vian sattuesssa aukaisukäskyn vikapaikkaa lähimpänä olevalle katkaisijalle, näin toimimalla vikapaikka saadaan eristettyä sähköverkosta ja muut sähköverkon osat jatkavat toimintaa normaalisti. Suojareleet on myös mahdollista huoltaa ja koestaa käytön aikana, jolloin sähköverkkoihin ei tarvitse tehdä käyttökatkoa, tästä on suuri etu teollisuudessa (Elovaara & Laiho 1999,s.390). Maasta erotetuissa verkoissa maasulun valvontaan käytettyjen suojarleiden avulla saadaan nopeasti tieto maasulusta sähköverkossa, jolloin vian etsintä voidaan aloittaa ajoissa eikä käyttökeskeytystä tule ensimmäisen maasulkuvian sattuessa.



Kuva 9. ABB:n SPAJ/SPAU J -sarjan suojarkeitä (ylivirtarele ja maasulun valvontarele) asennettuna pääkeskukseen.

5.4.10 Valokaarisuojaus

Valokaarivaurio kojeiston sisällä on pahin onnettomuus, mikä voi sähköjakelua kohdata. Valokaarivauriot aiheuttavat vakavia aineellisia vaurioita kojeistoille ja pahimmassa tapauksessa vaarassa ovat ihmiset. Valokaari aiheuttaa syttyessään valtavan lämpötilan nousun sen välittömässä läheisyydessä ja näin seurauksena voi olla kojeistopalo ja myrkyllisiä kaasuja. Näiden tekijöiden lisäksi valokaari aiheuttaa suuren paineiskun, joka rikkoo rakenteita. Valokaari voi syttyä esimerkiksi kytkentätransientin aiheuttamasta jännitepiikistä, jolloin sähkökeskuskojeistossa olevan normaali-paineisen ilman jännitelujuus saattaa ylittyä ja kun ilman jännitelujuus ylitetään ennen sähkölaitteen jännitelujuutta, syntyy ylilyönti, joka ilmenee valokaaripurkauksena. Lisäksi valokaari voi syttyä esimerkiksi viallista kuormankytkintä aukaistaessa, jolloin valokaari jää palamaan kytkentäveitsien välille. Lisäksi kahvasulakkeiden vaihto virallisena voi aiheuttaa valokaaren. (ABB 2000,s.26.)

Ensisijaisesti kojeistoja suunniteltaessa pyritään minimoimaan valokaaren syttymismahdollisuus. On kuitenkin taloudellisesti mahdotonta rakentaa sellaisia virtateitä

kojeistoihin, että valokaaren syttymismahdollisuus olisi täysin eliminoitu. Niinpä tyydytäänkin tekemään rakenteet sellaisiksi, että valokaaren aiheuttamat haitalliset seuraukset saadaan minimiin. Yleensä valokaaren aiheuttamat haitalliset seuraukset saadaan minimoitua osastoimalla lähtöyksiköt ja virtatiet niin, että valokaaren vaikutukset saadaan rajattua pienelle alueelle, valokaaripaineelle varataan purkaustiet ja purkaukset ohjataan käyttöhenkilöstön kannalta vaarattomaan suuntaan sekä minimoidaan kojeistorakenteissa palokuormaa lisäävien materiaalien käyttö. (ABB 2000,s.26.)

Valokaari etenee kojeistossa 300 m/s polttaen kaiken materiaalin mikä estää sitä etenemästä vasten oikosulkuvirran kulkusuuntaa. Valokaari palaa niin kauan kun sille syötetään tehoa (UTU-FALCON SUOMI 2012,s.4). Näin ollen valokaaren aiheuttamien vaurioiden kannalta tärkein tekijä on sen paloaika, jonka minimoimiseksi valokaarisuojareleet on kehitetty. Tällaisten laitteiden olennainen osa on anturi, joka havaitsee valokaaren ja valon- sekä virtaehdon täytyessä antaa avauskäskyn kojeistoa syöttävälle katkaisijalle mahdollisimman nopeasti, uusimmalla puolijohdetekniikalla alle 1ms kuluessa. (UTU-FALCON SUOMI 2012,s.4.)

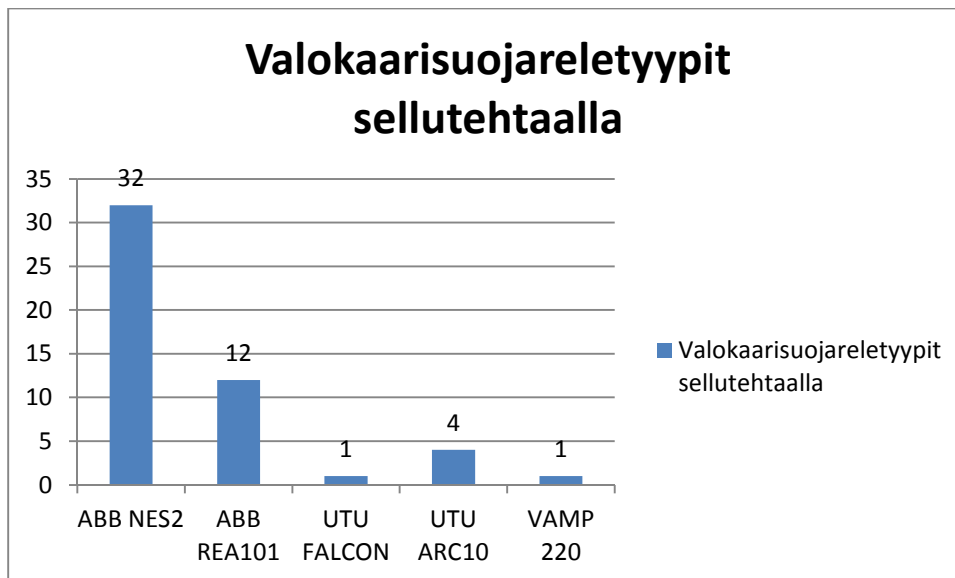
Valokaariantureita on kahta tyyppiä, niin sanottuun avokuituun valo pääsee periaatteessa mistä kohtaa tahansa, mikä on etu toteutettaessa nykyaikaisen pitkälle osastoidun kojeiston valokaarisuojausta. Sama kuitu voidaan kierrättää monen osaston kautta, jolloin saadaan mahdollisimman hyvä valokaarisuojaus koko kojeiston osalta. Toisessa valokaarianturityypissä valo pääsee kuituun päässä olevan linssin kautta, tällaisen ratkaisun etuina ovat helppo asennettavuus jo olemassa olevaan kojeistoon ja hyvä mekaaninen kestävyys. Valokaarireleen virhetoimintojen välttämiseksi käytetään ylivirtatietoa lisäehtona laukaisulle, joka tuotetaan eri järjestelmissä eri tavoin. (ABB 2000,s.26.)

ABB:n NES 2 -valokaarireleessä käytetään anturina avokuitua, joka voi olla lähes 100m pitkä. Ratkaisu soveltuu parhaiten yksisyöttöisiin pienjännitekojeistoihin. Yksi ylivirtareleen kosketin kytketään valokaarisuojareleen kanssa sarjaan, jolloin valokaarireleen havahtuessa täytyy myös virran kasvaa oikosulkua vastaavaksi, tässä suojauksessa on huomioitava ylivirtareleen toiminta-aika, ettei tarpeettomasti lisätä suojauksen laukaisuaikaa. (ABB 2000,s.26.)

ABB REA 100 -valokaarirelejäjärjestelmässä on kolme erilaista yksikköä, keskusyksikkö ja kahdenlaisia alayksiköitä. Keskusyksikköön REA 101 on valon mittauksen lisäksi integroitu ylivirran ilmaisutoiminto, jolloin laukaisuun vaadittava ylivirtatieto saadaan sisäisesti. Puolijohdelähdöt mahdollistavat nopean laukaisun. Alayksikkö REA 105 laukaisee nopeasti johtolähdön katkaisijan, jos se havaitsee valokaaren ja lisäksi saa keskusyksiköltä ylivirtatiedon. Tyypin REA 103 alayksikkö ei ole laukaisukykyinen, vaan toimii keskusyksikköä palvelevana valokaarenilmaisimena. Keskusyksikkö laukaisee alayksiköltä saamansa valotiedon perusteella syötön katkaisijan, mikäli se on havainnut ylivirtatilanteen. (ABB 2000,s.27.)

Kaukaan sellutehtaalla valokaarisuojareleitä on asennettu 50 keskukseseen. Keskuksissa valokaarianturit (joko avokuitu tai linssit) on usein sijoitettu keskuksen kokoojakistoon ja jakelumuuntajan alajännitepuolelle lähelle muuntajan napoja, näin on saavutettu erittäin hyvä valokaarisuojaus. Yhdessä keskuksessa myös tärkeimpien (suurimpien) moottorilähtöjen lähtökaapelit on suojattu valokaariantureilla niin sanottuna lisäsuojauksena.

Kuvassa 10 nähdään sellutehtaan valokaarireleityypit eriteltynä. ABB:n NES 2 on sellutehtaan yleisin valokaarireleityyppi. Avokuituun perustuva NES 2 on vuosilta 1991–1997 ja siihen ei saa enää varaosia ja sitä ei myöskään saa korjautettua missään, joten kyseinen valokaarirele alkaa olla jo vanhentunutta tekniikkaa (Liukka 2013). ABB:n REA 101 on toiseksi yleisin valokaarisuojausjärjestelmä sellutehtaalla ja suurin osa niistä sijaitsee Kaukaan voiman tiloissa, joten ne ovat vuodelta 2009. Kyseinen järjestelmä on moderni suojausjärjestelmä, joka on vielä tuotannossa, joten siihen saa varaosia yleisesti (Liukka 2013). UTU Oy:n valmistamat valokaarireleet muodostavat kolmanneksi yleisimmän valokaarireleityypin sellutehtaalla. UTU Oy:n ARC10-valokaarisuojausjärjestelmään ei saa enää varaosia, joten ne alkavat olla jo vanhentunutta tekniikkaa (UTU 2013). UTU-Falcon on uusi valokaarisuojausjärjestelmä, joten se on edelleen tuotannossa oleva laite. Sellutehtaalla oleva yksi UTU Falcon-valokaarisuojausjärjestelmä on vastikään vuonna 2012 asennettu ja sillä korvattiin UTU:n vanhempi ARC10-valokaarisuojausjärjestelmä. VAMP220-valokaarisuojausjärjestelmä on vuodelta 2005 ja on edelleen tuotannossa, joten myös siihen on saatavilla varaosia vielä ihan yleisesti. (VAMP 2013.)



Kuva 10. Sellutehtaan valokaarisuojareletyypit.

Valokaarisuojausjärjestelmä on tärkeä suojalaite teollisuuden sähkökojeistoissa. Sitä käyttämällä on mahdollista saada todella hyvä suojaus valokaarioikosulkuja vastaan ja samalla parannetaan käyttöhenkilöstön turvallisuutta. Tämän päivän TRIAC -komponenttitekniikkaan perustuvat valokaarisuojausjärjestelmät tarjoavat erittäin nopean suojauksen ($< 1\text{ms}$), joten valokaaren eteneminen on mahdollista rajoittaa alle 30cm:n matkalle, tällä saavutetaan erittäin hyvä henkilösuojaus. Lisäksi säädettävät laukaisuarvot valolle ja ylivirrälle sekä ylivirtahtojen käyttäminen estävät käytännössä kokonaan mahdolliset virhelaukaisut. Käytännössä ainoana haittapuolena varsinkin vanhoissa valokaarireletyypeissä voidaan pitää mahdollista virhelaukaisun mahdollisuutta. Esimerkiksi sellutehtaallakin hyvin yleinen ABB NES 2 on joissain laitoksissa laukaissut katkaisijan auki pelkästä valosta. Näin on mahdollista virheellisesti laukaista katkaisija esimerkiksi ottamalla valokuva sähkökeskuksessa (Liukka 2013). Valokaarisuojaus on kuitenkin sähkökäyttöhenkilöstön paras kaveri, joten valokaarisuojausjärjestelmien säännöllinen kunnossapito on erittäin kannattavaa.

5.5 Yhteenveto Kaukaan sellutehtaan pienjännitejärjestelmien pääkomponenteista

Kaukaan sellutehtaalla sijaitseva pienjännitejakelujärjestelmä on varsin laaja kokonaisuus. Erilaisia pääkeskuksia alakeskuksineen sekä välimuuntajineen löytyy suuri määrä. Pääkeskukset ovat vanhemmalla sellutehdaslinjalla pääosin 1980- ja 1990-luvuilta, tosin joukossa on muutama 2000-luvulla tullut keskus ja joitakin keskuksia on myös

modernisoitu. Uudemmallalla sellutehdaslinjalla ja meesauunilla keskukset ovat pääosin vuosilta 1996 ja joukossa on muutama 2000- luvulla tullut keskus. Soodakattilalaitoksen alueella keskukset ovat pääosin vuodelta 1991. Mäntyöljylaitoksen keskukset ovat vanhimpia keskuksia, ja ne ovat vuodelta 1982. Joitakin sellutehtaan keskuksia on modernisoitu aina uusien tehdasprojektien yhteydessä.

Sellutehtaan pienjännitekeskukset sijaitsevat pääsääntöisesti hyvissä käyttöolosuhteissa, joissa ne eivät pääse juuri likaantumaan. Tämä on erityisesti sähkötilojen ilmastoinnin ja ylipaineistuksen ansiota. Ilmastoinnilla turvataan kojeistojen riittävä jäähdytys ja ylipaineistuksella pidetään pölyt tms. melko hyvin poissa sekä suojataan kojeistoa mahdollisessa tulipalotilanteessa. Lisäksi keskusten hyvä kotelointi pitää keskusten sisäosat ja -komponentit melko puhtaina. Ainoastaan tehtaan Biologisen puhdistamon ilmasto saattaa aiheuttaa pahimmassa tapauksessa virtaliitosten tms. ennenaikaisia syöpymisiä ja hapettumia, joten näidenkin keskusten säännöllinen kunnonvalvonta on tärkeää.

Keskusten katkaisijat ovat jakautuneet eri käyttöönottovuosille melko laajasti, kuten luvussa 5.4.3 nähtiin. Merlin-Gerinin M-sarja on sellutehtaan yleisin pienjännitekatkaisijatyyppe, kuten kuvassa 5 nähtiin ja näihin katkaisijoihin ei löydy enää varaosia vuoden 2013 jälkeen, joten tulevaisuudessa tehtaalla ollaan tilanteessa, että vanhan sukupolven katkaisijoista täytyy asteittain luopua. Toisaalta näiden katkaisijoiden kunnonvalvonnalla ja huollolla tulee jatkossa olemaan iso merkitys, sillä sopivalla ennakkohuollolla näiden katkaisijoiden käyttöikä voidaan jatkaa teoriassa vielä ainakin 20 vuotta, koska katkaisijoiden käyttöolosuhteet sellutehtaalla ovat pääsääntöisesti todella hyvät, ainoastaan katkaisijan suojareleen käyttöikä voi tulla aiemmin vastaan. Lisäksi moni valmistaja tarjoaa vanhoille katkaisijamalleille ns. retrofit – asennussarjaa, jolla uuden tyyppin katkaisija voidaan sovittaa vanhan katkaisijan tilalle. Tällainen vanhaan keskukseseen tehtävä asennustyö vaatii joka tapauksessa huolellista suunnittelutyötä ja varsinaisen asennustyön ajaksi pahimmassa tapauksessa useamman päivän tehdasseisokin.

Lisäksi vanha katkaisija on myös mahdollista peruskorjata, joka tietysti vaatii katkaisijan lähettämisen korjaamolle (Liukka 2013). Katkaisija olisikin syytä uusida siinä vaiheessa kun katkaisijaan ei saa enää varaosia tai huolto-osaamista. Esimerkiksi katkaisijan vikaantuessa ja jonkin tehdasosaston seisoessa tämän takia ollaan äkkiä vai-

keassa tilanteessa kun varaosia ei löydy, näin ollen katkaisijoiden säännöllinen kunnonvalvonta ja ennakkohuolto nousevat myös tärkeään asemaan.

Kontaktorilähtöjen osalta ollaan tilanteessa, että huomattava osa sellutehtaan kontakteista on Strömbergin valmistamaa OKYM-sarjaa, jota ei ole valmistettu enää vuosiin. ABB tarjoaa kuitenkin vanhoille kontakteille erilaisia sovitesarjoja, jolla uuden tyyppin kontaktori saadaan sovitettua vanhan tilalle. Käytännössä uusien fyysisiltä mitoiltaan jopa isompien kontaktorien sovittaminen vanhoihin keskuslähtöihin on usein huolellista ennakkosuunnittelua vaativa työläs prosessi, joka pahimmassa tapauksessa saattaa viedä jopa useampia päiviä, joten yhtäkkiä vikaantuneen vanhan tyyppin kontaktorin vaihtaminen uuteen tyyppiin on usein vanhoihin ahtaisiin keskuslähtöihin tehtäessä erittäin hankala toimenpide ja vaihtotyöt vaativatkin usein useamman päivän tehdasseisokin. Sellutehtaalla on kuitenkin varauduttu tähän kunnostamalla ja hankkimalla vanhoista lopetetuista tehtaista vanhan tyyppin kontakteja ja varastoimalla niitä yllättävien vikatapausten varalle. Lisäksi vanhojen kontaktorien kosketinsarjoja on myös varastoitu ja hankittu eri kohteista, joten vikatapauksista on voitu selvittää mahdollisimman pienin käyttökatkoin vaihtamalla ainoastaan kontaktorin pääkosketimet.

Lisäksi ennakoivaa kunnonvalvontaa suoritettaessa kontakteja tai niiden koskettimia on voitu vaihtaa hallitusti tehdasseisokeissa. Sellutehtaalla on myös tehty vanhojen ehjienkin kontaktorien uusintoja hallitusti tehdasseisokeissa, jolloin vanhasta ehjästä kontaktorityypistä on saatu varaosa yllättävien vikojen varalle. Vanhemman sellutehtaan vanhoihin keskuslähtöihin tehtävä kontaktorien uusinta on siis usein aika haastava projekti ja vaikka uusi kontaktori saataisiin mahtumaan vanhaan lähtöön, niin ahtaassa keskuslähdössä jäädytys voi muodostua puutteelliseksi, jolloin kontaktorin vaihdolla ei saavutetakaan suurta etua. Uudemmallalla sellutehtaalla tilanne on yleensä huomattavasti parempi, koska siellä useimmissa keskuksissa on hyvin tilaa uudelle kontaktorityypille ja vaihtotyö on näin helpompi suorittaa.

Kytkinvarokkeiden osalta tilanne on samanlainen kuin kontakteilla. Vanhoja OESA-sarjan kytkinvarokkeita on paljon käytössä sellutehtaalla. Vanhan OESA-sarjan kytkinvarokkeisiin ei saa enää varaosia ja jotkut erityisesti suurten virtojen katkaisuun tarkoitettut tyypit ovat fyysisiltä mitoiltaan pääosin isompia kuin vanhat. Suurille sähkötehoille tarkoitettujen kytkinvarokkeiden sovittaminen vanhoihin lähtöihin

on kontaktorien tapaan työläs prosessi. Tähänkin on varauduttu tehtaan henkilöstön toimesta hankkimalla ja varastoimalla vanhoja kytkinvarokkeita ja tekemällä kytkinvarokkeille ennakkoivaa kunnonvalvontaa ja vaihtamalla niitä hallitusti seisokeissa kontaktorien tapaan.

Vanhoja Strömbergin valmistamia kuormanerotimia on käytössä vielä vanhan sellutehtaan vanhemmissa keskuksissa. Näihin ei myöskään ole ymmärrettävästi saatavilla enää varaosia, joten erottimet ovat säännöllisen kunnonvalvonnan piirissä ja erottimien käyttökertoja pyritään välttämään, jotta erotinta säästettäisiin turhalta kulumiselta.

Suojareleiden osalta sellutehtaan vanhimpiin suojareleisiin löytyy vielä yleisesti varaosia ja myös uudet suojareleityypit voidaan liittää ongelmitta vanhan tilalle. Valmistajalta tulee myös ilmoitus kahta vuotta aikaisemmin, jos jonkin releen elinkaari on loppumassa (Liukka 2013). Suojareleiden vaihdot voidaan yleensä tehdä jopa käynnin aikana, jolloin erillistä seisokkia ei tarvita. Suojareleistystä uusittaessa täytyy yleensä miettiä myös sitä, että jos vanha rele on vikaantunut ja uutta korvaavaa relettä odotellaan, niin tämän ajan sähköjärjestelmä on yleensä ilman suojausta, joten suojareleet olisikin hyvä uusia hallitusti ennen releen vikaantumista. Tämän takia suojareleiden säännöllinen koestaminen ja valvonta ovat tärkeitä. Uusien suojareleiden toimitus-ajat vaihtelevat yhdestä päivästä kahteen viikkoon (Liukka 2013).

Valokaarireleiden osalta sellutehtaan yleisimpiin ABB:n NES 2 -valokaarireleisiin ei löydy enää varaosia eikä niitä voi korjata missään. NES 2 -releet täytyykin uusia kokonaan uuden tyyppiseen valokaarisuojajärjestelmään niiden vikaantuessa ja myös kuidut täytyy uusia, tämä vaatii yleensä tehdasseisokin, jotta työ voidaan tehdä jännitteettömässä kojeistossa (Liukka 2013). Lähivuosina sellutehtaalla voikin olla uusinnan tarvetta vanhoissa valokaarireleissä, jos niistä löytyy viallisia komponentteja. Näin ollen valokaarisuojauksenkin säännöllinen koestaminen ja valvonta ovat tärkeitä. Toimiva valokaarisuojaus on kuitenkin aina investointi, joka lisää henkilöturvallisuutta ja suojaa omaisuutta.

Sellutehtaan pienjännitekompensoinnit alkavat olla jo siinä iässä, että joissakin kondensaattoriparistoissa alkaa olla jo uusimisen tarvetta. Nykyaikainen kompensointilaitteisto on yleensä taloudellisesti kohtalainen investointi ja sillä saatavat hyödyt näkyvät yleensä vasta myöhemmin mahdollisesti parantuneena sähkönlaatuna ja herkkien lait-

teiden parempana kestävyytensä sekä parantuneena pätötehon siirtokykyinä sekä mahdollisena kustannussäästönä loistehomaksuissa. Kaukaalla ei ole sähkönlaadun mittauksissa havaittu sähkönlaadun merkittävästi huonontuneen jonkun puuttuvan pienjännitekompensoinnin takia, eikä mitään selittämättömiä huonosta sähkönlaadusta johtuvia vikoja ole esiintynyt (Tonder 2013). Tosin yhdessä kohteessa kompensointi on erittäin tärkeä, koska jakelumuuntaja olisi muuten ylikuormassa ilman kompensointia alentuneen pätötehon siirtokyvyn takia (Parikka 2013). Kompensoinnit voidaan uusida ja huoltaa normaalisti tehtaan käynnin aikana. Niin kuin aiemmin luvussa 5.4.7 mainittiin, että sellutehtaalla käytetään yleisesti sähkökeskuskohtaista keskitettyä kompensointia.

6 KAUKAAN SELLUTEHTAAN PIENJÄNNITEJÄRJESTELMIEN ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMAESITYS

Tässä luvussa esitellään työn tuloksena laadittu huoltosuunnitelma, joka on laadittu hyvin pitkälle laitevalmistajien suositusten ja viranomaisvaatimusten mukaan. Lisäksi lopulliseen ennakko- huoltosuunnitelmaesitykseen ovat vaikuttaneet tietenkin myös tehtaan omat käyttökokemukset, kunnossapitoseisokkien ajankohta, vikahistoria, käyttöolosuhteet ja laitteen vioittumisesta seuraavat keskeytykset tai henkilövahingot. Tässä luvussa käsitellään myös tehtaan ennakko- huoltotöiden nykytilannetta ja vikahistoriaa.

6.1 Kaukaan sellutehtaan pienjännitejärjestelmien ennakko- huoltotöiden nykytilanne

Huomattava osa pienjännitejärjestelmien ennakko- huoltotöistä vaatii seisokin kyseisellä tehdasalueella. Näin ollen suoritettavat huoltotyöt täytyy ajoittaa tehdaslaitoksien seisokkeihin. Lisäksi huoltotöistä aiheutuvat sähkökatkot täytyy huomioida ja käydä läpi tehtaan käyttöhenkilöstön kanssa. Huoltotöiden suorittamisesta aiheutuvat sähkökatkot voivat olla myös turvallisuusriski, jos esimerkiksi suoritettava huoltotyö vaikuttaa myös tehdasalueiden valaistuksiin. Näin ollen huoltotöiden suunnittelu nousee erittäin tärkeään asemaan. Huoltotöiden suorittamisessa kaikkein tärkeintä on sähkötyöturvallisuus, joten ennen huoltotöiden aloittamista on tehtävä laitteiden erottaminen sähköverkosta luotettavasti, todettava jännitteettömyys ja suoritettava työmaadoitus.

Pienjännitesähkönjakelun ennakkohuoltotoimintaan tuo haastetta se, että huomattava osa huoltotöistä on suoritettava tehtaan seisokkien yhteydessä. Sellutehtaalla pidempi kunnossapitoseisokki on yleensä vain kerran vuodessa ja välillä pidetään päivän mittaisia huoltoseisokkeja osastoittain. Aina ei edes seisokissa päästä huoltamaan kaikkia laitteita. Esimerkiksi katkaisijahuollon ajaksi täytyy koko sähkökeskus tehdä jännitteettömäksi, joten se katkaisee sähköt osasta prosessia ja joskus jopa valaistuksesta. Näin ollen kaikkia katkaisijoita ei pystytä pahimmassa tapauksessa huoltamaan kaikissa seisokeissa. Tämä tekee sähkönjakelun ennakkohuoltotoiminnasta erittäin vaativaa. Oma kokemukseni on osoittanut myös sen, että vaikka huoltotöiden ennako-suunnittelu tehdään huolellisesti ja sähkökatkoista ilmoitetaan hyvissä ajoin, niin silti tulee tilanteita joissa ei voida tehdä sähkökatkoa johonkin alueelle edes seisokissa.

Pienjännitekatkaisijoiden huollot ostetaan yleensä ulkopuoliselta yritykseltä. Suojareleiden koestukset ostetaan yleensä ulkopuoliselta yritykseltä, tosin osittain ne voidaan tehdä myös omalla henkilöstöllä. (Tonder ym.2013.)

Sähkökeskuksille määrävälein tehtävät lämpökuvaukset ja silmämääräiset tarkastukset tehdään tehtaan oman henkilöstön toimesta. Kontaktorilähtöjen ja kytkinvarokkeiden vaihdot tehdään mahdollisuuksien mukaan oman henkilöstön toimesta, yleensä osa niistä ostetaan kuitenkin ulkopuoliselta yritykseltä. Vikavirtasuojien koestukset ja sähkösaattokeskusten toiminnan tarkastukset tehdään tehtaan oman henkilöstön toimesta. (Tonder ym.2013.)

Kompensoinneille ja taajuusmuuttajille tehtävät huollot ostetaan ulkopuoliselta yritykseltä. Poistumistievalaistusjärjestelmien huollot ja koestukset tehdään tehtaan oman henkilöstön toimesta. Lisäksi koko sähkönjakelulle tehdään viiden vuoden välein määräysten mukaiset määräaikaistarkastukset valtuutetulla tarkastuslaitoksella. Räjähdy-svaarallisten tilojen kunnossapitotarkastukset ja lentoestevalaisinhuollot tehdään tehtaan oman henkilöstön toimesta. Maadoitusjärjestelmien tarkastusmittaukset ja palokatkojen tarkastukset ja korjaukset ostetaan ulkopuoliselta yritykseltä. (Tonder ym. 2013.)

Pienjännitejärjestelmien ennakkohuoltotoiminnassa on kehittämistä lähes jokaisella osa-alueella ja lähes jokaisen järjestelmään kuuluvan komponentin osalta. Erityisesti kehittämistä on huoltojen sisällöissä, aikaväleissä ja aikataulutuksissa sekä huoltotöi-

den dokumentoinnissa ja raportoinnissa. Tehtaalla on siirrytty muutamia vuosia sitten uuden kunnossapitojärjestelmän käyttöön ja huoltotoita ei ole määritelty riittävässä tarkkuudessa kaikille komponenteille. Suoritettujen ennakkohuoltotoiden raportointi ja tarkastuspöytäkirjat tulisikin viedä jatkossa kunnossapitojärjestelmään. Kunnossapitojärjestelmä toimisi näin ollen hyvänä arkistona jatkossa, jolloin huolloista jäisi riittävän hyvä huoltohistoria järjestelmään.

6.2 ATEX-tilojen sähkölaitteiden kunnossapitotarkastukset

Tässä työn osassa esitellään ennakkohuoltosuunnitelmaesitys Kaukaan sellutehtaan ATEX-tilojen sähkölaitteiden kunnossapitotarkastuksista. ATEX-tilojen sähkölaitteiden kunnossapitotarkastuksissa noudatetaan viranomaisten vaatimuksia. ATEX-tilojen sähkölaitteiden kunnossapitotarkastukset on laadittu viranomaisten ja standardien asettamien vaatimusten ja suositusten mukaisesti. Huoltovälit on määritelty standardin SFS-EN-60079-17 vaatimusten mukaan.

6.2.1 ATEX-tilat Kaukaan sellutehtaalla

Kaukaan sellutehtaalla ATEX-tiloja löytyy kaiken kaikkiaan 20 erilliseltä alueelta. Taulukossa 1 käsiteltiin tilaluokat. Kaukaan sellutehtaalla olevat ATEX-tilaluokat ovat luokan 1 ja 2 tiloja. Säiliöiden, kaasupullojen, putkien ja keittimien sisällä on myös 0-luokan tiloja. Kaukaan voiman tiloissa on luokan 21 ja 22 tiloja, mutta nämä tilat sijaitsevat kaikki siilojen, syöttösuppiloiden ja kuljettimien sisäosissa.

6.2.2 ATEX-tilojen sähkölaitetarkastusten huoltoalueet

ATEX-tilat jaettiin tässä huoltosuunnitelmassa 20 tehdasalueelle. Alueet jaoteltiin tehdasosastoittain liitteessä 4 olevan taulukon mukaisesti. Varsinaisia ATEX-tiloja löytyy jokaisen alueen sisältä useampia, näin ollen tässä huoltosuunnitelmassa katsottiin järkeväksi jaotella alueet tehdasosastoittain, koska muuten alueista tulisi todella kirjava ja hankala taulukko. ATEX-tilojen kartat löytyvät Kaukaan tehtaalla laadituista asiakirjoista, joihin myös liitteessä 2(4) on viitattu. ATEX-tiloja sisältävät tehdasosastot jaettiin kolmeen eri huoltoalueeseen, jolloin myös kolmen vuoden tarkastusykli toteutuisi luontevasti, näin kaikkia alueita ei tarvitsisi tarkastaa kerralla. Jokainen

ATEX-tila tarkastettaisiin lisäksi vuosittain vähintään kerran pistokoeluonteisesti. Taulukossa 6 on ATEX-tiloja sisältävät tehdasalueet jaoteltu huoltoalueiksi.

Taulukko 6. Sellutehtaan ATEX-huoltoalueet.

| Alue | ATEX-huoltoalue |
|--|------------------------|
| Mäntyöljylaitos säiliöalue | 1 |
| Apukattilalaitos (katto) | 1 |
| Soodakattilaosasto (metanolitislamo, likaislauhdesäiliön lähialue, kaasupullovarasto) | 1 |
| Haihduutinlaitteisto (väkevien hajukaasujen polttolipeäsäiliö) | 1 |
| Esihaidutuslaitteisto (väkevät hajukaasut laippaliitoksen lähialue) | 1 |
| Hajukaasujen polttolaitteisto | 1 |
| Kemikaaliosasto (polttoaineen käsittely, väkevien hajukaasujen ulospuhallusalueet) | 1 |
| Kaasuvoimalaitos (maakaasun ulospuhallusputken lähialue turbiinialissa ja katolla) | 2 |
| Keskuskorjaamo (asetyleenikeskus ja kaasupullovarasto) | 2 |
| Keskusvarasto (asetyleenikontti, kaasupullovarasto, kemikaalivarasto) | 2 |
| LM-laitos (lisämassakeittimet ja jälkikeitin ympäristöineen) | 2 |
| LM-laitos (väkevien hajukaasujen keräilylaitteisto) | 2 |
| Klooridioksilaitos (metanoliputki mö-laitokselta ympäristöineen) | 2 |
| Sellun tuotevarasto (nestekaasupullojen varastopaikka) | 2 |
| Havulinja/keittämo (keittimien yläosat, väkevien hajukaasujen keräilylaitteisto, lipeäsäiliöt) | 2 |
| Rullatehdas (puusepänverstas maalaamo) | 3 |
| Kauvo Biopolttoaineen käsittely | 3 |
| Kauvo Biopolttoaineen käsittely, vastaanotto | 3 |
| Kauvo, turpeen käsittely | 3 |
| Sellutehdas, sahajauhon käsittely | 3 |

6.2.3 Tarkastushuolto

Vuosittain tehtävässä ATEX-tilojen sähkölaitetarkastuksissa tehdään erilaisia liitteen 2(2) mukaisia silmämääräisiä tarkastuksia esimerkiksi kahdelle kiinteästi asennetulle laitteelle ja laiteasennukselle, jotka kyseisestä ATEX-tilasta löytyvät. Laitteet ja asennukset valitaan pistokokeina. Laitteesta tarkastetaan silmämääräisesti mm. että ko. laite soveltuu kyseiseen tilaluokkaan, hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty, laitteen syöttöpiirin tunnus on olemassa, laitteen kunto tarkastetaan ulkopuolelta ja tarvittaessa sisäpuolelta ja asennuksesta tarkastetaan mm. kaapeleiden kunto, läpiviennit ja tiivistykset sekä maadoitusliitännät ja lisäksi tarkastetaan, että suojalaitteet ovat hyväksytyä tyyppiä. Lisäksi edellä mainitut tarkastukset tehdään jokaiselle kyseisestä ATEX-tilasta löytyvälle liikuteltavalle laitteelle. Laitteiden asennusympäristöstä tarkastetaan, että kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny ja, että laitteet on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, värinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä. (SFS-EN-60079-17 2010.)

Kolmen vuoden välein tehtävässä tarkastushuollossa tehdään vuosittain tehtävien tarkastusten lisäksi erilaisia lisätarkastuksia ja tarvittaessa testauksia liitteen 2(3) mukaisesti. Kolmivuotishuollossa kaikki kyseisen ATEX-tilan laitteet ja laiteasennukset tarkastetaan erikseen. Laitteista tarkastetaan tavallisten vuositarkastusten lisäksi mm. että:

- laitteiden räjähdysryhmä, syöttöpiirien tunnus ja lämpötilaluokka ovat oikeita
- hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty
- varmistutaan kaapeleiden oikeasta tyyppistä
- valaisimien nimellisarvot, tyypit ja käyttöasennot ovat oikeat
- Pultit, kaapeliläpiviennit (suorat ja epäsuorat) ja sulkutulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit
- Maadoitusyhteydet ovat kunnossa (liittimet kiristetty ja johtimien poikkipinta on riittävä)
- Sulkumuhvit ja kaapelimuhvit ovat asianmukaisesti massalla täytetyt

Edellä mainittujen tarkastusten lisäksi tarvittaessa mitataan laitteiden ja kaapeleiden eristysresistanssit ja suojajohdinten jatkuvuus, jos jokin silmämääräisesti tehty tarkastus antaa siihen aiheutta (SFS-EN-60079 – 17 2008). Laitteiden ja kaapeleiden eristys-

resistanssimittaukset on suoritettava jännitteettömänä, joten eristysresistanssin mittauksen ajaksi tarvitaan vähintäänkin laiteseisokki. Sähköistä testauslaitetta käytettäessä on huomioitava, että testeri soveltuu ATEX-tilaan. (SFS-EN 60079 – 17 2008.)

6.2.4 Huoltojen aikataulut

ATEX-tilojen tarkastushuollot aikataulutettiin liitteen 3 mukaisesti. Tarkastushuollot voidaan tehdä tehtaan normaalin käynnin aikana lukuun ottamatta Kaukaan voiman tiloja ja Sellutehtaan sahajauhon käsittelyä. Kaukaan voiman ATEX-tilat (21 ja 22) sijaitsevat siilojen, kuljettimien ja syöttösuppiloiden sisällä, joten normaalin käynnin aikana sinne ei saa mennä. Sellutehtaan sahajauhon käsittelyn ATEX-tila (2) sijaitsee myös siilossa, joten sinne ei myöskään pääse tehtaan käynnin aikana.

6.3 Pienjännitekatkaisijahuollot

Tässä työn osassa käsitellään sellutehtaan pienjännitekatkaisijoille tehtäviä huoltoja. Katkaisijoiden huolto-ohjelman laadinnassa noudatettiin valmistajien ohjeistuksia huoltoväleistä ja tehtävistä huoltotoimenpiteistä. Lisäksi huoltotoimenpiteiden ja huoltovälien määrittelyissä käytettiin apuna kunnossapitojärjestelmästä löytyviä vikahistoriatietoja ja katkaisijoiden käyttöolosuhteisiin kiinnitettiin myös huomiota. Vikahistoriasta ei löytynyt mitään yllättäviä katkaisijoihin liittyviä vikatietoja. Lähinnä vikahistoriasta löytyi jonkin verran katkaisijan virheellisiä asennonosoituksen näyttämiä ja lämpökuvauksella havaittuja katkaisijan lämpenemisiä. Lisäksi joissain katkaisijoissa tyypillistä oli se, että katkaisija oli raskas avata tai se ei jopa avautunut ollenkaan. Katkaisijan ohjainmekanismin voitelussa käytetyt rasvat ja voiteluaineet aikaa myöten kovettuvat katkaisijan sisällä, jos katkaisijalle ei tule toimintakertoja. Näin ollen olisi-kin parempi, että katkaisijalle tulisi vähintään yksi toimintakerta vuodessa, jossa katkaisija ohjattaisi ensin auki ja kiinni, tällä varmistettaisiin osien toimivuus (Liukka 2013; Laitinen 2013). Käytännössä ainakaan pääkeskuksen katkaisijalle ei tule käyttökertoja vuoden aikana tai katkaisija saattaa olla jopa koko ennakkohuoltojen väliajan ilman käyttökertoja, näin ollen katkaisijalla olisi hyvä välillä suorittaa koeohjauksia esimerkiksi tuotannon seisokeissa.

6.3.1 Katkaisijoiden ennakkohuoltoalueet

Sellutehtaan pienjännitekatkaisijat jaettiin viiteen ennakkohuoltoalueeseen, jolloin aina yksi alue huollettaisiin vuosittain, näin toimimalla katkaisijoiden viiden vuoden välein tehtävä huoltosykli toteutuisi kätevästi. Alueet jaettiin tehdasalueittain niin, että yhden alueen kaikki katkaisijahuollot voitaisiin tehdä aina sen tehdasalueen kunnossapitoseisokissa. Lisäksi kiinnitettiin huomiota keskuksia syöttävien jakelumuuntajien huoltoajankohtiin, pienjännitekatkaisijahuollot sijoitettiin aina mahdollisimman tarkasti jakelumuuntajahuollon yhteyteen, näin toimimalla pienjännitekatkaisijat voitaisiin huoltaa samalla kun kyseistä pienjännitekeskusta syöttävä jakelumuuntaja huollettaisiin, jolloin ei tarvitsisi tehdä erillistä sähkökatkoa. Kaukaan voiman tiloissa sijaitsevat katkaisijat jaettiin lisäksi omalle ennakkohuoltoalueelle, koska kyseessä on vielä varsin uusi tuotantolaitos, joka noudattaa yleensä omaa seisokkiaikataulua. Kaukaan voiman biovoimalaitos seisoo aina kesäaikana, joten katkaisijahuollot voitaisiin suorittaa silloin samalla Kaukaan voiman jakelumuuntajille tehtävien huoltojen yhteydessä.

Käytössä olevaan tuotantolaitokseen tehtävä ennakkohuoltosuunnitelma on kuitenkin aina kompromissi suoritettavien huoltojen suhteen, joten katkaisijahuollot täytyy jaotella sopivasti ennakkohuoltoalueiden avulla eri vuosille, vaikka kaikille katkaisijoille ei ole pystytty tekemään huoltoa aikaisemminkaan riittävin väliajoin. Lisäksi täytyi huomioida jakelumuuntajille suoritettavat ennakkohuollot tulevaisuudessa, joten katkaisijoiden huoltoalueet ovat näiden suhteen kompromisseja. Katkaisijat jaoteltiin ennakkohuoltoalueisiin taulukon 7 mukaan:

Taulukko 7. Katkaisijoiden ennakkohuoltoalueet.

| PJ-Katkaisijahuoltojen ennakkohuolto-alueet | Alue | Katkaisijat (kpl) |
|--|-------------|--------------------------|
| Paperikuorimo, Seulomo ja Sellukuorimo | S1 | 10 |
| Kauvo | KAU VO | 23 |
| Havulinja ja Kuivauskone 1 | S2 | 18 |
| Massatehdas 1 ja Vesilaitos | S3 | 14 |
| Valkaisimo 1, Kemikaaliosasto ja Kuivauskone 4 | S4 | 18 |
| SK3, Haihduttamo, Apukattila ja Meesauuni | S5 | 6 |

6.3.2 Katkaisijan huolto

Viiden vuoden välein tehtävässä katkaisijahuollossa katkaisijalle tehdään tyyppikohtaisia tarkastuksia. Katkaisijatyypistä riippumatta siitä tarkastetaan pää- ja valokaarikoskettimien ja sammutuskammioiden kunto sekä tarkastetaan liitosten kireydet päävirtapiirin, apulaitteiden ja ohjauspaneelien osalta. Tarvittaessa puhdistetaan koskettimet, sammutuskammiot ja koko katkaisija. Katkaisijan apukoskettimien, ohjauskelojen, lukitusmagneettien ja muiden mahdollisten sähköisten ja mekaanisten lisävarusteiden toiminta tarkastetaan sekä suoritetaan tarvittavat puhdistukset ja voitelut. Lisäksi ohjainmekanismi ja viritysosat puhdistetaan, voidellaan, tarvittaessa säädetään kohdalleen ja toiminta tarkastetaan. Ulosvedettävässä katkaisijassa tarkastetaan vauvuosan liittimien ja liukukoskettimien kunto ja liukukoskettimet voidellaan. Lisäksi katkaisijan suojarole koestetaan, toiminta-aika mitataan ja suojaroleen asettelut tarkastetaan, lisäksi suoritetaan päävirtapiirin ylimenovastusten mittaukset ja tehdään katkaisijan koeohjaus huollon jälkeen. (Liukka 2013;Laitinen 2013;ABB 2013;Schneider Electric 2013.)

Merlin-Gerinin M- ja N- sarjan katkaisijoille tehdään liitteen 4 (1) mukaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet viiden vuoden välein tai 100 toimintakerran välein. Lisäksi katkaisijalle suoritetaan tarkastus liitteen 4 (1) mukaisesti oikosulun jälkeen. Tarvittaessa suoritetaan liitteessä 4 (2) mainitut aikavalvottavat katkaisijan osien vaihdot, kun liitteessä 4 (2) ja (3) esitetty mekaaninen tai sähköinen käyttöikä tulee täyteen. (Schneider Electric 2013.)

ABB-SACE Katkaisijoille tehdään liitteen 4(4) mukaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet viiden vuoden välein, oikosulun jälkeen tai katkaisijan toimintakertojen saavuttaessa 50 % liitteen 4(5) mukaisesta käyttöiästä. (Liukka 2013;ABB-SACE 2013.)

MERLIN-GERININ Compact- ja Selpact -katkaisijoille tehdään liitteen 4 (6) mukaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet viiden vuoden välein, oikosulun jälkeen tai 100 toimintakerran välein. (Schneider Electric 2013.)

Siemensin tyhjökatkaisijoille tehdään liitteen 4 (6) mukaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet viiden vuoden välein tai oikosulun jälkeen. Katkaisijan käyttöiän (30000 kytkentää) tultua täyteen, katkaisijalle suoritetaan peruskorjaus. (Laitinen 2013; Siemens 2013.)

Lisäksi kaikille edellä mainituille katkaisijoille suoritetaan vuosittain lämpökuvaus ja aistinvarainen tarkastus (Tonder ym.2013). Tämän lisäksi katkaisijalle täytyisi tulla vuosittain vähintään yksi toimintakerta, näin varmistetaan katkaisijan osien toiminnasta. (Laitinen 2013;Liukka 2013.)

6.3.3 Katkaisijahuoltojen aikataulutus

Pienjännitekatkaisijoiden huollot jaettiin viiteen eri huoltoalueeseen ja lisäksi Kaukaan voiman katkaisijat laitettiin omalle huoltoalueelle. Niin kuin edellä mainittiin, katkaisijahuollot pyrittiin ajoittamaan kyseistä keskusta syöttävän jakelumuuntajan huoltoajankohdan mukaisesti, jolloin erillisiä sähkökatkoja ei tarvitse järjestää. Lisäksi huollot aikataulutettiin niin, että katkaisijahuollot voitaisiin tehdä kätevästi kyseisen tehdasosaston seisokissa. Liitteessä 5 nähdään esimerkki katkaisijahuollon aikataulutuksesta Kuivauskone 4:n sähkötiloissa olevien katkaisijoiden osalta.

6.4 Pienjännitekompensointien huolto

Tässä työn osassa kerrotaan pienjännitekompensoinneille tehtävistä huolloista. Vikahistoriasta löytyi paljon kompensointikondensaattoreiden vikoja. Lisäksi kondensattoriportaiden ohjauskontaktoreissa oli usein vikoja. Vikahistorian, käyttöolosuhteiden ja valmistajien ohjeiden ja suositusten mukaan laadittiin kompensoinnille huolto-ohjelma.

6.4.1 Kompensointien ennakko- ja huoltoalueet

Kompensoinnit jaettiin kahteen ennakko- ja huoltoalueeseen. Näin toimien kompensointien kahden vuoden välein tehtävät huollot voitiin kätevästi jakaa vuosittain omiksi ennakko- ja huoltoalueiksi. Kompensointien huollot voidaan tehdä tehtaassa normaalin käynnin aikana, joten tuotannon seisokkeihin niitä ei tarvinnut sijoittaa. Kompensointi- ja huollot jaettiin ennakko- ja huoltoalueiksi niin, että uudemman sellutehdaslinjan pienjännite-

nitekompensoinnit ovat sähkötiloittain omalla ennakkohuoltoalueella ja vanhemman sellutehdaslinjan kompensoinnit sähkötiloittain omalla ennakkohuoltoalueellaan. Kompensointi-huoltoalueet nähdään taulukossa 8.

Taulukko 8. Kompensointien ennakkohuoltoalueet.

| Kompensointi-huoltoalueet | Alue |
|---|------|
| Koivulinja, Kuivauskone 1, Kemiantehdas | K1 |
| Vesilaitos, Kauvo, Sellukuorimo, Seulomo, Paperikuorimo ja Puutavara-portti | K1 |
| Kuivauskone 4, Happitehdas, SK3, Haihduttamo, Kame, Havulinja | K2 |
| Apukattila, Biologinen puhdistamo ja Lietteenkäsittely, Rullatehdas | K2 |

6.4.2 Kompensoinnin huolto

Vuosittain tehtävässä tarkastushuollossa kompensoinneille tehdään lämpökuvaus. Tämän lisäksi kompensointilaitteistot tarkastetaan silmämääräisesti ja kuunnellaan laitteistosta mahdollisesti kuuluvia ylimääräisiä ääniä. (Parikka 2013.)

Kahden vuoden välein tehtävässä kompensointilaitteiston huollossa suoritetaan seuraavanlaiset huoltotoimenpiteet, tarkastukset ja mittaukset:

- Kompensointilaitteiston visuaalinen tarkastus
- Porrassulakkeiden kunto
- Ohjauskontaktorien toiminta
- Kondensaattorien kunto, kapasitanssimittaus
- Loistehon säätimen toiminta ja asetelut
- Estokelojen visuaalinen kunto
- Virtaliitosten kireys
- Suodattimien vaihto
- Tuulettimien toiminta ja termostaatin toiminnan koestus
- Syöttökaapeleiden ja sulakkeiden mitoitus
- Varoitus- ja merkintäkilpien kunto
- Ympäristöolosuhteet (lämpötila ja pölyisyys)
- Pariston kosketussuojat

- Verkon yliaaltomittaukset 1-vaiheisena hetkellismittauksena (Rissanen 2013)

Kompensoinnin vuosihuollon yhteydessä tehdään keskuksella ilman kompensointia ja kompensoinnin kanssa 1-vaiheiset sähköverkon hetkellismittaukset, joiden avulla varmistetaan säätimen oikea toiminta. Lisäksi mittauksen avulla tarkastetaan verkon yliaaltojännitteet ja -virrat. (Rissanen 2013.)

6.4.3 Kompensointihuoltojen aikataulukus

Kompensointihuoltojen aikataulukuksesta nähdään esimerkki Kuivauskoneiden (1 ja 4) ja Happitehtaan sähkötilojen osalta liitteessä 6.

6.5 Sähkötilojen- ja pääkeskusten tarkastushuollot

Tässä osassa kerrotaan sähkötiloille ja pääkeskuksille tehtävistä tarkastushuolloista. Sähkötilojen tarkastukset on tarpeellista tehdä, jotta nähdään tilan yleinen kunto ja kaikki mahdolliset epäkohdat sähkö- ja paloturvallisuudessa tulevat huomioiduiksi. Tarkastuksilla voidaan varmistua sähkötilojen riittävästä jäähdytyksestä ja ylipaineesta sekä keskuskomponenttien mahdollisesta huoltotarpeesta ja lisäksi voidaan tarkastaa valvonta- ja suojalaitteiden indikoinnit. Näiden lisäksi sähkötilojen varusteet ja dokumentoinnit tulevat tarkastetuiksi. Lisäksi lämpökuvauksilla ja erilaisilla aistinvaraisilla tarkastuksilla voidaan ennakoida jonkin komponentin mahdollinen vikaantuminen, näin huolellisella sähkötilojen- ja pääkeskusten tarkastushuolloilla voidaan säästää selvää rahaa kun tehtaan tuotanto ei katkea jonkin vikaantuvan komponentin takia, vaan kyseinen komponentti voidaan vaihtaa hallitusti. Sähkötilojen- ja pääkeskusten tarkastushuollot ja lämpökuvaukset tehdään tehtaan normaalin käynnin ja kuorman aikana, jolloin saadaan todellinen kuva keskuksen komponenttien kunnosta.

Keskuslähtöjen tarkastushuoltoon on lisätty nollajohtimien virtojen mittaus valaistuskeskuksista, koska yliaaltopitoisissa verkoissa 3. yliaaltovirrat synnyttävät nollajohtimiin jopa ylivirtoja, jotka ovat aiheuttaneet joissain laitoksissa pahimmissa tapauksissa nollajohtimien poikkipalamisia. Nollajohtimien virrat tulisi mitata ainakin sellaisissa verkoissa joissa arvellaan esiintyvän 3. yliaaltoa, tämänlainen verkko voi olla esimerkiksi toimistotiloja syöttävä verkko, jossa on paljon ATK-laitteita. (ABB 2000,s.6.)

6.5.1 Sähkötilojen- ja pääkeskusten ennakkohuoltoalueet

Kuukausittain tehtävät sähkötilojen- ja pääkeskusten aistinvaraiset tarkastukset jaettiin tehdasosastoittain neljään ennakkohuoltoalueeseen. Näin kuukausitarkastukset voitiin jakaa niin, että joka viikko tehtäisiin jonkun tehdasosaston sähkötilojen tarkastukset, joten koko sellutehtaan sähkötiloja ei tarvitsisi tarkastaa kerralla. Taulukossa 9 nähdään sähkötilojen- ja pääkeskusten kuukausitarkastusten ennakkohuoltoalueet sellutehtaalla.

Taulukko 9. Sähkötilojen kuukausitarkastusten ennakkohuoltoalueet.

| Sähkötilojen kuukausitarkastusten ennakkohuoltoalueet | Alue | Sähkötilat (kpl) |
|---|------|------------------|
| Biologinen puhdistamo ja lietteenkäsittely, rullatehdas | 1 | 10 |
| Sellukuorimo, paperikuorimo ja seulomo, puutavaraportti | 1 | 11 |
| Vesilaitos, Apukattila, SK3 ja Haihduttamo, Kame, Kemiantehdas, Kauvo | 2 | 23 |
| Valkaisimo 1, Massatehdas 1, Ergo, Happitehdas, Kaasuvoimala, Kuivauskone 1 | 3 | 19 |
| Kuivauskone 4, Valkaisimo 2, Massatehdas 2, Keittämö | 4 | 14 |

Vuosittain tehtävät sähkötilojen- ja pääkeskusten vuositarkastukset jaettiin kahteentoista ennakkohuoltoalueeseen, näin toimimalla vuoden huoltosykli toteutuu kätevästi ja koko sellutehtaan sähkötiloja ei tarvitse tarkastaa kerralla. Jako tehtiin tehdasosastojen sähkötilojen kesken. Taulukossa 10 nähdään sähkötilojen vuositarkastusten ennakkohuoltoalueet.

Taulukko 10. Sähkötilojen vuositarkastusten ennakkohuoltoalueet.

| Sähkötilojen vuositarkastusten ennakkohuoltoalueet | Alue | Sähkötilat (kpl) |
|---|------|------------------|
| Biologinen puhdistamo ja lietteenkäsittely, rullatehdas | 1 | 10 |
| Sellukuorimo, puutavaraportti | 2 | 5 |
| Paperikuorimo ja seulomo | 3 | 6 |
| Vesilaitos, Apukattila | 4 | 4 |

| | | |
|---------------------------------------|----|----|
| Kauvo | 5 | 4 |
| SK3 ja Haihduttamo | 6 | 6 |
| Kame | 7 | 4 |
| Kemiantehdas | 8 | 4 |
| Valkaisimo 1, Massatehdas 1 | 9 | 6 |
| Ergo, Happitehdas, Kaasuvoimala | 10 | 8 |
| Kuivauskone 1, Kuivauskone 4 | 11 | 9 |
| Valkaisimo 2, Massatehdas 2, Keittäjä | 12 | 10 |

6.5.2 Sähkötilan- ja pääkeskuksen tarkastushuollon sisällöt

Kuukausittain tehtävässä sähkötilojen- ja pääkeskusten tarkastushuollossa tarkastetaan suoja- ja valvontalaitteiden sekä suoja- ja valvontalaitteiden sekä suoja- ja valvontalaitteiden indikoinnit, vianilmaisut, hälytykset, merkkivalot ja mahdolliset hälytykset kuitataan. Lisäksi tarkastetaan, että keskuskennojen ovet ovat kiinni ja, että sähkötilassa ei esiinny poikkeavia ääniä, hajuja tai kosteutta. Näiden lisäksi tarkastetaan sähkötilan ovien lukitus ja tilan lämpötila. (Etto 1998,s.10.)

Vuosittain tehtävässä sähkötilojen tarkastushuollossa tehdään ensin sähkötilan yleinen tarkastus, jossa kiinnitetään huomiota seuraavien asioiden kuntoon ja olemassaoloon:

- Yleinen siisteys
- Sammutin
- Ovet ja niiden lukot
- Kulkutiet
- Ilmastointi
- Sähkötilan lämpötila ja sen vaihtelualue
- Ylipaine
- Sähkökaapeleiden läpiviennit (seinät, lattiat, katot) ja palokatkot
- Varsinainen ja varavalaistus. (Etto 1998,s.10.)

Sähkötilan yleisen tarkastuksen jälkeen suoritetaan sähkökeskusten ja niiden varusteiden tarkastus. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota seuraavien asioiden kuntoon ja niiden olemassaoloon:

- Keskuksen arvokilpi
- Kotelointi
- Vaihtosulakkeet
- Sisäosien ja katon siisteys
- Kiskoston ja eristimien kunto (näkyviltä osin)
- Maadoituserottimet ja maadoituspisteet
- Syöttö- ja mittauskenttä
- Ohjauksen jakelu. (Etto 1998,s.10.)

Sähkötilasta tarkastetaan myös, että sieltä löytyvät kunnossa olevat keskusten pää, johdotus- ja piirikaaviot. Näiden asioiden tarkastusten jälkeen suoritetaan keskuslähtöjen lämpökuvaukset ja aistinvaraiset tarkastukset, jotka tehdään lämpökuvausten yhteydessä, niihin kuuluvat seuraavien kohtien tarkastukset:

- Lähtöjen siisteys, kennojen väliseinät
- Keskuslähtöjen kilpien merkinnät
- Keskuksen komponenttien ja dokumentoinnin yhteneväisyys
- Maadoitusten tarkastus
- Kontaktoreiden kunnan arviointi (ei ylimääräisiä ääniä tai merkkejä yllilämpenemisestä tai liitosten hapettumisista)
- Lämpöreleiden asettelut
- Väli/ohjauksireleiden tarkastus (ei ylimääräisiä ääniä tai merkkejä yllilämpenemisestä)
- Kaapeleiden ja johdotusten kunto
- Valokaarisuojan valokuidun kunto
- Kaapelipäätteet ja kaapelikuilut
- Sisäisen johdotuksen ja maadoitusten merkinnät
- Kaapeleiden merkinnät ja tuonti keskuslähtöön
- Kosketussuojat ja niiden kunto
- Merkkilamppujen toiminta
- Mittareiden kunto ja toiminta
- Nollajohtimien virtojen mittaus (valaistuskeskuksista)
- Kennojen ovien kunto ja niiden lukituksen toiminta (Etto 1998,s.10)

Edellä mainittujen tarkastusten lisäksi jokaiselle kuormitetulle keskuslähdölle tehdään lämpökuvaus ja tarvittaessa vaiheiden virrat mitataan (Etto 1998,s.10). Tämän jälkeen tarkastetaan, että sähkötilasta löytyvät seuraavanlaiset varusteet ja samalla tarkastetaan niiden kunto:

- Suojamaski
- Miehiä työssä- kyltit
- Ensiapuohjetaulut
- Kahvasulakkeen vaihtokäsine
- Työmaadoitusvälineet
- Varoituskilvet (Etto 1998,s.10)

Näiden lisäksi tarkastetaan keskuksessa mahdollisesti olevien katkaisijoiden toimintakertalaskurit, jos sellainen kyseisestä katkaisijasta löytyy. Toimintakertalaskurin lukeman avulla voidaan arvioida katkaisijan huoltoväliä.

6.5.3 Aikataulukus

Kuukausittain tehtävät sähkötilojen- ja keskusten tarkastukset jaotellaan taulukossa kerrottujen ennakkohuoltoalueiden mukaan, jolloin joka viikko tarkastetaan yksi alue. Vuosittain tehtävät tarkastushuollot jaotellaan taulukon 10 mukaisesti, jolloin vuoden jokaisena kuukautena tarkastetaan yksi alue. Liitteessä 7 nähdään esimerkki vuositarkastusten aikataulutuksesta.

6.6 Suojareiden huolto

Tässä osassa kerrotaan suojareille tehtävistä huolloista. Mukana ovat kaikki keskusten ja moottorilähtöjen suojareleet, joihin kuuluvat myös maasulun valvontareleet ja valokaarisuojareleet. Suojareleet ovat nimensä mukaisesti suojalaitteita, joten näiden laitteiden säännöllinen kunnossapito on erittäin tärkeää. Vikahistoriasta löytyi sellaisia vikoja, joissa suojarele ei ole enää ”hengissä”, joten ennakkohuolto-ohjelmaan lisättiin vuosittain tehtävä suojareleen apujännitteen mittaus. Suojareiden koestukset voidaan tehdä tehtaan normaalin käynnin aikana (Syväoja 2009,s.2). Tosin

valokaarireleillä ja myös muilla suojuhareleillä olisi välillä tarpeellista päästä kokeilemaan, että koko suojausketju katkaisijalle asti toimii (Liukka 2009). Näin ollen valokaarireleiden koestukset lisättiin tehtäväksi kunnossapitoseisokeissa, jolloin releen toiminta voidaan koestaa turvallisesti ja luotettavasti.

6.6.1 Suojareleiden ennakkohuoltoalueet

Suojareleet jaettiin kolmeen ennakkohuoltoalueeseen, jolloin kolmen vuoden koestus-
sykli toteutuu luontevasti ja joka vuosi koestetaan tietty määrä suojuhareleitä, samalla
myös maasulun valvontareleet koestetaan. Kaukaan voiman tiloissa sijaitsevat suoja-
releet jaettiin omalle alueelleen ja niiden koestusaikaväliksi määriteltiin viisi vuotta
releiden valmistajan ohjeiden mukaan. Kaukaan voiman tiloissa sijaitsevat suojuhareleet
koestetaan pienjännitekatkaisijahuoltojen yhteydessä taulukon 7 mukaisesti. Taulu-
kossa 11 nähdään suojuhareleiden ennakkohuoltoalueet:

Taulukko 11. Suojarelehuolto-alueet.

| Suojarelehuolto-alueet | Alue |
|---|-----------|
| Sellukuorimo, Paperikuorimo, Seulomo, Rullatehdas, Biologinen puhdistamo ja Lietteenkäsittely | 1 |
| Kauvo | KAUV O |
| Kuivauskoneet (1 ja 4), Havulinja, Koivulinja, Ergo ja Kaasuvoimala | 2 |
| Vesilaitos, SK3, Haihduttamo, Apukattila ja Meesauuni | 3 |

Valokaarisuojareleet jaettiin viiteen ennakkohuoltoalueeseen katkaisijahuoltojen ta-
paan ja lisäksi Kaukaan voiman tiloissa sijaitsevat releet jaettiin omalle alueelleen.
Ennakkohuoltoalueet on valittu niin, että releet koestetaan kätevästi jakelumuuntaja-
ja pienjännitekatkaisijahuoltojen yhteydessä viiden vuoden välein, jolloin valokaa-
risuojareleen toiminta voidaan koestaa oikeasti katkaisijan laukaisuun asti, eikä erillis-
tä sähkökatkoa tarvitse sen takia tehdä. Taulukossa 12 nähdään valokaarisuojareleiden
ennakkohuoltoalueet:

Taulukko 12. Valokaarisuojarele-huoltoalueet.

| Valokaarirele-huoltoalueet | Alue |
|--|-----------|
| Paperikuorimo, Seulomo, Biologinen puhdistamo ja Lietteenkäsittely | S1 |
| Kuivauskone 1, Havulinja ja Rullatehdas | S2 |
| Massatehdas 1 ja Vesilaitos | S3 |
| Valkaisimo 1 ja Kuivauskone 4 | S4 |
| SK3, Haihduttamo, Apukattila ja Meesauuni | S5 |
| Kauvo | KAUV O |

6.6.2 Koestus ja huolto

Vuosittain suojareleille tehdään apujännitteen mittaus, jolla seurataan suojareleiden tehölähdekortin kondensaattoreiden kuntoa. Nimellinen 24V jännite on ns. vertailujännite ja apujännitteen poiketessa siitä vähintään +/- 0,5V tiedetään, että kondensaattorit alkavat ”kypsymään”, koska vertailujännitteen taso ei ole oikea. Tämä on toimiva ja varma tapa havaita releen teholähteen vika ennen kuin se aiheuttaa koko releen toiminnan loppumisen. SPAJ- ja SPAU J-sarjan releistä ei tule mitään vikailmoitusta, joten suojaus voi olla pois päältä pitkän aikaa ilman, että havaitaan mitään poikkeavaa, näin ollen säännöllinen apujännitteen tarkkailu on tärkeää. Lisäksi vuosittain tehdään suojarelelyyppistä riippuen liitteiden 8 (1)- ja (2) mukaiset tarkastukset. Jos suojareleen apujännite poikkeaa nimellisestä edellä mainitulla tavalla, rele täytyy huoltaa. Releen huollossa sille tehdään liitteiden 8 (1)- ja (2) mukaiset huoltotoimenpiteet (Liukka 2013).

Kolmen vuoden välein tehdään suojareleen koestus. Kaukaan voiman tiloissa sijaitsevat suojareleet koestetaan viiden vuoden välein. Suojarele irrotetaan suojauspiiristä ja kytketään koestuslaitteistoon, jonka koestusjännitteillä ja -virroilla mitataan releen toiminta-arvot ja toiminta-ajat, tällainen koestus voidaan tehdä tehtaan normaalin käynnin aikana. Toisinaan olisi hyvä kokeilla suojareleen toiminta ensiökoestuksena, jossa mittamuuntajien ensiön- tai ensioreleen liittimien kautta syötetään koestusvirta ja jännite ja järjestelmän toiminta tarkastetaan katkaisijan toimimiseen asti, tämä koestustapa vaatii kuitenkin vähintäänkin tehdasosaston seisokin, joten ensiökoestus jää usein tekemättä vaikka ensiökoestus antaa kaikkein luotettavimman kuvan suojausketjun toiminnasta. Toisiokoestuksessa mittamuuntajista irrotettuihin toisiopiireihin syö-

tetään koestusvirta ja -jännite ja järjestelmän toiminta tarkastetaan katkaisijan toimimiseen saakka tai mitataan laukaisupiirin kunto, jos käyttötekniset haitat katkaisijan toimimisesta ovat merkittävät. Suojauksen valehäiriökoestuksessa tehdään tarkoituksella ensiöpuolen vika esimerkiksi maasulku jännitteiseen johtoon ja todetaan suojauksen toiminta, esimerkiksi maasulun valvontareleen toiminta voidaan koestaa tällä tavalla. Toisessa valehäiriökoestustavassa mittamuuntajien toisiopuolen johtimien kytkentämuutoksella aiheutetaan vika esimerkiksi epäsymmetria moottorin suojareleelle. Jos suojareleelle tehdään ensiö-, toisio- tai valehäiriökoestus tarkastetaan samalla releen laukaisutiedon mahdollinen näkyminen hälytyskeskuksessa. (Etto 1998,s.11.)

Suojareleen koestuksen yhteydessä sille tehdään visuaalinen tarkastus, jossa kiinnitetään huomiota mm. seuraaviin asioihin:

- merkkeihin mekaanisista vaurioista releen pistoyksiköissä, liittimissä tai kotelossa
- merkkeihin kerääntyvästä pölystä tai liasta kannen sisäpuolella, piirilevyillä tai kotelossa, pöly poistetaan varovasti paineilmalla
- merkkeihin alkavasta hapettumisesta tai syöpymisestä liittimissä, kotelossa tai releen sisäosissa. (Etto 1998,s.12.)

Edellä mainittujen tarkastusten lisäksi tarkastetaan suojareleen mittamuuntajan johtoliitosten kireys ja releen asettelut, ja näiden lisäksi tehdään suojareleen tyypistä riippuen liitteiden 8 (1)- ja (2) mukaisia tarkastuksia ja huoltotoimenpiteitä. (Liukka 2013.)

Siemensin 7SJ551-käänteisylivirtareleessä vaihdetaan kymmenen vuoden välein reaaliaikakellon patteriyksikkö. (Siemens 1996.)

6.6.3 Maasulun valvontareleet

Maasulun valvontareleet koestetaan kolmen vuoden välein (Kaukaan voiman tiloissa viiden vuoden välein). Koestus tehdään simuloimalla maasulku, eli syöttämällä asetteluarvoa suurempi virta mittauskäämiin ja mittaamalla releen laukaisu- tai havahtumis-

aika (Liukka 2013). Näiden lisäksi maasulun valvontareleille tehdään vuosittain apujännitteen mittausta tai todetaan silmämääräisesti releen merkkivaloista sen toimintakunto ja lisäksi niille tehdään releen tyyppistä riippuen liitteen 8 (3) mukaisia tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä.

6.6.4 Valokaarisuojareleet

Valokaarisuojareleet koestetaan viiden vuoden välein näyttämällä valovastaanottimille valoa salamavalolla- tai tehokkaalla työvalaisimella ja syöttämällä samalla ylivirtaa virtayksiköihin ensiö- tai toisiopiirin kautta ja tarkastamalla, että rele antaa laukaisukäskyn katkaisijalle. Valonlähteen valonvoimakkuuden on oltava riittävä, jotta releen valovastaanotin havahtuu, muussa tapauksessa valovastaanottimen herkkyyttä on säädettävä tarpeen mukaan. Valokaarisuojareiden virta- ja valoyksiköiden toiminta voidaan koestaa myös yksitellen niin, että ensin näytetään valovastaanottimille valoa ja tarkastetaan releen havahtuminen valosta ja sen jälkeen koestetaan virtayksiköt syöttämällä niille ensiö- tai toisiopiirin kautta ylivirtaa ja toteamalla releen virtayksiköiden havahtuminen. Tällä tavalla toimittaessa rele ei laukaise katkaisijaa, joten koestus voidaan tehdä myös tehtaan normaalin käynnin aikana. (UTU 2009,s.25:VAMP 220 2005,s.54:ABB REA 101 2012,s.32.)

Valokaarireleet on yleensä asetettu toimimaan niin, että rele antaa laukaisukäskyn katkaisijalle silloin kun ylivirta- ja valoehdot täyttyvät samanaikaisesti, vastaten näin tilannetta valokaaren syntyessä. ABB REA-, UTU-FALCON-, UTU-ARC10- ja VAMP 220- valokaarireleissä voidaan rele asettaa laukaisemaan myös pelkästä valosta, jolloin releiden virtayksiköihin ei tarvitse koestuksessa syöttää ylivirtaa, vaan releen laukaisupiirin kunto voidaan koestaa myös pelkällä valolla. Edellä mainituissa valokaarireletyyypeissä voidaan myös säädellä ylivirran- ja valotiedon laukaisun raja-arvoja sekä myös releen laukaisuviive-aikaa. Valokaarireleiden koestukset olisi paras tehdä kunnossapitoseisokissa, jolloin releiden koko laukaisuketju aina katkaisijalle asti voitaisiin koestaa. (UTU 2009,s.25:VAMP 220 2005,s.54:ABB REA 101 2012,s.32.)

ABB NES 2 -valokaarireleessä yksi ylivirtareleen kosketin on sarjassa valokaarireleen kanssa, joten myös siinä käytetään ylivirta-ehtoa lisäehtona laukaisulle. NES 2 -valokaarireleet ovat aiheuttaneet virhelaukaisuja pelkästä valosta, joten turvallisinta

olisi koestaa kyseinen reletyyppi kunnossapitoseisokissa. Releen koestus tehdään valokaarireleen testipisteestä mieluiten salamavalolla tai muulla tehokkaalla valolla. (Liukka 2013.)

Valokaarireleille tehdään myös tyypistä riippuen liitteen 8 (4) mukaisia tarkastuksia eli vuosittain tarkastetaan, että releillä ei ole hälytyksiä tai vikailmoituksia ja tarvittaessa mitataan apujännite tai tarkastetaan, että releen teholähteen apujännitemerkkivalot ovat normaalitilassa. Kuidun ja valokaariantureiden (linssien) kuntoa ja puhtautta seurataan myös säännöllisesti koestuksen yhteydessä. Valokaarirelettä koestettaessa tarkastetaan myös valokaarirelelaukaisun mahdollinen näkyminen hälytysjärjestelmän merkinantopaneelissa. (Liukka 2013.)

6.6.5 Aikataulutus

Suojareleiden koestuksen ja huollon aikataulutuksesta nähdään esimerkki liitteessä 9, jossa on esiteltyä suojareleiden aikataulutussuunnitelma Kuivauskone 4:n osalta. Niin kuin edellä mainittiin, suojareleet voidaan koestaa tehtaan käynnin aikana, joten aikataulutuksessa tämä on huomioitu.

Maasulun valvontareleiden koestuksen ja huollon aikataulutuksesta nähdään esimerkki liitteessä 10, jossa Kaukaan voiman sähkötiloissa sijaitsevat maasulun valvontareleet on aikataulutettu. Myös maasulun valvontareleet voidaan koestaa tehtaan käynnin aikana.

Valokaarisuojareleiden koestuksen ja huollon aikataulutuksesta nähdään esimerkki liitteessä 11. Siinä Havulinjan sähkötiloissa sijaitsevat valokaarireleet on aikataulutettu. Valokaarireleiden huollon aikataulutuksessa on huomioitu huollon ajankohta niin, että se ajoittuu jakelumuuntajan ja katkaisijahuoltojen yhteyteen, näin valokaarireleet koestetaan tehtaan kunnossapitoseisokeissa.

6.7 Turva- ja poistumistievalaistusjärjestelmän huolto

Työn tässä osassa kerrotaan turva- ja poistumistievalaistusjärjestelmälle tehtävistä huolloista. Turva- ja poistumistievalaistusjärjestelmän huolto-ohjelma on laadittu standardin SFS-EN-50172 mukaan ja siinä kerrottuja huoltotoimenpiteitä noudattaen.

Liitteessä 12 nähdään poistumistievalaistuksen kunnossapito-ohjelman toteutustaulukko.

6.7.1 Huollon sisältö

Kuukausittain tehdään turva- ja poistumistievalaistusjärjestelmän silmämääräinen tarkastus. Silmämääräisessä tarkastuksessa tarkastetaan turvavalojärjestelmän tila, että järjestelmä on valmiustilassa ja samalla tarkastetaan, että järjestelmässä ei ole vikailmoituksia tai hälytyksiä. Tämän jälkeen tarkastetaan jokaisen järjestelmään kytketyn jatkuvatoimisen turvavalaisimen toiminta ja palaneet lamput vaihdetaan tarvittaessa. (SFS-EN-50172, s.18: TEKNOWARE 2013.)

Kolmen kuukauden välein testataan turva- ja poistumistievalaistuksen toiminta lyhytaikaisesti akkukäytöllä ja samalla tarkastetaan, että jokainen järjestelmään kytketty valaisin toimii ja, että valaisimet ovat ehjiä ja puhtaita. Samalla tarkastetaan turvavalokeskuksen valvontalaitteiden toiminta. Testauksen jälkeen varmistetaan järjestelmän palautuminen normaalitilaan eli järjestelmän syöttö on normaalitilassa ja lataa akkuja. Automaattisella testauksella ja kunnonvalvonnalla varustettu turvavalojärjestelmä hoitaa testauksen automaattisesti, tässä järjestelmässä tarkastetaan testin tulokset, ja sen perusteella tehdään tarvittavat huoltotoimenpiteet ja lisäksi tarkastetaan, että järjestelmässä ei ole vikailmoituksia tai hälytyksiä. (SFS-EN-50172, s.18: TEKNOWARE 2013.)

Vuoden välein tehdään turva- ja poistumistievalaistusjärjestelmälle ns. täyden kestoajan testi, jossa poistumistievalaistuksen toiminta testataan vähintään tunnin ajan akkusyötöllä. Tämän jälkeen tarvittaessa uusitaan järjestelmän akut. Akut vaihdetaan uusiin viiden vuoden välein, tosin myös akkujen käyttölämpötilaan on kiinnitettävä huomiota sillä lämpötilan ollessa yli 25 C° akkujen käyttöikä lyhenee huomattavasti ja akut tulee uusia tiheämmin. Turvavalojen valonlähteenä käytettäville loisteputkille tehdään ryhmävaihto kun 10 % niistä on palanut. Turvavalojen valonlähteiden ollessa ledejä, uusitaan ne seitsemän vuoden välein. Myös ledien käyttöikä lyhenee huomattavasti jos valaisimen käyttölämpötila nousee yli 25 C° lämpötilan. Automaattisella testauksella ja kunnonvalvonnalla varustettu turvavalojärjestelmä hoitaa testauksen automaattisesti, joten niissä testin tulokset ja mahdolliset vikailmoitukset tarkastetaan. (SFS-EN-50172, s.18: TEKNOWARE 2013.)

6.8 Muut huoltokohteet

Työn tässä osassa esitellään sellutehtaan pienjännitejärjestelmien muiden kohteiden huoltosuunnitelmaesitys. Tässä osassa on kerrottu myös taajuusmuuttajille tehdyistä huolloista. Sellutehtaan taajuusmuuttajilla on jo ennen tämän työn aloitusta ollut valmis huolto-ohjelma, joten taajuusmuuttajien huolloista on kerrottu hyvin yleisellä tasolla. Tällä hetkellä taajuusmuuttajien huolto on ulkopuolisten toimijoiden vastuulla ja he tekevät taajuusmuuttajille vuoden välein huollon aina kunnossapitoseisokeissa.

6.8.1 Taajuusmuuttajien huolto

Taajuusmuuttajille tehdään vuosittain huolto. Vuosittain tarkastetaan taajuusmuuttajan tyypistä riippumatta jäähdytyksen toiminta, puhaltimien kunto, ilmankierto, tuuletusri-tilöiden ja jäähdytystunneleiden puhtaus, liittimien ja kokoojakiskoston kunto sekä tarvittaessa tehdään muuttajalle ja sen jäähdytyskanaville puhdistushuolto. (Hirvonen 2010.)

Nestejäähdytteisestä taajuusmuuttajasta tarkastetaan lisäksi jäähdytysnestepumpun asennus ja jäähdytysnestejärjestelmän putkiliitokset silmämääräisesti. Nestejäähdytteisten taajuusmuuttajien jäähdytysnesteen määrä ja kunto tarkastetaan silmämääräisesti vuosittain. Vuosittain tarkastetaan myös taajuusmuuttajan ovisuodattimen kunto (jos laite on asennettuna kaappiin) sekä taajuusmuuttajan suojausluokan ollessa IP54 tai sitä suurempi, niin ovisuodatin vaihdetaan vuosittain. Näiden lisäksi tarkastetaan käyttöympäristön pölyisyys, korroosion vaikutukset ja lämpötila sekä syöttöjännitteen laatu. Lisäksi tehdään perusmittauksia syöttöjännitteellä ja ladataan sekä koestetaan välipiirin kondensaattorit. Vuosittain tarkastetaan myös taajuusmuuttajan muistin varmennuspariston kunto ja tarkastetaan taajuusmuuttajan varaosatilanne. (Hirvonen 2010.)

Nestejäähdytteisissä taajuusmuuttajissa lisätään tyypistä riippuen kahden vuoden välein jäähdytysnesteeseen suoja-aine, jonka tehtävänä on estää- tai pikemminkin hidastaa -korroosion vaikutuksia ja kahden vuoden välein tarkastetaan lämmönvaihtimen puhtaus sekä paisuntasäiliön ilmanpaine. Kuuden vuoden välein vaihdetaan nestejäähdytteisten taajuusmuuttajien jäähdytyspuhaltimet ja -pumppu sekä puhdistetaan läm-

mönvaihdin. Yhdeksän vuoden välein vaihdetaan jäähdytysneste ja paisuntasäiliö. (Hirvonen 2010.)

Taajuusmuuttajan tyypistä riippuen 3-5 vuoden välein vaihdetaan ilmajäähdytteisten taajuusmuuttajien jäähdytyspuhaltimet sekä tarkastetaan I/O-liittimien ja ohjausliittimien kunto ja liitosten kireys. Taajuusmuuttajan tyypistä riippuen kuuden vuoden välein vaihdetaan muistin varmennusparisto ja tarkastetaan muuttajan syöttökaapeleiden liitosten kireys. Yhdeksän vuoden välein vaihdetaan välipiirin kondensaattorit. (Hirvonen 2010.)

6.8.2 Sähkösaattolämmityskeskusten tarkastushuolto

Sellutehtaan putkistojen lämmityksen toiminnan takia, sähkösaattokeskuksille tehdään vuosittain tarkastushuolto. Normaalin kuorman aikana talviaikaan tehdään sähkösaattokeskuksille lämpökuvaus. Lämmityskuorman ollessa pois päältä esimerkiksi kesäaikaan saattolämmitysten syötön vikavirtasuojat koestetaan testipainikkeella ja asennustesterillä sekä mitataan syötön poiskytkennän toiminta-ajat, joiden on täytettävä SFS-6000-4-41 vaatimukset. Samalla kokeillaan termostaatin toiminta ja tarkastetaan, että suojalaitteet eivät laukea. Lisäksi tarkastetaan keskuksen merkkilamppujen toiminta ja keskuksen merkinnät ja dokumentointi (SFS-6000-4-41 2012, Kurvinen 2013). Liitteessä 13 nähdään sähkösaattojen tarkastuslista Havulinjan osalta.

6.8.3 Vikavirtasuojien koestus

Sellutehtaan autonlämmityspistorasioiden ja työmaakeskusten pistorasioiden vikavirtasuojat koestetaan vuosittain testipainikkeella ja asennustesterillä sekä mitataan vikavirtasuojien toiminta-aika, jonka on täytettävä SFS-6000-4-41 vaatimukset. Lisäksi tarkastetaan silmämääräisesti autonlämmityspistorasioiden ja työmaakeskusten yleinen kunto (Vanhatalo & Kärkkäinen 2013). Sellutehtaan valaistuskeskuksissa tarkastetaan vikavirran valvontalaitteen näyttämä aina keskuksen vuositarkastuksen yhteydessä ja näyttämän perusteella arvioidaan mahdollinen vikavirran aiheuttaja (Kurvinen 2013). Liitteessä 14 nähdään vikavirtasuojien tarkastuslista.

6.8.4 Erottimien huolto

Vanhalla sellutehdaslinjalla Strömbergin keskusten pääkojeina oleville kuormanerottimille tehdään vuosittain lämpökuvaus. Kuormanerottimia huolletaan tarpeen mukaan esimerkiksi silloin, jos lämpökuvauksella havaitaan kuumia pisteitä erottimen osissa tai jos sitä joudutaan käyttämään yhdenkin kerran. Tällöin huolto aloitetaan päävirtapiirin ylimenovastusten mittauksella ja sen jälkeen tehdään sekä kuormanerottimen ja sen yhteydessä olevan maadoituserottimen ohjaimen huolto, ja sen lisäksi tehdään liitteen 15 mukaisia tarkastuksia ja huoltotoimenpiteitä. Liikaa lämpenevät erottimen osat vaihdetaan uusiin tai liitoksia kiristetään ja rasvataan tarpeen mukaan. Huollon jälkeen suoritetaan jälleen ylimenovastusten mittaus päävirtapiiristä. (Parikka 2013.)

6.8.5 Lämpökuvaus

Pienjännitteisille sähkönjakelujärjestelmille tehdään vuosittain lämpökuvaus. Lämpökuvaus tehdään kappaleessa 6.5 mainittujen sähkötilojen- ja keskusten tarkastushuollon yhteydessä koko keskuskojeistolle ja sen komponenteille. Lämpökuvaus on ennakkoivaa kunnonvalvontaa, jonka avulla voidaan komponenttien mahdolliset vikatilanteet ennakoida. Jotta lämpökuvaus antaisi mahdollisimman luotettavan kuvan sähkölaitteiston kunnosta, täytyy kuvattavan kohteen kuormitusvirran olla vähintään 30 % nimellisestä ja kuvaajan kokenut. Lämpökuvauksella voidaan löytää esimerkiksi kontaktori- ja kytkinvarokeviat, kosketinviat, löysät liitokset ja vinokuormat. Sähkölaitteistolle tehdään ensin normaalin kuormituksen aikana lämpökuvaus ja sen jälkeen kuvauksen tulokset arvioidaan. Kuvausten tulosten perusteella suoritetaan tarvittavien komponenttien tai osien vaihto hallitusti tuotannon seisokissa tai liitoksia kiristetään, puhdistetaan ja rasvataan. Näin ollen korjaustoimenpiteet voidaan tehdä jo ennen laitteen mahdollista vikaantumista (Kesäläinen 2008).

6.8.6 Sähkönjakelun määräaikaistarkastus

Kaukaan tehtaiden sähkönjakelujärjestelmille tehdään viiden vuoden välein sähkönjakelun määräaikaistarkastus valtuutetulla tarkastuslaitoksella. (Tonder & Kärkkäinen 2013.)

6.8.7 Maadoitusjärjestelmän tarkastusmittaus

Kaukaan tehtaiden sähkönjakelun maadoitusjärjestelmälle tehdään tarkastusmittaus 12 vuoden välein ulkopuolisella toimijalla. (Tonder 2013.)

6.8.8 Keskusten alamuuntajien kunnan tarkastus

Kappaleessa 6.5 esitetyn sähkötilojen ja -keskusten tarkastushuollon yhteydessä tarkastetaan aistinvaraisesti myös keskusten alamuuntajat. Aistinvaraisessa tarkastuksessa kiinnitetään huomiota muuntajasta mahdollisesti kuuluviin ylimääräisiin ääniin. Muuntajasta tarkastetaan yleinen kunto ja puhtaus, käyttöolosuhteet, muuntajan kotelointi ja kosketusjännitesuojat, arvokilvet ja varoituskilvet sekä kaapelointi, kaapelilaipat ja niiden kunto. Näiden lisäksi alamuuntajille tehdään lämpökuvaus. (Kärkkäinen & Parikka 2013.)

6.8.9 Keskusten hätä-seis laukaisupiirien koestus

Yleensä moottorikeskusten yhteydessä olevien keskuksien hätä-seis painikkeiden koestus tehdään viiden vuoden välein katkaisijahuoltojen ja valokaarireleiden koestuksen yhteydessä tuotannon seisokeissa. Hätä-seis painiketta painetaan keskuksen ollessa jännitteellisenä ja todetaan keskusta syöttävän katkaisijan avautuminen ja keskuksen irtikytkentä sähköverkosta. Lisäksi tarkastetaan hätä-seis painikkeen ja katkaisijan laukaisun mahdollinen näkyminen hälytyskeskuksen merkinantopaneelissa.

6.8.10 Palokatkojen tarkastus

Kaukaan tehdasalueen kaapeliläpivientien palokatkojen kunto ja niiden olemassa olo tarkastetaan puolen vuoden välein. Tarkastuksen yhteydessä mahdollisesti löytyviin ilman palokatkoa oleviin kaapeliläpivienteihin lisätään uudet palokatkot. (Kärkkäinen 2013.)

6.9 Lentoestevalot

Lentoestevaloja on käytettävä tietyn korkeuden omaavissa rakennuksissa, mastoissa, piipuissa, säiliöissä tms. kohteissa. Lentoestevaloilla merkitään lentoturvallisuuden

vuoksi näitä edellä mainittuja korkeita kohteita. Ilmailulaki määrittelee, minkälainen rakennus tarvitsee lentoestevalot. Kaukaan tehtaalla on monia korkeita rakennuksia kuten esim. Soodakattila piippuineen, Kaukaan voiman piippu, Sellutehtaan keittämö ja korkeita säiliöitä. Lisäksi Kaukaan tehtaat sijaitsevat lähellä lentokenttää, joten lentoestevalojen säännöllinen kunnossapito on tärkeää.

6.9.1 Lainsäädäntö

Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO on luokitellut lentoestevalot useaan eri luokkaan ja tyyppiin valotehon, -värin, -taajuuden ja käyttökohteen mukaan. Pienitehoista lentoestevaloa (low intensity obstruction light, LIOL) voidaan käyttää matalissa rakenteissa, ylempänä tai laajoissa kohteissa on käytettävä keskitehoisia (MIOL) tai suuritehoisia (HIOL) lentoestevaloja. Näiden luokkien alla on vielä useita alatyyppejä. Kohteen luonteen mukaan voidaan ilmailumääräyksessä AGA M3-6 määrittellä myös muita vaatimuksia valotehoille, valojen sijoittelulle ja määrille. Määräyksen tulkinta kuuluu lentoesteluvan myöntäjälle eli TRAFILLE (liikenteen turvallisuusvirasto). Suomessa lentoesteet on merkittävä liikenteen turvallisuusviraston määräysten mukaisesti. (SKS Automaatio 2013.)

Lentoesteitä käsittelee ilmailulaki, jonka mukaan merkin asettamiseen tarvitaan lentoestelupa, jos lentoeste:

- 1. ulottuu yli 10 metriä maanpinnasta ja sijaitsee lentopaikan läheisyydessä (alueen pitkät sivut ovat 500 metrin etäisyydellä kiitotien keskilinjasta ja lyhyet sivut 2500 metrin etäisyydellä kiitotien kynnyksistä ulospäin)
- 2. ulottuu yli 30 metriä maanpinnasta ja sijaitsee 1. kohdassa tarkoitetun alueen ulkopuolella, mutta kuitenkin enintään 45 kilometrin etäisyydellä lentotaseaman mittapisteestä
- 3. ulottuu yli 30 metriä maanpinnasta ja sijaitsee 1.kohdassa tarkoitetun alueen ulkopuolella, mutta kuitenkin enintään 10 kilometrin etäisyydellä muun lentopaikan mittapisteestä
- 4. ulottuu yli 60 metriä maanpinnasta ja sijaitsee 1-3 kohdassa tarkoitettujen alueiden ulkopuolella. (Ilmailulaki 22.12.2009/1194,165§.)

Kaukaan sellutehtaalla käytetään soodakattilan ja Kaukaan voiman savupiipuissa suuri- ja keskitehoisia lentoestevaloja. Piippujen huipulla on käytössä päivällä vilkkuvat valkoiset strobevalot, joiden toiminta perustuu XENON-purkauslamppuun. Pimeän tai hämärän tultua järjestelmän tila vaihtuu päivämoodista yömoodiin ja valokenno ohjaa päälle punaiset vilkkuvat lentomajakkavalot. Piipun keskiosissa on lisäksi käytössä pienitehoiset lentoestevalot. Soodakattilan ja sellun keittämön katolla on käytössä keskitehoiset punaiset valot. Lisäksi erilaisissa korkeammissa säiliöissä käytetään pienitehoisia punaisia valoja. Lentoestevalojärjestelmän CPU-yksikköön ja valvomoon saadaan hälytys kun lamppujen ennakoitu käyttöikä on tulossa täyteen, tällöin lamppu on vaihdettava heti ja lisäksi myös palaneesta lampusta tai vioittuneista ledeistä saadaan vikailmoitus tai järjestelmä vaihtaa automaattisesti varalampulle käytössä olevan lampun palaessa. Lentoestevalojen sähkönsyöttö tulee varavoimakoneella varmenne- tuista keskuksista.

6.9.2 Huolto

Lentoestevalojärjestelmille vuosittain tehtävässä huollossa tarkastetaan CPU-yksiköstä tai laitekotelosta mm. laitteiden asennus, mahdolliset vauriot, laitekotelon kunnollinen suljenta ja puhtaus. Lisäksi tarkastetaan, että laitteen sisällä ei ole merkkejä kosteudesta, kotelon huuhotus on kunnossa, laite on tarpeeksi tiivis, piirilevyt ovat puhtaat ja kaapeliliitokset ovat tarpeeksi kireällä. Näiden tarkastusten lisäksi tehdään lentoestevalojärjestelmän tyypistä riippuen liitteen 16 mukaiset huoltotoimenpiteet. (ORGA 2010; FLASH 2006.)

Lentoestevalaisimet ovat kohtalaisen kovien ilmastollisten rasiusten kohteena, näin ollen vuosittain on hyvä tarkastaa valaisimien kunto perinpohjaisesti. Lentoestevalaisimille tehdään tyypistä riippuen liitteen 16 mukaiset huoltotoimenpiteet vuosittain. Valaisimista ja valaisinkoteloista tarkastetaan mm. tiivisteiden kunto, välähdysputkien tai lamppujen kunto, liitosten kireydet, huuhotinaukot, turvalukituskytkimien toiminta, valaisinkupujen kunto ja valokennojen kunto. Tarvittaessa tiivisteet vaihdetaan sekä valaisinkuvut, valaisimen sisäosat ja valokennot puhdistetaan. Lisäksi valokennojen toiminta kokeillaan päivänvalossa peittämällä se ja tarkastamalla, että järjestelmä vaihtaa valojen tilan päivämoodista yömoodiin vähintään muutaman minuutin kuluessa. Valokennot vaihdetaan uusiin jos moodin vaihto ei tapahdu vähintään muutamassa minuutissa. (ORGA 2010; FLASH 2004.)

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selkiyttää tutkittavan pienjännitejärjestelmän ennakkohuoltotoimintaa. Työssä keskityttiin erityisesti pienjännitteisten sähkönjakelu- ja viranomaisten vaatimien turvallisuuteen vaikuttavien laitteiden ja järjestelmien kunnossapitoon ja koestukseen. Näiden lisäksi selkiytettiin myös räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden ennakkohuoltotoimintaa ja tulkittiin räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden – ja niiden kunnossapitotarkastusten viranomaismääräyksiä. Myös muiden pienjännitejärjestelmien viranomaisvaatimukseen tutustuttiin perinpohjaisesti. Sähköturvallisuuslaki, Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset, TUKESIN ohjeet ja SFS-standardit vaikuttivatkin suuresti lopulliseen ennakkohuoltosuunnitelmaesitykseen. Omalta osaltaan lopulliseen ennakkohuoltosuunnitelmaesitykseen vaikuttivat myös sähköjärjestelmän laitteiden vikahistoria, laitteiden kriittisyys, tehtaan omat käytännöt, kunnossapitoseisokit, laitteiden ikä, käyttöolosuhteet, valmistajien huolto-ohjeet ja laitteiden kunnonvalvonta.

Pienjännitekatkaisijoiden huoltotoimintaan saatiin selvyyttä kartoittamalla sellutehtaalta löytyvät katkaisijamallit. Lopputuloksena voitiin laatia jokaiselle katkaisijalle huoltosuunnitelma ja samalla myös jokaisen sellutehtaalta löytyvän katkaisijan varaosatilanne saatiin selvitettyä. Tässä työssä laaditun huolto-ohjelman avulla voidaan pienjännitekatkaisijat tyyppitietoineen lisätä jatkossa tehtaan kunnossapitojärjestelmään, josta katkaisijoiden vika- ja huoltohistoriaa on helppo seurata sekä myös varaosien hankintaa voidaan helpottaa.

Pienjännitekatkaisijoiden kartoituksessa kävi ilmi, että yli puolet sellutehtaan pienjännitekatkaisijoista on siinä iässä, että varaosia ei ole näihin katkaisijoihin enää saatavilla. Näin ollen tulevaisuudessa näitä vanhoja katkaisijoita joudutaan päivittämään uusiin malleihin esimerkiksi käyttämällä usean valmistajan tarjoamaa ns. retrofit-asennussarjaa, jolla uusi katkaisija voidaan sovittaa vanhan katkaisijan tilalle sopivilla kiskosarjoilla. Vanha katkaisija voidaan myös peruskorjata, mutta tämä vaatisi katkaisijan lähettämisen korjaamolle tai tehtaalle, joten peruskorjauksen ajan jouduttaisiin korjauksessa olevan katkaisijan tilalle joka tapauksessa järjestämään varakatkaisija tehtaan tuotannon normaalin toiminnan turvaamiseksi.

Katkaisijoiden säännöllinen ennakkohuolto ja kunnonvalvonta nousevatkin tulevaisuudessa tärkeään osaan, jotta katkaisijoiden käyttöikä ja luotettavuutta voidaan jatkaa ja että mahdollinen katkaisijan uusinta voitaisiin tehdä hallitusti tehtaan kunnossapitoseisokeissa.

Sellutehtaan suojareleet käytiin myös läpi komponentti kerrallaan ja niistä muodostettiin huolto-ohjelma. Suojareleet voidaan myös jatkossa lisätä kunnossapitojärjestelmään komponentti kerrallaan, joten niiden vika- ja huoltohistorian seuraaminen sekä varaosien hankinta tulee olemaan jatkossa helpompaa. Suojareleiden huolto-ohjelmaan lisättiin vuosittain tehtävä apujännitteen mittausta, jolla etenkin vanhempien suojareleityyppien kuntoa voidaan jatkossa seurata hyvinkin tarkasti. Sellutehtaan sähkökeskuksissa oleviin suojareleisiin on saatavilla vielä ihan yleisesti varaosia lukuun ottamatta ABB:n ja UTU:n valmistamia vanhempia valokaarirelemalleja, joita ei enää valmisteta. Näin ollen kyseiset valokaarireleet olisi kannattavaa uusida lähitulevaisuudessa, jotta voitaisiin päivittää suojaus hyvissä ajoin ennen vanhojen releiden vikaantumista ja turvata näin ollen keskusten palo- ja henkilösuojaus.

Osasta sellutehtaan pienjännitekompensointeja on löytynyt viime aikoina vikoja, joten joitakin kompensointeja on kytketty tämän takia pois päältä. Jatkossa kannattaisikin miettiä vanhojen kompensointilaitteistojen uusimista. Kompensointeja uudistettaessa tässä työssä laadittua huoltosuunnitelmaesitystä voidaan jatkossa käyttää pohjatietona kompensointien ennakkohuollossa ja kunnonvalvonnassa.

Sähkökeskuksille tehtävän lämpökuvauksen yhteyteen lisättiin tehtäväksi sähkötilojen ja -keskusten tarkastava huolto. Näin ollen jatkossa voidaan ennakoivaa kunnonvalvontaa lisätä myös pienjännitejärjestelmillä ja samalla myös sähkötilojen varusteet tulevat tarkastetuksi, jolloin viranomaisten vaatimukset palosuojauksen ja sähköturvallisuuden osalta täyttyvät. Sähkökeskusten tarkastavaan huoltoon lisättiin nollajohtimien virtojen mittausta valaistuskeskuksista. Nollajohtimien virtoja kannattaisi mitata etenkin konttoritiloja syöttävistä keskuksista tai muista paljon ATK-laitteita sisältävistä verkoista. Näin ollen voitaisiin seurata nollajohtimien virtoja ja paikallistaa mahdollisen 3.yliaallon aiheuttamaa nollajohtimen ylikuormitusta. Joissakin paljon ATK-laitteita sisältävistä verkoista on havaittu jopa nollajohtimien poikkipalamisia 3.yliaallon vaikutuksesta.

Sähkökeskusten lämpökuvaus toimii edelleenkin erinomaisena ennakoivan kunnonvalvonnan menetelmänä. Komponenttiviati, löysät liitokset, vinokuormat ja kosketinviat voidaan löytää lämpökuvauksen avulla suhteellisen helposti, näin ollen keskuslähtöjen kaapeli- ja kiskoliitosten kireyden tarkastaminen päätettiin jättää keskusten tarkastushuolloista kokonaan pois koska virtapiirien liitosten kireyksiä tarkastettaessa aiheutetaan usein enemmän haittaa kiristämällä liitoksia liikaa. Kontaktori- ja kytkinvarokelähtöjen kunnonvalvonnassa lämpökuvaus on käytännössä aistinvaraisten tarkastusten ohella ainoa tapa, jolla em. komponenttien kuntoa voidaan valvoa ja näille komponenteille tehdäänkin tarvittavat huoltotoimenpiteet lämpökuvauksilla havaittujen vikojen perusteella. Lämpökuvausten ohella myös kokeneen kunnossapitohenkilökunnan tekemät erilaiset aistinvaraiset tarkastukset ovat tärkeitä sähköjärjestelmien ennakoivan kunnonvalvonnan toimenpiteitä, näin ollen myös aistinvaraisia tarkastuksia lisättiin sähkökeskusten ennakko-ohjelmaan.

Luvussa 4.1.2 käsiteltiin Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä. Siinä todettiin, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistolle tulee laatia kunnossapito-ohjelma. Tällä ennakko-ohjelmalla voidaan ministeriön asettamat vaatimukset täyttää.

Tulevaisuudessa saadaan lisää kokemuksia tämän ennakko-ohjelman toimivuudesta käytännössä ja sitä voidaan myös täydentää kun sähköjärjestelmään asennetaan uusia komponentteja tai kun laitteistojen käyttökokemuksia saadaan lisää. Kunnossapito-ohjelmalla ei pelkästään lisätä laitteiden luotettavuutta ja käytettävyyttä vaan sillä saadaan myös tietoa järjestelmässä olevista laitteista, niiden ikäjakaumasta, varaosatilanteesta ja sillä selkiytetään ennakko-ohjelmainta. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa tuleekin ottaa huomioon myös järjestelmässä olevien laitteiden elinkaaret.

Nyt laadittu kunnossapito-ohjelma voidaan jatkossa liittää tehtaan kunnossapitojärjestelmään, jolloin kaikista suoritetuista huoltotoista saadaan järjestelmään historiatiedot. Myös huoltotoimenpiteiden asiakirjoja voidaan liittää kätevästi kunnossapitojärjestelmään ennakko-ohjelmainten liitteeksi, näin myös viranomaisten vaatimukset tarkastuspöytäkirjamalleista ja muista asiakirjoista tulevat täytetyksi ja tarkastusten suorittamisajankohtia on helppo seurata. Ennakko-ohjelmainten suunnittelu tulee myös helpottumaan kun aikaisemmin tehtyjä huoltotoimenpiteitä voidaan selata kunnossapitojärjestelmän historiatiedoista. Esimerkiksi katkaisijoilla voidaan nyt seurata niille

tehtyjä huoltoja komponentin tarkkuudella. Lisäksi kun kaikki asiakirjat ja huoltolistat löytyvät samasta paikasta, niin ennakkohuoltotöiden suoritus helpottuu huomattavasti.

Tässä huoltosuunnitelmassa esitelty räjähdysvaarallisten tilojen kunnossapitotarkastuslista voidaan myös jatkossa liittää suoraan kunnossapitojärjestelmään aikataulutuksineen. Räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitetarkastuksia on jatkossa helppo raportoida suoraan kunnossapitojärjestelmään ja sieltä niitä voidaan esitellä myös tarkastusviranomaisille. Tehdyistä tarkastuksista jää näin myös jäljet kunnossapitojärjestelmään.

Tulevaisuudessa sellutehtaan räjähdysvaarallisten tilojen laiteluetteloissa on vielä kehitettävää sillä tiloissa olevat laitteet on päivitettävä vastaamaan laiteluetteloja ja osalle niistä on teetettävä vaaranarviointi valtuutetulla tarkastuslaitoksella, sillä kaikki laitteet eivät ole suoraan kyseisiin tilaluokkiin soveltuvia, koska osa laitteista on ollut kyseisessä tilassa jo ennen kuin tila on luokiteltu räjähdysvaaralliseksi. Jatkossa räjähdysvaarallisten tilojen kunnossapitotarkastustoimintaa voidaan kuitenkin selkiyttää tässä ennakkohuoltosuunnitelmaesityksessä laaditun kunnossapitotarkastuslistan ja aikataulutussuunnittelun avulla.

Myös muuta viranomaisvaatimukseen perustuvaa turva- ja merkinantojärjestelmien kunnossapitotoimintaa voidaan jatkossa selkiyttää tämän ennakkohuoltosuunnitelmaesityksen avulla. Näin ollen viranomaisille voidaan osoittaa, että turvajärjestelmistä on olemassa kunnossapito-ohjelmat ja turvajärjestelmien kuntoa seurataan säännöllisesti.

Jatkossa pienjännitejärjestelmien huoltoja suunniteltaessa kannattaa tehdä yhteistyötä suur- ja keskijännitejärjestelmien huoltosuunnittelun kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että huollot suur- ja keskijännite- sekä pienjännitejärjestelmillä kannattaa ajoittaa tehtäväksi samaan aikaan, jolloin ylimääräisiä sähkökatkoja ei tarvitse järjestää. Tässä huoltosuunnitelmaesityksissä on huomioitu pienjännitejärjestelmien huoltojen aikataulutuksessa myös suur- ja keskijännitejärjestelmien huoltojen suunnitellut ajankohdat.

Käytännössä sähkönjakelujärjestelmien ennakkohuoltojen aikataulutussuunnittelu kolmivuoroteollisuudessa on haastavaa työtä. Useimpia sähkönjakelun komponentteja huollettaessa joudutaan tekemään sähkökatko prosessilaitteisiin tai muihin sellaisiin laitteisiin, joiden sähkönsyötön katkaisemisella on haittaa. Tästä johtuen sähkönjake-

lun komponenttien ennakkohuollot joudutaan tekemään tehtaiden yleensä viikon mittaisien kunnossapitoseisokkien aikana tai silloin kun parhaiten pystytään.

Ennakoiva kunnonvalvonta nousee tärkeään osaan sähkönjakelujärjestelmien kunnossapidossa ja niiden komponenttien huoltoja sekä aikataulutusta suunniteltaessa. Säännöllisesti tehdyillä kunnonvalvontakierroksilla voidaan jakelujärjestelmissä olevien komponenttien kuntoa seurata ja arvioida mahdollista huollon tarvetta. Kunnonvalvonnan avulla voidaan myös huoltojen aikataulutussuunnittelun tekemistä helpottaa, esimerkiksi jos lämpökuvauksen tai aistinvaraisten tarkastuksen avulla löydetään jokin viallinen komponentti, niin komponentin vaihtoa varten voidaan vian kriittisyydestä riippuen järjestää jopa erillinen seisokki tai lisätä komponentille huoltotyö tarpeen mukaan seuraavaan seisokkiin. Juuri tällaista toimintaa kutsutaan ennakoivaksi kunnonvalvonnaksi.

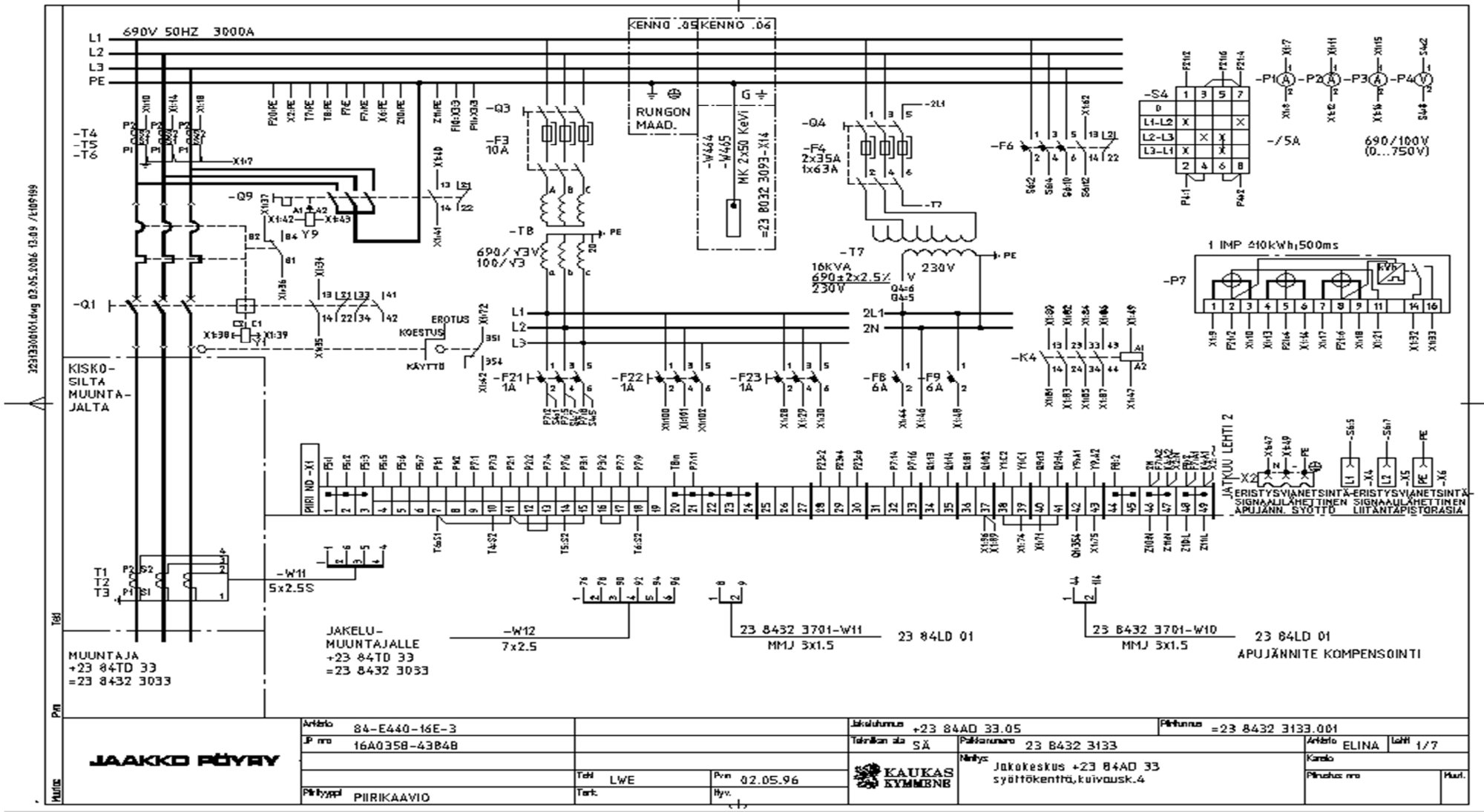
Sähkön tarpeen huomaa vasta sitten, kun sitä ei ole, eikä sähkönjakelujärjestelmä pysy itsestään kunnossa. Näin ollen sähkönjakelujärjestelmän säännöllinen kunnossapito on enemmänkin investointi kuin välttämätön tietyin väliajoin toistuva paha.

Lopuksi haluan esittää kiitokset UPM-Kaukaan sellutehtaan henkilökunnalle opinnäytetyöpaikan järjestämisestä. Erityiset kiitokset haluan esittää Kari Kerkelälle, Henri Tonderille, Harri Kärkkäiselle, Tapani Parikalle, Jarno Vanhatalolle, Tero Junkkarille ja Jorma Pekkaselle opinnäytetyöni ohjaamisesta ja opinnäytetyöpaikan järjestämisestä. Lisäksi esitän kiitokset sellutehtaan koko sähkö- ja automaatiohenkilöstölle, Pasi Liukalle ABB Oy:stä, Janne Rissaselle Hämeen sähkö Oy:stä, Aarno Laitiselle Siemens Oy:stä ja Juha Kurviselle Inspecta Oy:stä heiltä saamistani arvokkaista neuvoista ja ohjeista. Esitän isot kiitokset myös kotiväelle kannustamisesta opinnäytetyöprosessini aikana.

LÄHTEET

1. ABB SACE Division. EMAX Installation, service and maintenance instructions for low voltage air circuit breakers. 2011.
2. ABB. TTT-Kirja. 2000
3. ABB. Emax – ja New Emax – pienjännitekatkaisijoiden ennakkohuolto. 2013.
4. ABB. REA-101 Käyttöohje. 2012.
5. Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen, K., Palva, V. Suurjännitetechniikka. 2011.
6. Aura, L., Tonteri, A.J. Teoreettinen sähkötekniikka ja tehoelektronikan perusteet. 2009.
7. Bender A-isometer operating manual. WWW-dokumentti. http://www.bender.de/fileadmin/products/m/e/IRDH265_TGH_en.pdf. Päivitetty 1.4.2000. Luettu 15.04.2013.
8. CENELEC. WWW-dokumentti. <http://www.cenelec.eu/aboutcenelec/whoweare/index.html>. Päivitetty 1.1.2013. Luettu 15.2.2013.
9. Elovaara, L., Laiho, Y. Sähkölaitostekniikan perusteet. 1999.
10. Etto, J. Prosessisähköistyksen kunnossapito. 1998 osa 2, Kunnossapitolehden erikoisliite n:o 48. 1998.
11. Flash technology obstruction lighting system reference manual. WWW-dokumentti. <http://www.spx.com/en/assets/pdf/FTB%2020X-2%20Manual%20Rev%205.pdf>. Päivitetty 7.6.2006. Luettu 10.5.2013.
12. Hirvonen, K. Maintenance Schedule ACS 800 Drives. 2010.
13. Ilmailulaki. No: 1194, 165.pykälä. 22.12.2009.
14. International electrotechnical commission. WWW-dokumentti. <http://www.iec.ch/about/profile/>. Päivitetty 1.1.2013. Luettu 15.2.2013.
15. Kauppa - ja teollisuusministeriön asetus. No:335. 3.5.2004.
16. Kauppa – ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöön otosta ja käytöstä. No:517. 5.7.1996.
17. Kauppa – ja teollisuusministeriön asetus räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista – ja suojausjärjestelmistä. No:917. 22.11.1996.
18. Kauppa – ja teollisuusministeriön päätös räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista – ja suojausjärjestelmistä. No:918. 27.11.1996.
19. Kerkelä, K., Kärkkäinen, H., Parikka, T., Tonder, H., Vanhatalo, J. & Hänninen O. Pienjännitejärjestelmien ennakkohuoltopalaveri. 13.3.2013.
20. Kesäläinen, I. Lämpökuvaus <1kV Kojeistot. ABB Esite. 2008.
21. Kurvinen, J. Haastattelu. Hänninen, O. / Kurvinen, J. Inspecta Oy. Tarkastusinsinööri
22. Laitinen, A. Sähköpostikeskustelu. Hänninen, O. / Laitinen, A. Siemens Oy. 4.4.2013. Tuotepäällikkö.
23. Liukka, P. Sähköpostikeskustelu. Hänninen, O. / Liukka, P. ABB Oy. 29.4.2013. Customer service manager.
24. Monni, M. Sähköverkkoasennukset. 2005.
25. Mäkinen, M., Kallio, R. Teollisuuden sähköasennukset. 2004.
26. Männistö, M. Loistehon kompensointi. Sähköasennukset 2. 2006.
27. Orga B.V. Obstacle lighting system instruction manual. 2010
28. Rissanen, J. Sähköpostikeskustelu. Hänninen, O. / Rissanen, J. Hämeen sähkö Oy. 4.3.2013. Toimitusjohtaja.
29. Schneider electric. Masterpact Merlin-Gerin instruction notice. 2013.
30. Schneider electric. Käyttäjän käsikirja Masterpact NW08-63. 2013.

31. Schneider electric. Low voltage switchgear compact Merlin-Gerin. 2013.
32. Schneider electric. WWW-dokumentti. <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/sahkonjakelu/sahkonjakelu.page>. Päivitetty 1.1.2013. Luettu 15.4.2013.
33. Sesko. WWW-dokumentti. <http://www.sesko.fi/portal/fi/sesko/>. Päivitetty 1.1.2013. Luettu 18.2.2013.
34. Siemens. 7SJ551-Käänteisylivirtareleen käyttöohje. 1996.
35. Sisäasiainministeriön asetus. No: 805. 6.10.2005.
36. SKS - Automaatio. WWW-dokumentti. http://www.sks.fi/tuotteet/werma_lentoestevalot. Päivitetty 1.1.2013. Luettu 10.5.2013.
37. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Pienjännitesähköasennukset SFS6000. 2012.
38. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia SFS-EN13306. 2010
39. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Valaistussovellukset. Turvavalistus SFS-EN1838. 1999.
40. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Poistumisvalaistusjärjestelmät SFS-EN501722. 2004.
41. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Räjähdyksivaaralliset tilat SFS-EN60079. 2010.
42. Syväoja, E. Suojareleen ennakkohoito (SPACOM JA J_SARJA). 2009.
43. Sähköinfo Oy. Sähköalan tietokansio. Toukokuu 2012.
44. Sähköturvallisuuslaki. No:410. 14.6.1996.
45. Teknoware Oy. Poistumisreittivalaistuksen kunnossapito-ohjelma. 2013.
46. TUKES. WWW-dokumentti. <http://tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S10-12-Sahkolaitteistojen-turvallisuutta-ja-sahkotyoturvallisuutta-kokevat-standardit/>. Päivitetty 31.12.2012. Luettu 19.2.2013.
47. TUKES. WWW-dokumentti. <http://tukes.fi/fi/Tietoa-meista/>. Päivitetty 13.2.2013. Luettu 20.2.2013.
48. TUKES. ATEX räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuusopas. 2012.
49. TUKES. WWW-dokumentti. <http://tukes.fi/fi/Toimialat/Pelastustoimenlaitteet/Poistumisvalaistus/>. Päivitetty 11.1.2011. Luettu 4.3.2013.
50. UPM Kaukas. Kaukaalaisen opas. 2012.
51. UTU-Falcon. Valokaarisuojausjärjestelmän asennus – ja käyttöohje. 2009.
52. VAMP 220. Arc protection system user manual. 2005.



32313300101.dwg 02.05.2006 13:09 / 140989

KISKO-SILTA MUUNTAJALTA

MUUNTAJA
+23 84TD 33
=23 8432 3033

JAKELU-MUUNTAJALLE
+23 84TD 33
=23 8432 3033

| | | | | | |
|------------|---------------|-------------|----------------|---------------|--|
| Artiklo | 84-E440-16E-3 | Jakoluvuus | +23 84AD 33.05 | Pituvuus | =23 8432 3133.001 |
| J.P. nro | 16A0358-43B48 | Tekijän ala | SÄ | Palkkionumero | 23 8432 3133 |
| Pikityyppi | PIIRIKAAVIO | Teh | LWE | Näyttö | Jakokeskus +23 84AD 33 syöttökenttä, kuivausk.4 |
| | | Tark. | Ryx | Artiklo | ELINA |
| | | | | Komro | 1/7 |
| | | | | Pituvuus nro | |
| | | | | Muut. | |

JAAKKO PÖYRY



