

# KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

## ODL Hyvinvointikeskuksen sähköverkon selvitys ja kunnossapito-ohjelma

Heikki Saukko

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri (AMK)

Kemi 2012

## **ALKUSANAT**

Tahdon kiittää perhettäni tuesta sekä kannustuksesta opinnäytetyöni valmistumisen eteen.

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Heikki Saukko
Opinnäytetyön nimi	ODL hyvinvointikeskuksen sähköverkon selvitys ja kunnossapito-ohjelma
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	13.4.2012
sivumäärä	59 + 64 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Insinööri Antero Martimo
Yritys	Oulun Diakonissalaitos
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Insinööri Väinö Heikkala

Työn lähtökohtana oli luoda hoito- ja kunnossapito-ohjelma ODL hyvinvointikeskuksen kiinteistöjen sähkölaitteistoille. Hoito- ja kunnossapito-ohjelmaan oli tarkoitus sisällyttää kaikki sähköjakelulaitteiston osat keskijännitelaitteista pistorasiaan. Työhön lisättiin sähköverkon selvitysosa, jossa tutkittiin jännitteen alenemaa, poiskytkentäehtojen toteutumista sekä verkon selektiivisyyttä.

Tavoitteina hoito- ja kunnossapito-ohjelman luomisessa olivat selkeys ja toimivuus. Tavoitteena oli myös pitää hoito- ja kunnossapito-ohjelma kohtuullisen yksinkertaisena, jotta se olisi toimiva työkalu sähköjakelulaitteiston kunnossapitoa suorittaville henkilöille. Sähköverkon selvityksen tavoitteena oli tarkastella lakien, asetusten ja standardien toteutumista ODL hyvinvointikeskuksen sähköjakeluverkossa.

Hoito- ja kunnossapito-ohjelma rajattiin sähköjakeluverkon osiin ja laitteisiin, paloilmoinjärjestelmiin sekä turvavalaistusjärjestelmiin. Ohjelmassa ei käsitelty kulutuskojeita, lääkintälaitteita, IV-koneita eikä jäähdytyskoneita.

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin. Hoito- ja kunnossapito-ohjelmasta tuli tavoitteiden mukaisesti yksinkertainen ja selkeä. Hoito- ja kunnossapito-ohjelma on helposti muutettavissa muuttuvan kiinteistökannan mukaan. Lisäksi samaa ohjelmaa voidaan pienillä muutoksilla hyödyntää myös muissa ODL:n kiinteistöissä.

Asiasanat: sähkölaitteisto, kunnossapito, hoito, ohjelma.

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Heikki Saukko
Title	ODL Wellness Center Grid Study and Maintenance Program
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	13 April 2012
Pages	59 + 64 appendices
Instructor	Engineer Antero Martimo
Company	Oulun Diakonissalaitos
Contact Person/Supervisor from Company	Insinööri Väinö Heikkala

The starting point was to create a care and maintenance program for ODL wellness center real estate in an electrical equipment. Management and maintenance program was intended to include all parts of the electrical distribution system of medium voltage equipment in a electrical outlet. The work was added to the grid of the study which examined the voltage drop, defeat the terms of the realization of the network as well as selectivity.

The objectives of the management and maintenance program was to enhance clarity and effectiveness. The aim was also to keep the care and maintenance program reasonably simple to make it more effective tool for maintenance of electrical distribution equipment for the persons involved. The goal of the Power grid study was to look at the implementation of the laws, regulations and standards in the electricity distribution network of the ODL wellness center.

The care and maintenance program is limited to the electricity distribution network segments and devices, fire alarm systems and emergency lighting systems. The program does not deal with consumer appliances, medical equipment, IV machines, refrigeration machines and smoke extraction systems.

The objectives were achieved. The care and maintenance program in accordance with the objectives of the program was simple and clear. The care and maintenance program can easily be modified to be used in other ODL's properties.

Keywords: Electrical equipment, maintenance, management, program.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT.....	III
SISÄLLYSLUETTELO .....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET.....	VI
1. JOHDANTO .....	1
2. ODL:N HISTORIA .....	2
3. ODL: N SÄHKÖVERKKO .....	3
3.1. Keskiänniteverkko .....	3
3.2. Konttimuuntamot .....	4
3.3. Pienjänniteverkko.....	6
3.3.1. Normaaliverkko.....	7
3.3.2. Varmennettuverkko.....	8
4. SÄHKÖVERKON SELVITYKSEN TEORIA.....	9
4.1. Vikasuojaus TN-S-järjestelmässä .....	9
4.2. Vikasuojaus IT-järjestelmässä.....	10
4.3. Poiskytkentäehtojen toteutumisen laskeminen.....	10
4.3.1. Poiskytkentäehtojen toteutuminen generaattori käytössä.....	13
4.3.2. Poiskytkentäehtojen toteutuminen UPS-verkossa.....	14
4.4. Jännitteen alenemien laskeminen.....	14
4.5. Verkon selektiivisyyden toteutuminen.....	16
5. ODL:N SÄHKÖVERKON SELVITYS .....	19
5.1. Poiskytkentäehtojen toteutuminen ODL: n jakeluverkossa .....	19
5.1.1. Oikosulkuvirtojen laskeminen normaaliverkossa .....	19
5.1.2. Oikosulkuvirtojen laskeminen varmennetussa verkossa.....	22
5.1.3. Oikosulkuvirtojen laskeminen UPS-verkossa.....	25
5.1.4. Mitatut oikosulkuvirrat .....	27
5.2. Jännitteen alenemien laskeminen.....	28
5.3. Verkon selektiivisyyden toteaminen .....	31
6. VAATIMUKSET SÄHKÖLAITTEISTON KUNNOSSAPITO-OHJELMALLE .....	33
6.1. Viranomaisvaatimukset.....	33
6.2. Sähkölaitteistoluokat .....	34
6.3. Määräaikaistarkastukset .....	34
7. ODL: N SÄHKÖLAITTEISTON KUNNOSSAPITO-OHJELMA.....	36
7.1. Keskiännitelaitteet.....	36
7.2. Muuntamot .....	37
7.3. Keskukset .....	41
7.4. Maadoitukset .....	43
7.5. Muut huoltokohteet .....	47
8. LÄÄKINTÄTILOJEN SÄHKÖLAITTEISTOJEN KUNNOSSAPITO-OHJELMA..	51
8.1. G1- tilat .....	52
8.2. G2- tilat .....	53
8.3. Turvasyöttöjärjestelmät.....	54
9. YHTEENVETO .....	55

10.	LÄHDELUETTELO .....	57
11.	LITTELUETTELO .....	59

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

kj	keskijännite
ODL	Oulun Diakonissalaitos
VAK	valvonta-alakeskus
WLAN	langaton lähiverkko
UPS	häiriötön virtalähde

## 1. JOHDANTO

ODL hyvinvointikeskuksen sähkö syötetään Oulun Energian 10kV keskijänniteverkosta. Keskijänniteverkoksi kutsutaan 1 – 70 kV:n jännitealueeseen kuuluvia sähköverkkoja. Liittymistehon ollessa suuri valitaan keskijänniteliittymä. ODL:n kantakortteliin kj-liittymä on tuotu kahta siirtotietä pitkin kahdelta eri Oulun Energian muuntoasemalta. Rengasosuus 1:stä syötetään Vanhantullin Sähköasemalta, rengasosuus 2:sta syötetään muuntoasema 686:lta. Tällä ratkaisulla on pyritty parantamaan sähkönjakelun käyttövarmuutta.

Työn sähköverkonselvitys osassa tarkastellaan Oulun Diakonissalaitoksen säätöön hyvinvointikeskuksen kiinteistöjen sähkönjakeluverkon standardien ja lakien vaatimuksienmukaisuutta. Jakeluverkon selvityksen tarkoituksena on varmistaa, että jakeluverkko on toteutettu suunnitelmien mukaisesti ja dokumentoinnit vastaavat asennettua järjestelmää.

Työn kunnossapito-ohjelmat on laadittu ODL:n hyvinvointikeskuksen kiinteistöille. Kiinteistöiltä puuttui sähkönjakelulaitteistoilta ajantasainen hoito- ja kunnossapito-ohjelma. Kiinteistöjen mittavien saneerausten jäljiltä vanhoja kunnossapito-ohjelmia ja hoito-ohjeita ei ole voitu hyödyntää, joten uusien kunnossapito-ohjelmien tekeminen aloitettiin puhtaalta pöydältä. Tärkeimpinä lähtökohtina työn tekemiselle olivat sähköturvallisuuslain määräämät velvoitteet sähkölaitteiston hoito- ja kunnossapito-ohjelmalle sekä lääkintätilojen kunnossapitotarkastuksille asetetut vaatimukset.

Työn tekeminen aloitettiin päivittämällä nousujohtokaaviot vastaamaan todellista tilannetta. Nousukaapeleiden tyypit ja pituudet tarkistettiin, etusulakkeiden nimellisvirrat tarkistettiin sekä korjattiin kaavioiden johdotusvirheet. Korjausten jälkeen aloitettiin oikosulkuvirtojen ja jännitteen alenemien laskenta sekä selektiivisyyden tarkastelu. Kunnossapito-ohjelmien laadinta aloitettiin selvittämällä rakennusosittain sähkölaitteistoluokat sekä tilaluokitukset. Työtä jatkettiin jakeluverkon osien ja laitteiden selvittämisellä. Selvitystyön jälkeen aloitettiin kunnossapito-ohjelmien laadinta lakien, standardien, valmistajien huolto-ohjeiden ja oman kokemuksen perusteella.



## 2. ODL:N HISTORIA

Diakonissalaitos on perustettu vuonna 1896. Silloin aloitti Oulun Diakonissakoti nykyisen laitoksen rakennusten paikalla olleessa puutalossa Uudenkadun varrella. Perustamista ajamassa olivat Oulun silloinen kirkkoherra Waldemar Wallin, konsuli Fredrik Borg, neiti Mimmi Bergh ja rehtori Mauno Rosendal. Diakonissakodin ensimmäiseksi johtajattareksi nimitettiin Norjassa seurakuntasisaren koulutuksen saanut Selma Stenbäck.

Diakonissalaitoksen toiminta laajeni huomattavasti, kun vanhojen puurakennusten lisäksi samaan kortteliin Uudenkadun ja Sepänkadun kulmaan valmistui uusi nelikerroksinen tiilinen sairaalarakennus vuonna 1936. Funktionalismia edustavan rakennuksen on suunnitellut laitoksen ylilääkärin Lauri Kyanderin (myöh. Kiianmies) veli, arkkitehti Veikko Kyander. Niin ikään Kyanderin suunnittelema sairaalan laajennus valmistui Uudenkadun ja Albertinkadun kulmaan 1950-luvun alussa. Vuonna 1947 hyväksytyn asemakaavan mukaan Ouluun ei olisi saanut rakentaa kuin korkeintaan viisikerroksisia taloja, mutta kaupunginvaltuusto hyväksyi diakonissalaitoksen asemakaavan muutospyynnön ja uuteen sairaalaan tuli myös seitsemänkerroksinen torniosa.

### 3. ODL: N SÄHKÖVERKKO

Oulun Diakonissalaitoksen hyvinvointikeskuksen sähkönjakeluverkko sisältää keskijännite- ja pienjänniteverkon osia. Pienjänniteverkko jakautuu kahteen osaan normaaliin verkkoon ja varmennettuun verkkoon.

#### 3.1. Keskijänniteverkko

Keskijännitekaapelointi on toteutettu AHXAMK-W 12/20kV maakaapelilla sen soveltuessa maa-asennukseen sekä kiinteään hyllyasennukseen. Syöttökaapelit tulevat Uusikatu 50:n kellariin missä sijaitsee Siemens SIMOSEC kj-kojeisto. Kuvassa 1 on esitetty kellarin SIMONSEC kojeisto. Keskijännitekojeiston periaatekaavio ja kennokohtainen varusteluettelo on esitetty liitteessä 1. Kellarin kojeisto koostuu riviin asennetuista kennoista joita ovat:

- syöttökennot 2kpl
- katkaisijakenno
- mittauskenno
- kaapelikenno.



Kuva 1. Uusikatu 50 kellarin kj- kojeisto

### 3.2. Konttimuuntamot

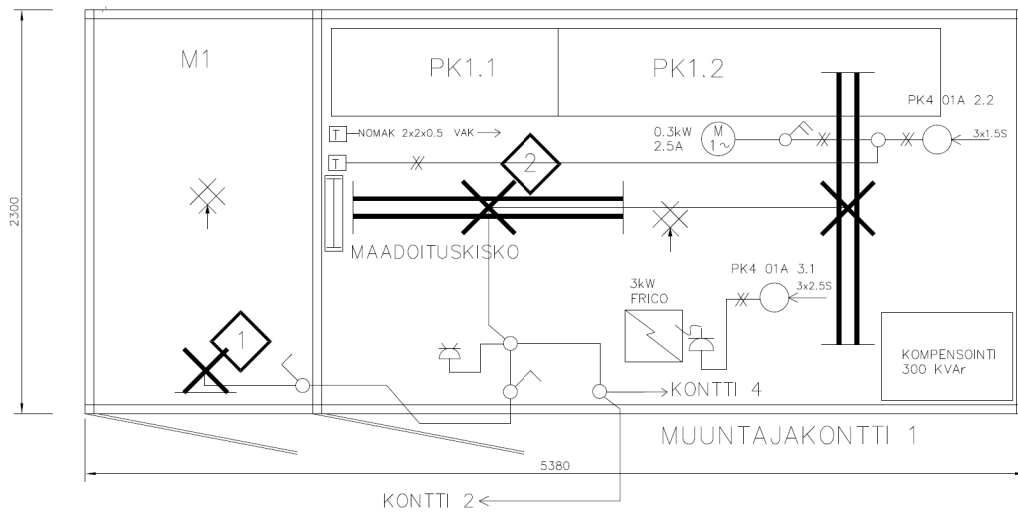
Muuntaja- ja sähkötilat on toteutettu konttimuuntamomallisena ja ne on sijoitettu Uusikatu 50: n vesikatolle. Sähkötilakontit on nostettu vesikatolle täysin varusteltuna ja niiden päälle on rakennettu yhtenäinen vesikatto. Vesikatto valikoitui muuntamo- ja sähkötilojen asennuspaikaksi korttelin saneerauksen alkuvaiheessa. Suunnittelun lähtökohtana oli, että koko ODL:n kortteli saneerataan. Tästä syystä oli muuntamo ja sähköpääkeskus tilat saatava suoraan lopulliseen sijoituspaikkaansa. Paloturvallisuuden kannalta vesikatto on hyvä sijoituspaikka. Myös uudet nousukaapeloinnit on kohtuullisen helppo toteuttaa katolla kulkevia kaapelireittejä pitkin. Haittapuolena on konttien ahtaus ja korkeuden tuomat haasteet. Raskaammat asennustarvikkeet on aina nostettava nosturilla.

Kaapelointi välillä kellari- muuntajakontit on toteutettu AHXAMK-W 12/20kV kaapelilla. Kaapelireitti kyseiselle välille on rakennettu vanhasta savupiipusta. Muuntajakontti 2:seen on sijoitettu muuntajakohtaiset Siemensin varokekuormanerotimet.

Kuvassa 2 on esitetty muuntajakontti 1:n pohjapiirustus.

Konttien varustukseen kuuluu:

- kj-kojeistot
- muuntajat
- pääkeskukset
- estokelaparistot
- maadoituskiskot
- ilmastointi
- lämmitys
- valaistus
- kaapelihyllyt
- sammutuslaitteistot.



**Kuva 2. Muuntajakontti 1: n pohjapiirustus.**

Muuntajina on 4kpl TMC Transformersin valuhartsieristeistä kuivamuuntajaa. Kyseisen muuntajamallin etuja ovat:

- ne ovat itsestään sammuvia ja palamista vastustavia
- alhaiset huoltokustannukset
- pienet ulkomitat
- hyvä dynaaminen oikosulun kestoisuus. /12/

Kuivamuuntajassa käämitykset ja rautasydän ovat suoraan kosketuksissa ympäröivään ilmaan. Muuntajan jäähdytys perustuu ilmanvirtaukseen. Muuntajan lämmittämä lämmin ilma nousee ylöspäin ja aiheuttaa ilmanvirtauksen muuntajan ympärille sekä rautasydämen ja käämityksen väliin, ilmanvirtaus siirtää muuntajan tuottaman lämmön ympäristöön. /4/

Muuntajien kytkentäryhmä on Dyn11 joka mahdollistaa muuntajan hyvän epäsymmetrisenkuorman keston. Jokaiselle pääkeskukselle on oma muuntajansa. Pääkeskuksia 1, 2 ja 3 syötetään 800kVA:n muuntajilla. Pääkeskusta 4 syötetään 1000kVA:n muuntajalla. Käytössä olevien muuntajien tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1. TMC muuntajien tekniset tiedot:**

Muuntajan teho	kVA	800	1000
Zk	%	6,36	6,18
Tyhjäkäyntiteho	W	1750	2100
Tyhjäkäyntivirta	%	1,1	1
Käynnistysvirta	le/ln	9	9
Rk	Ohm	0,00235	0,0022
Xk	Ohm	0,0125	0,0096

### 3.3. Pienjänniteverkko

Kuluttajille sähköä jaetaan pienjänniteverkosta, jonka vaihejännitteen täytyy SFS-EN-50160: n mukaan olla liittymispisteessä  $230\text{ V} \pm 10\%$ . Vaihtosähkön taajuudeksi on Euroopassa valittu 50Hz. Pienjänniteverkossa keskijännite on muunnettu muuntajilla 0,4kV:iin.

ODL hyvinvointikeskuksen pienjänniteverkko koostuu pääkeskuksista, nousujohdoista, jakokeskuksista ja ryhmäjohdoista. Rakennusten pääsähkönjakelu pääkeskuksista nousukeskuksiin ja nousukeskuksista muihin sähkökeskuksiin on toteutettu tavanomaista kaapelointia käyttäen. Jakeluverkon rakenne selviää liitteen 2 nousujohtokuvista.

Jakeluverkko on toteutettu TN-S-järjestelmän mukaisesti. Kuvassa 3 TN-S-järjestelmän rakenne. Terveystieteiden rakennuksissa pitää käyttää TN-S-järjestelmää pääkeskuksilta lähtien, koska rakennuksissa joissa on käytetty PEN-johtimia, ei kosketusjännitteitä voida rajoittaa vaativiin käyttöihin riittävän pieniksi. TN-S-järjestelmässä on erillinen nolla- ja suojajohdin koko järjestelmässä. Kaikki sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat ja johtavat osat yhdistetään toisiinsa suojamaadoitusjohtimilla tai potentiaalintasausjohtimilla, järjestelmän maadoitettuun pisteeseen ja edelleen maadoituselektrodiin. Nolla- ja suojajohtimen yhdistykset on tehty pääkeskuksilla. /9/

Jakelujärjestelmien tunnuksissa käytetyt kirjainkoodit on määritelty seuraavasti. Ensimmäinen kirjain tarkoittaa jakelujärjestelmän maadoitustapaa:

- T yksi piste on yhdistetty suoraan maahan.

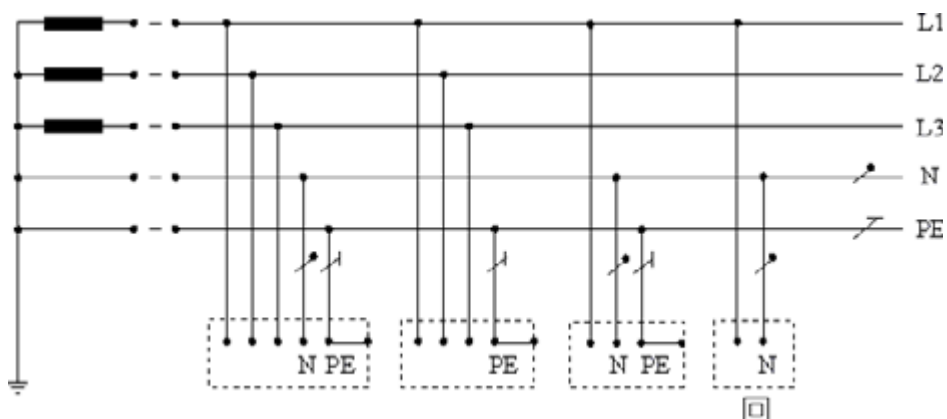
- I kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai yksi piste on yhdistetty maahan suuren impedanssin kautta.

Toinen kirjain tarkoittaa jännitteelle alttiiden osien maadoitustapaa:

- T jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan.
- N jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen, tämä on vaihtosähköverkoissa yleensä maadoitettu tähtipiste.

Kolmas kirjain tarkoittaa nolla- ja suojajohtimen keskinäistä järjestelyä:

- S järjestelmässä on erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet.
- C järjestelmän nolla- ja suojamaadoitusjohtimet on yhdistetty PEN-johtimeksi. /8/



**Kuva 3. TN-S järjestelmä**

### 3.3.1. Normaaliverkko

Normaalilla verkolla tarkoitetaan sähköverkkoa joka saa sähköenergian jakeluyhtiön verkosta normaalissa sähkönjakelutilanteessa. ODL:n sähköverkossa on neljä normaalin verkon pääkeskusta joilla syötetään kiinteistöjen nousukeskuksia. Nousukeskuksista taas syötetään jakokeskuksia ja niillä kulutusposteita. Esimerkkejä normaaliverkon kuormista:

- kiinteistöjen sähköverkot joissa ei ole lääkintätiloja
- keskuskeittiö
- jäähdytyslaitteet
- IV-koneet

### 3.3.2. Varmennettuverkko

Varmennetulla verkolla tarkoitetaan verkkoa jota syötetään automaattisesti käynnistyvällä varavoimakoneella jakeluyhtiön sähkönsyötön keskeytyessä. ODL hyvinvointikeskuksen varmennettuverkko koostuu generaattorista ja UPS-järjestelmästä. Dieselgeneraattori on verkon kanssa rinnan tahdistuva, verkon jakeluhäiriötilanteessa generaattori pystyy ottamaan kuorman 15 sekunnissa.

Dieselgeneraattorilla syötetään kahta varmennetunverkon pääkeskusta joilla syötetään kiinteistöjen varmennettuja nousukeskuksia. Leikkaussaleissa ja heräämössä katkeamaton sähkönsyöttö on varmistettu UPS-laitteilla.

Varmennettuun verkkoon on liitetty mm. seuraavia laitteita:

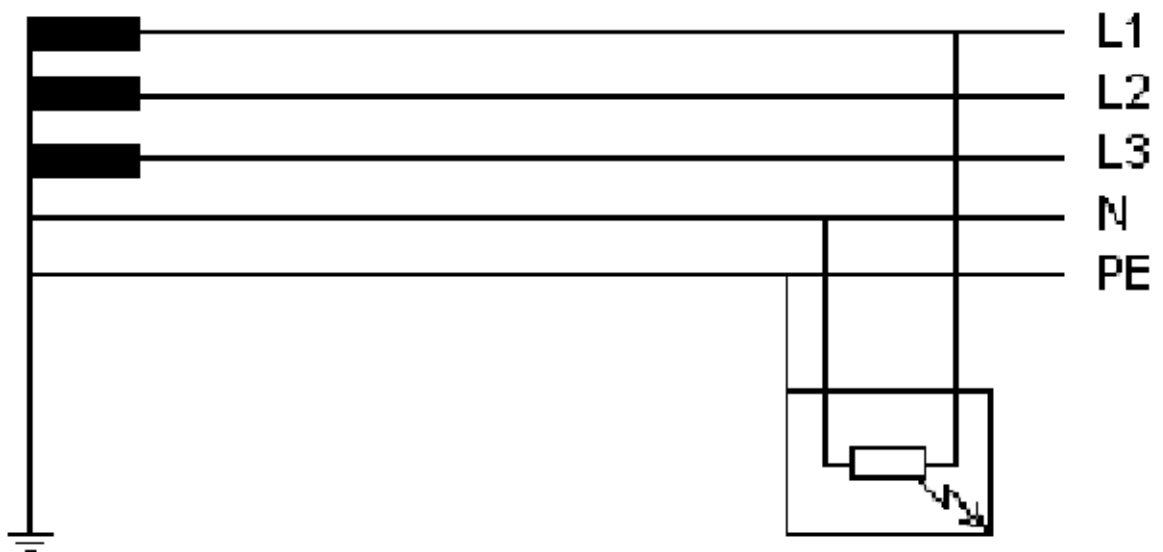
- UPS:t
- hissejä 4kpl
- lääkintätilojen valaistus- ja pistorasiaryhmiä
- sadevesipumppaamo ja perusvesipumppaamo
- pakastimia
- happijärjestelmä (kompressorit ja pumput)
- Leikkausimu
- Leikkaussalien ilmanvaihto
- ATK-jakamot
- Hoitajakutsujärjestelmä
- WLAN-tukiasemat
- Kulunvalvontajärjestelmä
- Moottorikäyttöiset ovet
- Turvavalaistusjärjestelmän keskukset
- Äänentoistojärjestelmän vahvistimet.

## 4. SÄHKÖVERKON SELVITYKSEN TEORIA

Sähköverkon selvityksen teoriaosassa esitetään periaatteet joilla voidaan todentaa poiskytkentäehtojen toteutuminen, verkon jännitteen siirtokyvyn riittävyys sekä verkon selektiivisyyden toteutuminen.

### 4.1. Vikasuojaus TN-S-järjestelmässä

TN-S-järjestelmässä vikavirtapiiri muodostuu johtavasta piiristä sisältäen vianalaisen vaihejohtimen sekä suojajohtimen, joka on yhdistetty suoraan jännitelähteen tähtipisteeseen.



**Kuva 4. TN-S-järjestelmän suojausperiaate.**

Yleensä vian nopea poiskytkentä tulisi pyrkiä toteuttamaan sulakkeilla tai johdonsuojakytkimillä. Jos tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, voidaan suojaus toteuttaa vikavirtasuojaa käyttämällä. Tällainen tilanne voi tulla eteen piireissä joiden pituutta ei tunneta ja piireissä, jotka ovat pitkiä ja joiden poikkipinnat ovat pieniä. /7/



## 4.2. Vikasuojaus IT-järjestelmässä

IT-järjestelmää käytetään ryhmän G2 lääkintätiloissa, piireissä jotka syöttävät lääkintälaitteita, elintoimintoja ylläpitämään tarkoitettuja laitteita, kirurgiseen käyttöön tarkoitettuja laitteita ja muita hoitoalueella olevia laitteita. Lääkintä IT-järjestelmä jota käytetään syötön jatkuvuuden takia, on varustettava eristystason valvontalaitteella joka hälyttää viimeistään silloin kun eristysresistanssi laskee  $50\text{ k}\Omega$  :iin. /10/

IT-järjestelmässä ei suoriteta poiskytkentää ensimmäisestä viasta. Ensimmäisen eristysvian sattuessa vikavirta jää niin pieneksi, ettei vaarallista kosketusjännitettä voi esiintyä järjestelmässä. Tämä mahdollistaa sen, ettei syöttöä tarvitse kytkeä pois ensimmäisen vian takia. Eristystason valvontalaitteen pitää antaa tällaisessa tilanteessa äänihälytys tai näkyvä hälytys jonka pitää säilyä niin kauan kuin vika on olemassa. Vika on kuitenkin paikallistettava ja poistettava mahdollisimman nopeasti. /7/

Leikkaussalien ja heräämön IT- järjestelmien lääkintäsuojaerotusmuuntajina on käytössä Trafoxin KKS 5,5- ja 7,5kVA:n mallit. Taulukossa 2 on esitetty lääkintäsuojaerotusmuuntajien tekniset tiedot.

**Taulukko 2. Lääkintäsuojaerotusmuuntajien tekniset tiedot**

Trafox KKS-5500		Trafox KKS-7500	
230/S/115-0-115V		230/S/115-0-115V	
Teho [VA]	5500	Teho [VA]	7500
po W	31	po W	31
uk%	2,3	uk%	2,5

## 4.3. Poiskytkentäehtojen toteutumisen laskeminen

Suojaus syötön automaattisen poiskytkennän avulla on yleisimmin asennuksissa käytetty vikasuojausmenetelmä. Suojausmenetelmän avulla on tarkoitus estää henkilöä joutumasta kosketuksiin eristysvikaisen laitteen kanssa niin kauan että siitä aiheutuisi hänelle vaaraa. Tällainen suojaus vaati toimiakseen oikein suunnitellun virtapiirin ja sopivan suojalaitteen.

/7/

Sähköteknisen vikatapauksen sattuessa maadoitus- ja potentiaalintasausjärjestelmä aiheuttaa varolaitteiden välittömän toiminnan ja estää vaarallisten kosketusjännitteiden syntymisen. /8/

Poiskytkentäehtojen toteutuminen voidaan todentaa joko mittaamalla tai laskemalla.

Vikasuojauksen toimivuus kannattaa varmistaa jo sähkölaitteistoa suunniteltaessa. Näin säästytään työläiltä korjauksilta laitteiston valmistuttua. Suojausehtojen toteutumisen tarkastamiseksi on selvitettävä pienin sallittu oikosulkuvirran arvo, jolla valittu suojalaite toimisi vaaditussa ajassa (0,4 tai 5,0sekunnissa). Mitattujen oikosulkuvirtojen täytyy olla 25 % suuremmat kuin suojalaitteiden toiminta-arvot, koska mittaus tilanteessa ei synny todellisen oikosulkutilanteen aiheuttamia jännitteen alenemia liittimissä, johdoissa, sulakkeissa ja kytkimissä.

Yksivaiheisen oikosulkuvirran arvo voidaan laskea seuraavalla kaavalla kun tiedetään jakeluverkon yksivaiheinen oikosulkuvirta:

$$I_k = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z} \quad (1)$$

missä:

$I_k$  on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

$c$  on jännitekerroin

$U$  on pääjännite (V)

$Z$  on virtapiirin kokonaisimpedanssi. /7/

Taulukossa 3 on esitetty kertoimen  $c$  arvot. kertoimen arvo määräytyy käytössä olevan nimellisjännitteen mukaan sekä lasketaanko minimi vai maksimi oikosulkuvirtaa.

Kertoimen arvolla 0,95 otetaan huomioon jännitteen alenema oikosulkutilanteessa liittimissä, johdoissa, sulakkeissa ja kytkimissä.

**Taulukko 3. Jännitekertoimen c arvot**

Nimellisjännite $U_n$	Maksimioiko- sulkuvirta $C_{max}$	Minimioiko- sulkuvirta $C_{min}$
pienjännite 100V - 1000V		
1) 230V - 400V	1,00	0,95
2) muut jännitteet	1,05	1,00
keskijännite 1kV- 35kV	1,10	1,00
suurjännite 35kV - 230kV	1,10	1,00

Sähköverkoja laskettaessa on kaikkia tarkasteltavia suureita käsiteltävä samassa jänniteportaassa. Impedanssit redusoidaan kertomalle ne muuntosuhteen neliöllä:

$$Z_{k_{0,4}} = Z_{k_{10}} * \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2 \quad (2)$$

missä:

$Z_{k_{0,4}}$  on oikosulkuimpedanssi 0,4 kilovoltissa ( $\Omega$ )

$Z_{k_{10}}$  on oikosulkuimpedanssi 10 kilovoltissa ( $\Omega$ )

$U_1$  on toisiojännite (V)

$U_2$  on ensiojännite (V).

Muuntajan valmistaja ilmoittaa yleensä muuntaja suhteellisen oikosulkuimpedanssin prosenttilukuna. Tämän avulla voidaan laskea muuntajan oikosulkuimpedanssi kun tiedetään nimellisjännitteet ja nimellisteho:

$$Z_k = \frac{u_k}{100} * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (3)$$

missä:

$Z_k$  on muuntajan oikosulkuimpedanssi ( $\Omega$ )

$u_k$  on muuntajan suhteellinen oikosulkuimpedanssi (%)

$U_n^2$  on muuntajan nimellisjännite (V)

$S_n$  on muuntajan nimellisteho (kVA).

Oikosulkuvirtojen laskennassa käytettävä virtapiirin kokonaisimpedanssi lasketaan summaamalla yhteen taustaverkon impedanssi, muuntajan impedanssi sekä muuntajan jälkeisten johtimien impedanssit:

$$Z_k = Z_{k_T} + Z_{k_M} + Z_{k_J} \quad (4)$$

missä:

$Z_k$  on virtapiirin kokonaisuikosulkuimpedanssi ( $\Omega$ )

$Z_{k_T}$  on taustaverkon oikosulkuimpedanssi ( $\Omega$ )

$Z_{k_M}$  on muuntajan oikosulkuimpedanssi ( $\Omega$ )

$Z_{k_J}$  on muuntajan jälkeisten johtimien oikosulkuimpedanssi ( $\Omega$ ).

Laskettaessa oikosulkuvirtoja täytyy laskennassa huomioida myös nousukaapelointien impedanssit. Koska, valmistaja ilmoittaa kaapelien impedanssit kilometrin pituudelle. Muutetaan impedanssit vastaamaan kaapelin oikeaa pituutta kaavalla:

$$Z_J = \frac{l * Z}{1000} \quad (5)$$

missä:

$Z_J$  on kaapelin impedanssi lasketulla pituudella ( $\Omega$ )

$l$  on kaapelin pituus (m)

$Z$  on kaapelin valmistajan ilmoittama impedanssi kilometrille ( $\Omega$ ).

#### 4.3.1. Poiskytkentäehtojen toteutuminen generaattori käytössä

Valtakunnanverkon sähkökatkon aikana varmennetunverkon keskuksia syötetään dieselgeneraattorilla. Generaattorin tuottama oikosulkuvirta on huomattavasti pienempi kuin valtakunnanverkon syöttämä oikosulkuvirta.

Yksivaiheinen jatkuvan tilan oikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla:

$$I_{kIV} = \frac{3 * I_n}{x_d + x_2 + x_0} \quad (6)$$

missä:

- $I_n$  on generaattorin nimellisvirta  
 $x_d$  on suhteellinen pitkittäinen jatkuvan tilan myötäreaktanssi  
 $x_2$  on suhteellinen vastareaktanssi  
 $x_0$  on suhteellinen pitkittäinen jatkuvan tilan myötäreaktanssi.

### 4.3.2. Poiskytkentäehtojen toteutuminen UPS-verkossa

Leikkaussalien katkeamaton sähkönsyöttö on toteutettu UPS-laitteilla. Standardin SFS 6000:n mukaan UPS:n akkujen on kyettävä syöttämään nopean poiskytkennän vaatima oikosulkuvirta tai oikosulkuvirran arvo on muuten rajoitettava vaarattomaan arvoon. Tämä tarkoittaa lisäpotentiaalintasauksen rakentamista sekä G2-tiloissa hälyttävää eristystason valvontaa. Oikosulkuvirran arvon mittaaminen UPS-lähdöstä on hankalaa ja tulokset ovat epäluotettavia koska UPS-laitteen elektroniikka sekoittaa mittalaitteen. Tästä syystä nopean poiskytkennän ehtojen toteutuminen on todettava laskemalla. /7/

Oikosulkuvirtojen laskentaan UPS-verkoissa vaikuttavat UPS-laitteen jälkeinen lääkintäsuojaerotusmuuntaja ja kaapelointien impedanssit. UPS laitetta edeltävä verkko ei vaikuta UPS:n tuottamaan oikosulkuvirtaan koska oikosulkuvirta syötetään tasasuuntaajan kautta akuista.

### 4.4. Jännitteen alenemien laskeminen

Kuormitusvirran kulkiessa johtimessa sen impedanssi aiheuttaa jännitteen aleneman. Tämä tarkoittaa että jännite johtimen loppupäässä on pienempi kuin sen alkupäässä. Näiden jännitteiden erotusta sanotaan jännitteen alenemaksi. Jännitteen alenema ilmoitetaan usein prosentuaalisena arvona. Jotta voitaisiin taata hyvä sähkön laatu, jännitteen tulisi olla liittymispisteessä  $230V \pm 10\%$ . Nimellisjännitteestä laskettuna liittymispisteen alin

hyväksyty jännite voi siis olla 207V ja ylin 253V. Jännitehäviöt jakautuvat seuraavalla tavalla jakeluverkon osiin:

- keskijänniteverkosto 3-7 %
- jakelumuuntajat 2-4 %
- pienjänniteverkosto 3-7 %
- kuluttajan jakeluverkossa 4 %.

Jännitteen alenemalla on suuri merkitys sähköverkkojen mitoituksessa. Suunnittelussa on otettava huomioon että suunniteltujen kaapelointien jännitteensiirtokyky riittää siirtämään verkkojännitteen tarvittavan matkan sallitulla  $\pm 10\%$  jännitteen vaihtelulla.

Vaihtojännitteellä jännitteen alenema voidaan laskea kaavalla:

$$U_h = (R_v * I_v * \cos \varphi) \pm (X_v * I_v * \sin \varphi) \quad (7)$$

missä:

$U_h$  on jännitteen alenema (V)

$I_v$  on kuormitusvirta (A)

$R_v$  on ominaisresistanssi ( $\Omega$ )

$X_v$  on ominaisreaktanssi ( $\Omega$ )

$\varphi$  on vaiheensiirtokulma

$\pm$  plusmerkkiä käytetään induktiivisella kuormalla miinusmerkkiä kapasitiivisella kuormalla.

Muuntajan jännitteen alenema voidaan laskea kaavalla:

$$U_a = I * R_k * \cos \varphi + I * X_k * \sin \varphi \quad (8)$$

missä:

$U_a$  on muuntajan jännitteen alenema (V)

$I$  on kuormitusvirta (A)

$R_k$  on oikosulkuresistanssi ( $\Omega$ )

$X_k$  on oikosulkureaktanssi ( $\Omega$ )

$\varphi$  on vaiheensiirtokulma.

Jännitteen alenema prosenttilukuna lasketaan kaavalla:

$$U_h \% = \frac{U_h}{U_v} * 100\% \quad (9)$$

missä:

$U_h \%$  on jännitteen alenema prosenttilukuna (%)

$U_h$  on jännitteen alenema (V)

$U_v$  on vaihe jännite (V).

Kuormitusvirrat lasketaan keskuksien huipputehoista kaavalla:

$$I_v = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} \quad (10)$$

missä:

$I_v$  on kuormitusvirta (A)

$P_{\max}$  on keskuksen huipputeho (kW)

$U$  on pääjännite (V)

$\varphi$  on vaiheensiirtokulma.

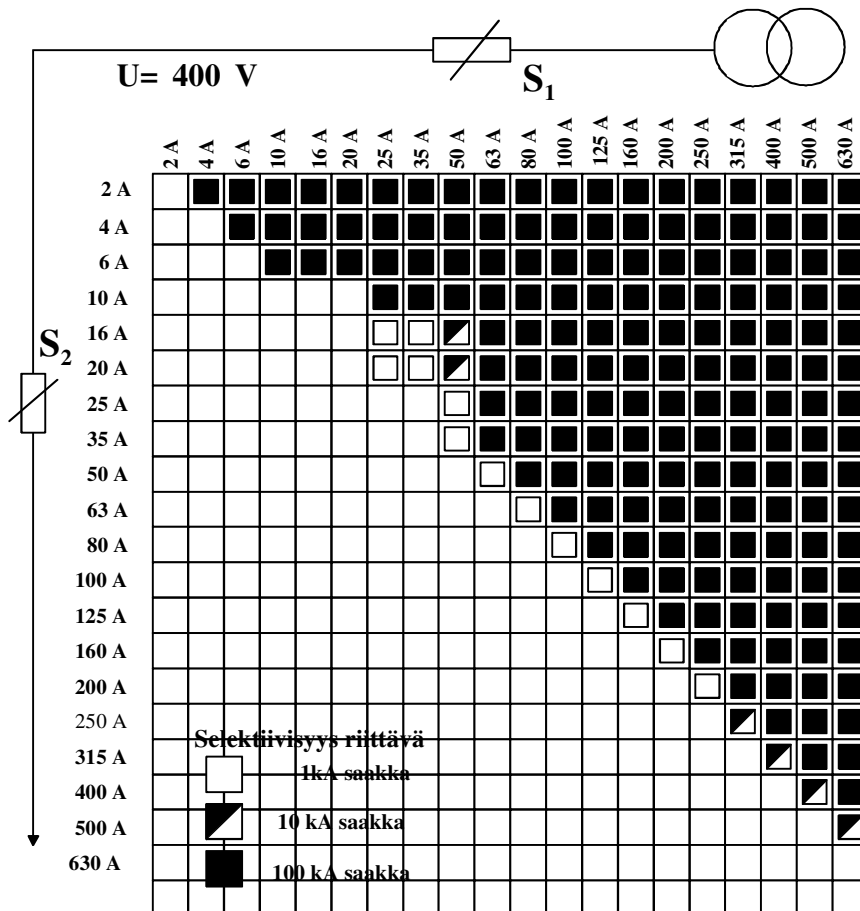
#### 4.5. Verkon selektiivisyyden toteutuminen

Selektiivisyydellä tarkoitetaan, että vikatilanteessa verkosta erotetaan vain tarpeellinen osa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että vika rajoitetaan pienelle alueelle ja muu verkko toimii normaalisti. Suojauksen on kuitenkin toimittava niin, että se sallii kuormituksen hetkelliset ylivirrat. /7/

Selektiivisyyden toteaminen laskemalla vaatisi tarkkoja arvoja suojalaitteiden ominaisuuksista. Yleisimmin selektiivisyys tarkistetaan suojalaitteiden valmistajien ominaiskäyristä ja taulukoista. Selektiivisyys toteutuu, jos jälkimmäisen suojalaitteen ominaiskäyrä on edellisen suojalaitteen ominaiskäyrän alapuolella, eivätkä ominaiskäyrät leikkaa toisiaan millään odotettavissa olevilla oikosulkuvirran arvoilla. /7/

Sulakkeita käytettäessä selektiivisyys on helppo todeta, nyrkkisääntönä voidaan pitää, että kun sulakkeiden nimellisvirtojen suhde on 1; 1,6 selektiivisyys toteutuu. /1/

Kuvassa 5 on esitetty sulakkeiden selektiivisyys 100kA:n asti jännitteen ollessa 400 voltia. Esimerkkinä kuvan tulkinnasta: kuvitteellisella keskuksella oikosulkuvirta on 12kA:a. Keskukselta syötetään uunia, jonka sulakkeina on 16A:n sulakkeet. Kuvasta 5 voidaan todeta, että 16A sulake vaatii etusulakkeeksi vähintään 63A sulakkeen, jotta selektiivisyys toteutuisi.



Kuva 5. Sulakkeiden selektiivisyys eri oikosulkuvirran arvoilla.



Sulakkeen ja johdonsuojakatkaisijan välinen selektiivisyys saavutetaan kun johdonsuojakatkaisija toimii kaikilla odotettavissa olevilla oikosulkuvirran arvoilla. Tämän tarkistamiseksi tulee selvittää suojalaitteiden virta-aikaominaiskäyrien avulla suojalaitteiden välinen selektiivisyysrajavirta. Käytännössä suojalaitteiden välinen selektiivisyys tarkastetaan valmistajien taulukoista joissa ilmoitetaan tarvittava porrastus selektiivisyyden toteutumiseksi. Liitteessä 3 on esitetty Hagerin taulukko sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden selektiivisyydestä.

Sulakkeiden virranrajoitusominaisuuksilla tarkoitetaan sulakkeiden kykyä rajoittaa oikosulkuvirran kasvua, joka esiintyy katkaisutilanteessa ennen oikosulun poistamista. Liitteen 3 virranrajoituskäyrästä voidaan lukea suurin virtahuippu, jonka sulake päästää läpi tietyllä prospektiivisen virran arvolla. Esimerkkinä prospektiivisen oikosulkuvirran ollessa 30kA:a 160A gG:n sulake rajoittaa läpi menevän virran huippuarvon 20kA:iin, ilman sulaketta oikosulkuvirran huippuarvo olisi 85kA:a. Sulakkeiden ansiosta oikosulkuvoimat ovat noin 20 % siitä mihin oikosulkuvoimat nousisivat ilman sulakkeita.

/1/

## 5. ODL:N SÄHKÖVERKON SELVITYS

Sähköverkon selvitysosassa tutkitaan ODL:n sähkönjakeluverkon poiskytkentäehtojen toteutumista, verkon jännitteen siirtokykyä sekä selektiivisyyden toteutumista.

### 5.1. Poiskytkentäehtojen toteutuminen ODL: n jakeluverkossa

ODL hyvinvointikeskuksen sähköverkon poiskytkentäehtojen tarkastelu lähti liikkeelle nousujohtokaavioiden päivittämisellä. Vaikka korttelin rakennuksia on hiljattain saneerattu, olivat dokumentit jääneet puutteellisiksi. Nousujohtokaavioista puuttui keskuksia, kaapelitietoja ja huipputehotietoja. Työläin yksittäinen asia oli puuttuvien nousukaapeleiden pituuksien ja tyyppien selvittäminen.

Oikosulkuvirtojen laskennassa käytin luvun 4.2 kaavaa 1. Tällä yksinkertaistetulla laskentatavalla virhe voi olla korkeintaan n.10 %. Menetelmää voi kuitenkin käyttää, koska virheet tapahtuvat aina turvallisempaan suuntaan, koska laskettu arvo on pienempi kuin todellinen oikosulkuvirta. /7/

Oikosulkuvirran arvot on laskettu huonoimmalla mahdollisella syöttötilanteella. Tällainen tilanne olisi jos ODL:n kj-liittymää syötettäisiin muuntoasema M686:lta. Oikosulkuvirtojen arvot laskin jokaiselle peruskorjattujen osien keskukselle. Laskennan toistuvuuden takia tein Microsoft Excelillä taulukot nopeuttamaan laskentaa. Varmennetun verkon osalta oikosulkuvirtojen arvot laskin myös tilanteessa, jossa dieselgeneraattori syöttää verkkoa. Lasketut oikosulkuvirrat on merkitty liitteen 2 nousujohtokaavioihin.

#### 5.1.1. Oikosulkuvirtojen laskeminen normaaliverkossa

Yksivaiheisen oikosulkuvirran arvot selvitettiin jakeluverkon haltijalta joka on Oulun Energia. Oulun Energian ilmoittama yksivaiheinen oikosulkuvirta kj- liittymällä on 5,3kA kun syöttösuunta on muuntoasema M686. Yksivaiheisen oikosulkuvirran arvo pääkeskuksilla 1, 2 ja 3 on 17,8kA, kun syöttävänä asemana on muuntoasema M686. Pääkeskus 4:n yksivaiheinen oikosulkuvirta vastaavassa syöttötilanteessa on 22,9kA.

Laskuissa taustaverkon oletetaan olevan ”jäykkä” eli taustaverkon arvot pysyvät vakiona oikosulkutilanteessa.

Oikosulkuvirtojen laskenta aloitetaan pääkeskus tasolta kohti nousukeskuksia ja siitä edelleen jakokeskus tasolle kohti verkon epäedullisinta pistettä. Pääkeskus 1:n oikosulkuvirran avulla lasketaan sitä vastaava impedanssi kaavalla 1:

$$Z_{vPK1} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 17,8kA} = 0,0123\Omega$$

Laskettaessa nousukeskusten ja jakokeskusten oikosulkuvirtoja täytyy laskennassa huomioida myös nousukaapelointien impedanssit. Liitteessä 5 on esitetty käytettyjen kaapeleiden impedanssit. Nousukeskus 6-NK-F6 syöttökaapelina on käytetty 2xAMCMK 4x240+72 kaapelia, syöttöjohdon pituus on 68 metriä. Lasketaan impedanssi johtosuudelle käyttämällä kaavaa 5:

$$Z_j = \frac{68m * (0,18/2)}{1000m} = 0,0061\Omega$$

Laskettaessa nousukeskusten oikosulkuimpedansseja täytyy taustaverkon ja nousukaapeloinnin impedanssit laskea yhteen käyttämällä kaavaa 4:

$$Z_{k_{6-NK-F6}} = 0,0123\Omega + (0,0061\Omega * 2) = 0,0245\Omega$$

Oikosulkuvirta nousukeskus 6-NK-F6:la lasketaan kaavalla 1:

$$I_{k_{6-NK-F6}} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 0,0245\Omega} = 8,95kA$$

Liitteen 2 nousujohtokaaviosta arvioituna huonoin oikosulkuvirta nousukeskus 6-NK-F6:n syöttämällä alueella on jakokeskus 1-JK-F5:la. Jakokeskuksen syöttö on kaapeloitu

AMCMK 4x35+16 kaapelilla ja sen pituus on 92 metriä. Kaavalla 5 lasketaan impedanssi johto-osuudelle:

$$Z_J = \frac{92m * 1,089}{1000m} = 0,100\Omega$$

Kaavalla 4 lasketaan taustaverkon ja 1-JK-F5 syöttökaapeloinnin oikosulkuimpedanssi:

$$Zk_{1-JK-F5} = 0,0245\Omega + (0,100\Omega * 2) = 0,2245\Omega$$

Kaavalla 1 lasketaan oikosulkuvirta jakokeskus 1-JK-F5:le:

$$Ik_{1-JK-F5} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 0,2245\Omega} = 977 A$$

Jakokeskus 1-JK-F5 syöttämä kauimmainen pistorasiaryhmä R.5 sijaitsee hoituhuoneessa 10008. Pistorasia ryhmä on kaapeloitu MMJ 3x2,5S kaapelilla ja arvioitu kaapeloinnin pituus ryhmän viimeiselle pistorasialle on 30 metriä. Kaavalla 5 lasketaan impedanssi pistorasian kaapeloinnille:

$$Z_J = \frac{30m * 8,77}{1000m} = 0,263\Omega$$

Kaavalla 4 lasketaan oikosulkuimpedanssi ryhmän R.5 viimeisellä pistorasialla:

$$Zk_{1-JK-F5/r.5} = 0,2245\Omega + (0,263\Omega * 2) = 0,75\Omega$$

Kaavalla 1 lasketaan oikosulkuvirta ryhmän R.5 viimeisellä pistorasialla:

$$Ik_{1-JK-F5} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 0,75\Omega} = 290 A$$

Pistorasiaryhmän suojaavana sulakkeena on C16 tyyppin johdonsuojakytkin. Poiskytkentäajan arvo TN-järjestelmässä 230V vaihejännitteellä lääkintätiloissa on 0,4s. /10/

Lasketun oikosulkuvirran arvon tulee olla C-tyypin 16 ampeerin sulakkeella vähintään 160 ampeeria, jotta suojalaite toimisi ja suorittaisi automaattisen poiskytkennän vaaditussa 0,4 sekunnissa. Liitteessä 15 on esitetty johdonsuojakatkaisijoiden vaatimat oikosulkuvirrat. Kyseisessä pistorasiaryhmässä laskettu oikosulkuvirta on 290A, >160A eli nopean poiskytkennän ehdot toteutuvat.

Kaikki neljä normaalinverkon jakeluverkkoa on laskettu edellä esitetyllä tavalla. Lasketut arvot on esitetty liitteen 2 nousujohtokaavioissa. Kaikissa neljässä jakeluverkossa nopean poiskytkennän ehdot toteutuvat.

### 5.1.2. Oikosulkuvirtojen laskeminen varmennetussa verkossa

Varmennetun verkon keskuksien oikosulkuvirrat lasketaan tilanteessa, jossa generaattori syöttää verkkoa.

Generaattorin syöttämä jatkuvan tilan yksivaiheinen oikosulkuvirta lasketaan kaavalla 6, generaattorin arvot otetaan liitteen 4 taulukosta:

$$I_{kIV} = \frac{3 * 721A}{2,99 + 0,19 + 0,10} = 660A$$

Yksivaiheinen oikosulkuvirta pääkeskuksilla VVPK1 ja VVPK2 on 660A generaattorin syöttäessä verkkoa. Oikosulkuvirtojen laskenta etenee samalla tavalla kuin normaalin verkon oikosulkuvirtojen laskenta, varmennetunverkon pääkeskus 1: ä nousukeskus tasolle. Siitä eteenpäin jakokeskustasolle, kohti epäedullisinta pistorasiaryhmää.

Varmennetunverkon pääkeskus 1 oikosulkuvirta on generaattorin syöttämä 660 ampeeria. Lasketaan kaavalla 1 oikosulkuimpedanssi VVPK1:llä:

$$Zk_{VVPK1} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 660A} = 0,332\Omega$$

Nousukeskus 6-NK-GE-F6 nousukaapelina on käytetty FRHF4x185+95 kaapelia. Kaapelin pituus on 57 metriä, kaapeliosuuden impedanssi lasketaan kaavalla 5:

$$Z_J = \frac{57m * 0,148}{1000} = 0,008\Omega$$

Lasketaan kaavalla 4 taustaverkon ja 6-NK-GE-F6 nousukaapeloinnin yhteen laskettu oikosulkuimpedanssi:

$$Zk_{6-NK-GE-F6} = 0,332\Omega + (0,008\Omega * 2) = 0,348\Omega$$

Lasketaan kaavalla 1 oikosulkuvirta nousukeskus 6-NK-GE-F6:lle:

$$Ik_{6-NK-GE-F6} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 0,348\Omega} = 630A$$

Nousujohtokaaviosta arvioiden epäedullisin piste oikosulkuvirralla on leikkaussali B2:n IT keskuksen pistorasia ryhmä R.21. Leikkaussalin IT keskuksen suojaerotusmuuntajaa syötetään jakokeskus 6-JK-GE-F6:lta, jakokeskuksen syöttökaapelina on käytetty FRHF 4x35+16 kaapelia ja sen pituus on 8 metriä. Lasketaan kaapelin impedanssi kaavalla 5:

$$Z_J = \frac{8m * 0,657}{1000} = 0,005\Omega$$

Lasketaan kaavalla 4 jakokeskusta 6-JK-GE-F6 syöttävän verkon yhteenlaskettu kokonaisuikosulkuimpedanssi:

$$Zk_{6-JK-GE-F6} = 0,348\Omega + (0,005\Omega * 2) = 0,358\Omega$$

Lasketaan kaavalla 1 oikosulkuvirta jakokeskus 6-JK-GE-F6:lla:

$$I_{k_{6-JK-GE-F6}} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 0,358\Omega} = 612A$$

IT keskuksia syöttävien suojaerotusmuuntajien tekniset tiedot on esitetty taulukossa 2. Suojaerotusmuuntajan oikosulkuimpedanssi, lasketaan kuten tavallisessakin tehomuuntajassa valmistajan ilmoittamasta prosentuaalisesta arvosta. Laskennassa täytyy huomioida myös muuntajien pääjännite joka on 230 voltia. Suojaerotusmuuntajan oikosulkuimpedanssi lasketaan kaavalla 3:

$$Z_{k_{SEM}} = \frac{2,5\%}{100} * \frac{230V^2}{7,5kVA} = 0,176\Omega$$

Leikkaussali B2:n IT keskuksen 5-JK-IT-D5.2 syöttö on kaapeloitu FRHF 3x16S kaapelilla, sen pituus on 53 metriä. Kaapelin impedanssi lasketaan kaavalla 5:

$$Z_J = \frac{53m * 1,418}{1000} = 0,075\Omega$$

IT keskus 5-JK-IT-D5.2 oikosulkuimpedanssi saadaan laskemalla kaavalla 4 yhteen syöttävän verkon, suojaerotusmuuntajan ja syöttökaapeloinnin impedanssit:

$$Z_{k_{5-JK-IT-D5.2}} = 0,358\Omega + 0,176\Omega + (0,075\Omega * 2) = 0,684\Omega$$

Lasketaan kaavalla 1 oikosulkuvirta IT keskus 5-JK-IT-D5.2:lla:

$$I_{k_{5-JK-IT-D5.2}} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 0,684\Omega} = 320A$$

IT keskuksien pistorasiaryhmät on kaapeloitu MMJ 3x6S kaapelilla. Pistorasiaryhmän 21 kaapeloinnin pituus on 20 metriä. Lasketaan kaapelin impedanssi kaavalla 5:

$$Z_J = \frac{20m * 3,66}{1000} = 0,073\Omega$$

Lasketaan oikosulkuimpedanssi ryhmän 21 pistorasiolla kaavalla 4:

$$Zk_{5-JK-IT-D5.2/R.21} = 0,684\Omega + (0,073\Omega * 2) = 0,83\Omega$$

Lasketaan kaavalla 1 oikosulkuvirta ryhmän 21 pistorasiolla generaattorin syöttäessä verkkoa:

$$Ik_{5-JK-IT-D5.2/R.21} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 0,83\Omega} = 264A$$

Pistorasiaryhmän suojaavana sulakkeena on C6 tyyppin johdonsuojakatkaisin. Lasketun oikosulkuvirran arvon tulee olla C- tyyppin 6 ampeerin sulakkeella liitteen 15 taulukon mukaan vähintään 60 ampeeria, jotta suojalaite toimisi ja suorittaisi automaattisen poiskytkennän riittävän nopeasti. Kyseisessä pistorasia ryhmässä laskettu oikosulkuvirta on 264A, > 60A eli nopean poiskytkennän ehdot toteutuvat.

Tuloksista voidaan todeta että nopean poiskytkennän ehdot toteutuvat myös varmennetussa verkossa generaattorin syöttäessä verkkoa. Oikosulkuvirtojen arvot on merkattu liitteen 2 nousujohtokaavioihin. Merkintä VV nousujohtokaavioissa tarkoittaa tilaa jossa generaattori syöttää verkkoa.

### 5.1.3. Oikosulkuvirtojen laskeminen UPS-verkossa

Oikosulkuvirtojen laskeminen UPS-verkossa etenee samalla tavalla kuin edellisissäkin kohdissa. Tarkastelun kohteena on arviolta epäedullisin piste keskuksen 5-JK-IT-D5.2 alueelta.

UPS-valmistajan mukaan käytössä olevat laitteet pystyvät syöttämään vaihtosuuntaajan kautta oikosulkuvirran joka on 55 ampeeria <300ms ajan.



UPS:n oikosulkuimpedanssi laskettuna sen syöttämästä oikosulkuvirrasta:

$$Zk_{UPS} = \frac{U}{I_k} = \frac{230V}{55A} = 4,18\Omega$$

Lasketaan kaavalla 3 UPS-laitteen jälkeisen 5,5kVA:n lääkintäsuojaerotusmuuntajan oikosulkuimpedanssi:

$$Zk_{SEM} = \frac{2,3\%}{100} * \frac{230V^2}{5,5kVA} = 0,221\Omega$$

Lääkintäsuojaerotusmuuntajan ja jakokeskus 5-JK-IT-D5.2 UPS-osan välinen kaapeli on FRHF 3x16S kaapelia, sen pituus on 53 metriä. Lasketaan kaapelin impedanssi kaavalla 5:

$$Z_J = \frac{53m * 1,418}{1000} = 0,075\Omega$$

Jakokeskus 5-JK-IT-D5.2:n UPS osan oikosulkuimpedanssi saadaan laskemalla yhteen UPS:n, suojaerotusmuuntajan ja syöttökaapeloinnin impedanssit. Lasketaan kokonaisuikosulkuimpedanssi kaavalla 4:

$$Zk_{5-JK-IT-D5.2UPS} = 4,18\Omega + 0,221\Omega + (0,075\Omega * 2) = 4,55\Omega$$

Lasketaan oikosulkuvirta jakokeskuksen 5-JK-IT-D5.2 UPS-osalla kaavalla 1 kun UPS:n vaihtosuuntaaja syöttää oikosulkuvirran verkkokatkon aikana:

$$Ik_{5-JK-IT-D5.2UPS} = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * 4,55\Omega} = 48A$$

UPS-keskuksen pistorasiaryhmät on kaapeloitu MMJ 3x6S kaapelilla. Kauimmaisen pistorasiaryhmän 36 kaapelin pituus on 20 metriä. Lasketaan kaapelin impedanssi kaavalla 5:

$$Z_J = \frac{20m * 3,66}{1000} = 0,073\Omega$$

Lasketaan kokonaisuikosulkuimpedanssi ryhmän 36 pistorasialla kaavalla 4:

$$Z_{k_{5-JK-IT-D5.2/UPS/R.36}} = 4,55\Omega + (0,073\Omega * 2) = 4,69\Omega$$

Lasketaan kaavalla 1 oikosulkuvirta ryhmän 36 pistorasialla UPS:n syöttäessä verkkoa vaihtosuuntaajan kautta:

$$I_{k_{5-JK-IT-D5.2/UPS/R.36}} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 4,69\Omega} = 46,6A$$

Pistorasian suojaavana sulakkeena on B tyyppin 6 ampeerin johdonsuojakatkaisin. Liitteen 15 mukaisesti lasketun oikosulkuvirran arvon pitää olla vähintään 30 ampeeria jotta sulake toimisi alle 100 millisekunnissa. Kyseisessä pistorasiaryhmässä nopean poiskytkennän ehdot toteutuvat  $46,6 > 30$  ampeeria.

Huomioitavaa on että UPS:n oikosulkuteho tasasuuntaaja käytössä riittää vain B-tyypin 6 ampeerin johdonsuojakatkaisijalle.

#### 5.1.4. Mitatut oikosulkuvirrat

Laskettujen oikosulkuvirtojen lisäksi suoritettiin myös joitakin mittauksia. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 4. Mittaushetkellä syöttötilanne oli normaali eli ODL:n jakeluverkkoa syötettiin Vanhantullin sähköasemalta jolloin liittymän oikosulkuvirta on ollut suurempi kuin laskennassa käytetty oikosulkuvirran arvo. Vertailtaessa mitattuja ja laskettuja arvoja täytyy huomioida että mitatun oikosulkuvirran arvon täytyy olla 25 %

suurempi kuin lasketun arvon. Edellä mainitut asiat huomioiden voidaan todeta että lasketut arvot ovat todenmukaisia.

Mittauksissa käytettiin Profitest 0100S mittalaitetta. Mittarin mittausalue päättyy 10 kiloampeeriin joten mittaustuloksia on vain jakokeskustasolta.

**Taulukko 4. Mitatut ja lasketut oikosulkuvirrat**

Keskus	Mitattu	Lasketut arvot	
	arvo Ik [A]	Ik [A]	Uh %
0-JK-F6	1,64k	770	3,48
7-JK-H8	2,3k	860	2,82
0-JK-LVI-H8	7,66k	4,79k	2,47
0-JK-H6	2,09k	815	3,00
1-JK-A7	2,55k	1,16k	2,67
6-JK-A2	5,75k	3,9k	1,08
0-JK-C1	1,53k	775	2,39
0-JK-LVI-F4	718	460	3,23

## 5.2. Jännitteen alenemien laskeminen

ODL hyvinvointikeskuksen sähköjakeluverkon jännitteen alenemia lähdettiin laskemaan jakelumuuntajalta aina verkon viimeiselle jakokeskukselle. Keskuksien tehotiedot on saatu pääkaavioista ja puuttuneet tehotiedot on laskettu keskuksen huippuvirran mukaan. Liitteen 2 nousujohtokaavioihin on merkattu keskuksen kohdalle laskennassa tarvittava teho sekä laskettu kokonaisjännitteen alenema.

Muuntajan 1 jännitteen aleneman laskentaan tarvittavat muuntajan resistanssiarvo otetaan taulukosta 1. Muuntajan 1 kuormitusvirta lasketaan pääkeskus 1:n tehosta. Pääkeskus 1 tehon laskemisessa kuorman osallistumiskertoimena käytetään arvoa 0,5. Muuntajan jännitteen alenema lasketaan kompensoinnin ollessa käytössä jolloin tehokerroin on 1.

Muuntaja 1 jännitteen alenema lasketaan kaavalla 8:

$$U_{a/M1} = 664A * 0,00235\Omega = 1,56V$$

Muuntaja 1 jännitteen alenema prosenttilukuna lasketaan kaavalla 9:

$$U_{a/M1} \% = \frac{1,56V}{230V} * 100\% = 0,68\%$$

Koska kaapelointi muuntajalta pääkeskukselle on hyvin lyhyt ja jännitteen siirtokyvyltään hyvä, käytetään muuntajalle laskettua jännitteen alenemaa myös pääkeskuksen arvona. Tarvittavat kaapelien resistanssi ja reaktanssiarvot otetaan liitteen 5 taulukosta. Kuormitusvirrat on laskettu keskuksien tehoista. Keskuksien tehokertoimena käytetään 0,8. Laskenta suoritetaan samoille keskuksille kuin oikosulkuvirran laskentakin.

Nousukeskus 6-NK-F6 syöttökaapelina on 2xAMCMK4x240+72, kaapeloinnin pituus on 68 metriä. Kaapelin resistanssi ja reaktanssi arvot lasketaan käyttämällä kaavaa 5:

$$R_v = 68m * \left( \frac{0,081\Omega / km}{1000} \right) = 0,0055\Omega$$

$$X_v = 68m * \left( \frac{0,0395\Omega / km}{1000} \right) = 0,0027\Omega$$

Lasketaan kuormitusvirta johto-osuudelle kaavalla 10 nousukeskus 6-NK-F6:n maksimitehosta:

$$I_v = \frac{214kW}{\sqrt{3} * 400V * 0,8} = 386A$$

Kaapelin resistanssin, reaktanssin ja kuormitusvirran avulla kaavaa 7 käyttämällä saadaan laskettua johto-osuuden jännitteen alenema:

$$U_{h/nkj} = (0,0055\Omega * 386A * 0,8) + (0,0027\Omega * 386A * 0,6) = 2,32V$$

Kaavalla 9 saadaan laskettua johto-osuuden jännitteen alenema prosenttilukuna:

$$U_{h/nkj} \% = \frac{2,32V}{230V} * 100\% = 1,01\%$$

Kokonaisjännitteen alenema nousukeskus 6-NK-F6:lla:

$$U_{h/6-NK-F6} \% = 0,68\% + 1,01\% = 1,69\%$$

Jakokeskus 1-JK-F5 syöttökaapelina on AMCMK4x35+16, kaapelin pituus on 92 metriä. Lasketaan kaapeliosuudelle lasketut resistanssi- ja reaktanssiarvot kaavalla 5:

$$R_v = 92m * \left( \frac{2,244\Omega / km}{1000} \right) = 0,206\Omega$$

$$X_v = 92m * \left( \frac{0,094\Omega / km}{1000} \right) = 0,0086\Omega$$

Lasketaan kuormitusvirta johto-osuudelle kaavalla 10 jakokeskus 1-JK-F5:n maksimitehosta:

$$I_v = \frac{24kW}{\sqrt{3} * 400V * 0,8} = 43A$$

Lasketaan johto-osuuden jännitteen alenema kaavalla 7:

$$U_{h/jkj} = (0,206\Omega * 43A * 0,8) + (0,0086\Omega * 43A * 0,6) = 7,31V$$

Lasketaan kaavalla 9 johto-osuuden jännitteen alenema prosenttilukuna:

$$U_{h/jkj} \% = \frac{7,31V}{230V} * 100\% = 3,18\%$$

Kokonaisjännitteen alenema jakokeskus 1-JK-F5:lla:

$$U_{h/1-JK-F5} \% = 1,69\% + 3,18\% = 4,87\%$$

Vaatimuksena on että jännitteen tulisi olla liittymispisteessä 230V  $\pm 10\%$ . Jännitteen alenema epäedullisimmassa pisteessä on 4,87 % jännitteen ollessa 219V:a. Jännitteen alenema jakautuu lasketussa verkossa seuraavasti:

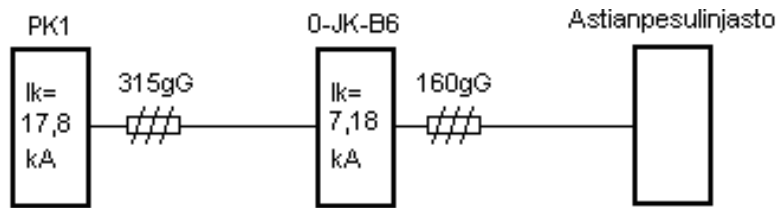
- jakelumuuntaja 0,68 %
- pienjännite jakeluverkko 4,19 %

Kaikkien neljän muuntajan jakeluverkkoa on laskettu edellä mainitulla tavalla ja tulokset on ilmoitettu liitteen 2 nousujohtokuvissa. Tuloksista voidaan todeta että ODL hyvinvointikeskuksen sähkönjakeluverkko pystyy siirtämään hyvin sille suunnitellun kuorman.

### 5.3. Verkon selektiivisyyden toteaminen

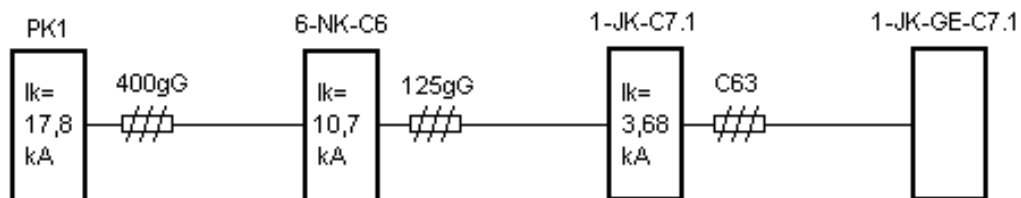
ODL hyvinvointikeskuksen sähkönjakeluverkon selektiivisyyden toteutumista tarkastellaan kahdesta pisteestä muuntajan 1 jakeluverkon alueelta. Ensimmäinen piste on keskuskeittiön jakokeskus 0-JK-B6. Toinen piste on jakokeskus 1-JK-C7.1 jota syötetään nousukeskus 6-NK-C6:lta. Liitteen 2 nousujohtokaaviossa on esitetty johtolähtöjen sulakkeet. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty tarkasteltavat jakeluverkon osat.

Ensimmäisen arvioitavan pisteen jakokeskusta 0-JK-B6:sta syötetään pääkeskus 1:ä, johtolähdön sulakkeina ovat ABB OFAF 315A gG kahvasulakkeet. Nimellisvirraltaan suurimmat sulakkeet jakokeskus 0-JK-B6:lla ovat astianpesulinjastolla, sulakkeina ovat ABB OFAF 160A gG kahvasulakkeet. Liitteen 3 kaavion mukaan 315A ja 160A sulakkeilla selektiivisyys toteutuu. Pääkeskuksella 1 oikosulkuvirta on 17,8kA:a kuvan 5 mukaan 315A ja 160A sulakkeet ovat selektiivisiä 100kA:n asti.



**Kuva 6. Selektiivisyyden arviointi pisteessä yksi**

Toisen arvioitavan pisteen nousukeskuksen 6-NK-C6:n syötön sulakkeena pääkeskus 1:ä on ABB OFAF 400A gG kahvasulakkeet. Jakokeskus 1-JK-C7.1:n syötön sulakkeina ovat ABB OFAF 125A gG kahvasulakkeet. Liitteen 3 kaavion mukaan näillä sulakkeilla selektiivisyys toteutuu. Pääkeskuksella 1 oikosulkuvirta on 17,8kA:a kuvan 5 mukaan 400A ja 125A sulakkeet ovat selektiivisiä 100kA:iin asti. Jakokeskus 1-JK-C7.1:ä syötetään varmennetunverkon jakokeskuksen 1-JK-GE-C7.1:n normaaliverkon puolta. Johtolähdön sulakkeena on C tyypin 63A:n johdonsuojakytkin. Liitteen 2 taulukon mukaan 125 ampeerin kahvasulake ja C63 johdonsuojakytkin ovat selektiivisiä oikosulkuvirran ollessa alle 7 kiloampeeria. Jakokeskuksella 1-JK-C7.1 oikosulkuvirran arvo on 3,68kA myös näillä sulakkeilla selektiivisyys toteutuu.



**Kuva 7. Selektiivisyyden arviointi pisteessä kaksi**

Nousujohtokaavioista voidaan todeta että ODL hyvinvointikeskuksen sähkönjakeluverkko täyttää selektiivisyydelle asetetut vaatimukset.

## **6. VAATIMUKSET SÄHKÖLAITTEISTON KUNNOSSAPITO-OHJELMALLE**

Sähkölaitteiston kunnossapito-ohjelmalle ja kunnossapito tarkastuksille on asetettu viranomaisvaatimuksia. Sähkölaitteistoille suoritettavien määräaikaistarkastuksien suoritusvälit määräytyvät sähkölaitteistonluokan mukaan.

### **6.1. Viranomaisvaatimukset**

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin että:

- Niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa.
- Niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä.
- Niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. /11/

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti.

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. /3/

Säännöllisellä ja huolellisella sähkölaitteiston kunnossapidolla saavutetaan seuraavia etuja:

- toimintakatkot vähenevät
- laitteiden ja asennusten toimintaikä pitenee
- laitteiston luotettavuus kasvaa
- vikatiheys pienenee
- vaihto-osien tarve pienenee
- ylläpitokustannukset vähenevät
- työturvallisuus paranee
- potilasturvallisuus kasvaa.



## 6.2. Sähkölaitteistoluokat

Sähkölaitteistot on jaettu luokkiin seuraavasti:

- (1a) asuinrakennus jossa enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa
- (1b) muu kuin asuinrakennus jonka ylivirtasuojia on yli 35 ampeeria
- (1d) räjähdysvaarallisentilan sähkölaitteisto
  
- (2b) lääkintätilan sähkölaitteisto sairaalassa, terveyskeskuksessa tai yksityisellä lääkäriasemalla, jossa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä
- (2c) yli 1000 voltin sähkölaitteisto
- (2d) sähkölaitteisto joka on liittymisteholtaan yli 1600 kilovolttiampeeria
  
- (3a) räjähdysvaarallisentila tai vaarallisten aineiden valmistuslaitos jonka toiminta on luvanvaraista
- (3b) lääkintätilan sähkölaitteisto sairaalassa, terveyskeskuksessa tai yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä
- (3c) verkonhaltijan sähköverkko.

## 6.3. Määräaikaistarkastukset

Käytössä olevalle sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus seuraavasti:

- 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 sähkölaitteistolle tehtävä määräaikaistarkastus viidentoista vuoden välein.

- Luokan 2 sähkölaitteistolle suoritetaan määräaikaistarkastus kymmenen vuoden välein.
- Luokan 3 sähkölaitteistolle suoritetaan määräaikaistarkastus viiden vuoden välein.  
/3/

Määräaikaistarkastuksissa tulee riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua siitä, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet, sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä ja sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. /3/

Määräaikaistarkastuksen voi tehdä valtuutettulaitos. Muille kuin luokan 3 alakohdassa a tarkoitetuille sähkölaitteistoille määräaikaistarkastuksen voi tehdä myös valtuutettu tarkastaja. /3/

Määräaikaistarkastuksesta on laadittava haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jossa on yksilöitävä tarkastusta koskevat tiedot ja havaitut sähköturvallisuuteen liittyvät puutteet. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. /3/

## **7. ODL: N SÄHKÖLAITTEISTON KUNNOSSAPITO-OHJELMA**

ODL hyvinvointikeskuksen kunnossapito-ohjelmat on jaettu rakennusosittain. Korttelin kiinteistöjä on peruskorjattu vaiheittain ja rakennukset sisältävät eri sähkölaitteistoluokkia, joten oli järkevää jakaa kunnossapito-ohjelmat osiin. Eri rakennusosien kunnossapito-ohjelmat on esitetty liitteessä 6.

### **7.1. Keskijännitelaitteet**

Normaalikäytössä SIMONSEC kytkinkojeisto on huoltovapaa. Käyttöympäristön olosuhteet kuitenkin aiheuttavat kojeiston pölyntymistä. Pahimmassa tapauksessa kojeisto voi vaurioitua likaantumisen ja johtuvista ylilyönneistä. Tästä syystä kj-kojeistotilat puhdistetaan vuosittain pölystä ja muusta irtoliasta. Lattiapinnat ja kojeisto puhdistetaan imuroimalla. Tällä toiminnalla minimoidaan kojeiston sisään johtuvan pölyn määrää. Kojestolle suoritetaan vuosittain silmämääräinen tarkistus jossa pyritään toteamaan, ettei kojeistossa ole vioittuneita, oikosulun tai ylilyönnin vahingoittamia osia. Lisäksi tarkastetaan kojeiston merkinnät ja lukitukset sekä mekaanisten suojiin kunto. Vuosittain tarkastetaan myös kj-tilan valaistuksen kunto, ilmanvaihdon toimivuus, huonetilan lukitus, tilan läpivientien tiiviys, tarvittavien dokumenttien ajantasaisuus sekä varusteiden kunto. Kj-tilasta löytyvät varusteet:

- viritysveivi
- kj- kojeiston ohjauskahva
- varoituskilvet
- käyttöohjeet

Vuosittain suoritetaan myös kuormanerotin apujännitelähteellä akkutesti. Akkutesti suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti tai kyseeseen soveltuvalla mittalaitteella.

Kuormanerotin apujännitelähteelle suoritetaan akkujen vaihto kuuden vuoden välein. Akkujen valinnassa on otettava huomioon, että valmistaja lupaa akuille kuuden vuoden

käyttöään. Kj-laitteistossa muita kuuden vuoden välein suoritettavia huoltotoimenpiteitä ovat läpivientitukieristimien puhdistus, liityntöjen, kiskojen ja johtimien puhdistus. Näiden toimenpiteiden aikana on huolehdittava asianmukaisesta sähkötyöturvallisuudesta. Laitteisto tehdään jännitteettömäksi, laitteisto työmaadoitetaan syöttävältä puolelta sekä kuorman puolelta. Näiden huoltotoimenpiteiden suunnittelu kannattaa aloittaa jo hyvissä ajoin koska koko ODL hyvinvointikeskuksen sähkölaitteisto on jännitteetön näiden toimenpiteiden ajan. Huollon jälkeen varmistetaan, ettei kojeistoon ole jäänyt ylimääräisiä tavaroita sekä puretaan työmaadoitukset. Tämän jälkeen suoritetaan vielä ylimääräinen silmämääräinen tarkastus jolla varmistetaan että kaikki on varmasti kunnossa. Näiden toimenpiteiden jälkeen kojeisto kytketään jännitteiseksi valmistajan ohjeiden mukaisesti.

## **7.2. Muuntamot**

Kuten jo luvussa 2.1.2 on todettu ODL hyvinvointikeskuksen muuntamotilat sijaitsevat vesikatolla. Nämä sähkötilat koostuvat kaikkiaan viidestä erillisestä kontista, joista neljä on muuntamokonttia ja yksi on varavoimakoneenkontti. Muuntamokontit on jaettu verkkoseinällä kahtia, seinän toisella puolella on muuntaja ja toisella puolella keskustila. Konttien sokkeliosa on varattu kaapeloineille, joita varten laidoilla kulkee hyllyt. Nousukaapeleita varten on rakennettu putkitukset konttien ulkopuolelta lattian alaosaan. Huoltotason lattia on tehty vesivanerista ja se on irrotettavissa sokkeliin tehtävien toimenpiteiden mahdollistamiseksi. Kuvassa 8 on esitetty näkymä muuntajakontista.



**Kuva 8.** Näkymä muuntajakontista

Muuntajakonteissa tehtävät hoito- ja kunnossapito toimenpiteet jakautuvat 1, 3 ja 6 vuoden välein suoritettaviin tehtäviin.

Vuosittain tarkastetaan tilojen ovien lukitukset, tilojen valaistus ja yleinen siisteys. Kaapelihyllyjen, pintajohtojen ja kojeiden kiinnitysten sekä kunnan silmämääräinen tarkistus kuuluu myös vuosittaisiin tehtäviin. Konttien läpivientien tiiviyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota vuosittaisessa tarkastuksessa, koska tilat on varustettu CO2 sammutusjärjestelmällä. Läpivientien tiiviydellä taataan sammutusjärjestelmän tarkoituksen mukainen toiminta ja estetään myrkyllisen kaasun leviäminen muihin tiloihin. Ilmanvaihdon toimivuus tarkastetaan kojeistamalla poistoilmapuhallin säätämällä termostaatti sellaiseen arvoon, että puhallin käynnistyy. Samalla vaihdetaan kontin korvausilmansuodatin. Nämä toimenpiteet kannattaa suorittaa keväällä, jolloin muuntajan jäähdytys toimii suunnitellulla tavalla myös kesähelteillä. Vuosittaisiin tarkastuksiin kuuluu myös dokumenttien ajantasaisuuden tarkastaminen, mekaanisten suojen kunto ja varusteiden tarkastus. Konttien varustukseen kuuluu:

- jännitteenkoetin
- kj-kojeiston ohjauskahva
- maadoitusvälineet
- varoituskilvet
- suojamaski
- hanskallinen kahvanvaihtotyökalu
- taskulamput
- varasulakkeet (jokaista käytettyä kokoa 3kpl)
- käyttöohjeet

Muuntajalle suoritetaan vuosittain silmämääräinen tarkastus, jossa arvioidaan likaisuutta ja liitosten kuntoa. Muuntajien käyntilämpötilat tarkastetaan vähintään kerran vuodessa. Muuntajan käyntilämpötilaa seurataan T-154-lämmönvalvontareleellä jonka näytöstä on luettavissa muuntajan jokaisen käämin lämpötila. T-154-releellä pystyy ohjaamaan katkaisijan laukaisua, jatkohälytystä ja tuuletinta. Kuvassa 9 on esitetty lämpötilan valvonta yksikkö T154. ODL hyvinvointikeskuksen muuntajien releillä ohjataan vain yllilämpöhälytys rakennusautomaatiojärjestelmään, näiden hälytyksien koestus kuuluu vuosittain suoritettaviin toimenpiteisiin.



**Kuva 9. Lämpötilan valvontayksikkö T154**

Kuuden vuoden välein huoltoseisokin aikana muuntajille ja ympäröiville tiloille suoritetaan perusteellinen puhdistus. Muuntajien käämit puhdistetaan pölystä käyttämällä kuivaa pölyliinaa ja paineilmaa. Ylä- ja alajännitekäämien välinen tuuletusrako tulee tarkastaa huolellisesti sinne mahdollisesti kasaantuneen lian takia ja puhdistaa se tarvittaessa paineilamalla. Tilojen puhdistukseen käytetään imuria. Vaikka puhdistustoimenpiteet suoritetaan huoltoseisokin aikana, ennen toimenpiteiden alkua tulee varmistaa laitteiston jännitteettömyys sekä työmaadoitukset. CO2 sammutusjärjestelmä tulee myös sammuttaa ja virhelaukaisu on estettävä sulkemalla pulloryhmän venttiili.

Puhdistustoimenpiteiden lisäksi tarkastetaan muuntajan kaapelien ja väliottokytkimien liitosten kireys oikeaan vääntömomenttiin momenttiavaimella. Oikeat vääntömomentit löytyvät valmistajan ohjeista. Lopuksi tarkastetaan että käämien tukikappaleet ovat tiukasti oikealla paikallaan. Näiden kiinnitysten kireyden tarkistaminen on tärkeää koska ne voivat löystyä itsestään hetkellisten ylikuormitustilanteiden johdosta. Löystymisen voi aiheuttaa myös rautasydämen värähtely, joissakin kuormitustilanteissa. /12/

### 7.3. Keskukset

Keskuksille tehtävät kunnossapito-ohjelman mukaiset tehtävät jakautuvat yhden ja kuuden vuoden välein suoritettaviin tehtäviin. Pää- ja nousukeskuksille tehtävälista on pitempi kuin jakokeskuksilla niiden kovemman kuormituksen vuoksi. Kuvassa 10 on esitetty Albertinkatu 18B:n nousukeskus 0-NK-H8.



**Kuva 10. Nousekeskus 0-NK-H8**

Jakokeskuksille vuosittain suoritettavat toimenpiteet:

- keskustilan lukitus ja siisteys
- keskuksen lukitusten ja merkintöjen tarkistus
- dokumentoinnin tarkistus
- ohjauskytkimien ja merkkilamppujen toiminnan tarkistus
- vikavirtasuojien laukomiset.

Pää- ja nousukeskuksille suoritetaan vuosittain edellisten lisäksi seuraavat toimenpiteet:



- johdinliitosten lämpötilojen mittaus
- nousukaapeleiden virtojen mittaus
- käytettyjensulakekokojen tarkistus
- kuormituksen symmetrisyys vaiheilla.

Ensimmäisenä keskustilaan tultaessa tarkistetaan tilan lukituksen toimivuus, jolla varmistetaan, etteivät asiaan kuulumattomat henkilöt pääse tilaan. Keskustilan yleinen siisteys arvioidaan ja tarvittaessa imuroidaan lattia ja tasot, joille pölyä kerääntyy. Keskustilan läpivientien tiiviyydet tarkistetaan. Jos tilasta löytyy avattuja palokatkoja, ne korjataan kohteeseen parhaiten soveltuvalla menetelmällä. Erityisen tärkeää on että eri palo-osastojen väliset palokatkot ovat asianmukaisessa kunnossa, tällaisia ovat esimerkiksi kerrosten väliset läpiviennit.

Keskuksen ulkopuolisessa silmämääräisessä tarkastuksessa kiinnitetään huomiota keskuksen kansien lukitukseen ja kiinnityksiin. Saranakansien tulee olla lukittuna ja vain avattavissa työkalulla, lukuun ottamatta kenttiä joissa on automaatti- tai tulppasulakkeita. Keskuksen sulakkeiden ja ohjauskytkimien merkinnät tarkistetaan ja jos niistä löytyy esimerkiksi kynällä tehtyjä merkintöjä tulostetaan niihin uudet merkintäliuskat.

Keskustiloista löytyvien kuvataskujen dokumenteista tarkastetaan pääkaavioiden ja piirikaavioiden ajantasaisuus. Punakynämerkinnät päivitetään sähköisiin kuviin, päivitettyt kuvat tulostetaan ja toimitetaan kuvataskuihin. Tasokuvista tarkastetaan punakynämerkintöjen oikeellisuus. Tasokuvien suuruuden takia niitä ei kannata lähteä päivittämään ja tulostuttamaan muutamasta punakynämerkinnästä vaan tämä suoritetaan esimerkiksi jonkun hiukan suuremman remontin jälkeen.

Johdinliitostenlämpötilojen mittaukset suoritetaan infrapunalämpömittarilla. Lämpötilan mittauksilla löydetään helposti löysät liitokset ja ylikuormituksesta johtuvat lämpenemiset. Suuri etu on se että liitosten kuntoa voidaan arvioida näin jännitteisestä laitteistosta. Pää- ja nousukeskuksista lämpötilat mitataan pääkytkimistä, kahvalähdöistä ja kiskostoista. Jakokeskuksista mitataan vain pääkytkimen liitosten lämpötilat, tulppasulakkeiden ja

automaattisulakkeiden lämpötilat voidaan kokeilla käsin tunnustelemalla. Tämä on nopea tapa arvioida sulakelähtöjen kuormitustilaa. Jos sulake tuntuu käteen kuumalta, on syytä selvittää tarkemmin lämpenemisen aiheuttajaa.

Yleisten tilojen valaistuksien ohjaukset koestetaan kerran vuodessa ohjauskytkimestä sekä VAK:lta. Näin varmistetaan että suuret valaistusryhmät toimivat ohjauksien mukaisesti, eivätkä näin kuluta turhaan energiaa. Samalla tarkistetaan keskuksien merkkilamppujen toiminta, rikkiäiset merkkilamput vaihdetaan uusiin.

Vikavirtasuojien laukomiset testipainikkeesta suoritetaan vuosittain. Ennen testausta on varmistuttava ryhmän syöttämästä kuormasta. Jos kuormana on tietotekniikka tai toiminta muuten häiriintyy katkosta, on testaukset suoritettava ennen tai jälkeen toiminnan alkamisen. Paras menettelytapa tähän on sopia ennakkoon testauksen ajankohdasta jolloin voidaan ohjeistaa sammuttamaan tietokoneet ja muut herkäät laitteet testauksen ajaksi.

Pää- ja nousukeskuksilla mitataan jokaisen johtolähdön vaiheiden virrat ja arvioidaan kuorman jakautumista vaiheilla. Jos, yksi vaihe on selkeästi kuormitetumpi kuin muut tarkistetaan mahdollisuus jakaa kuormaa eri vaiheille jakokeskuksella. Kahvasulakelähdöistä tarkistetaan sulakkeiden nimellisvirta ja DIN-koko. Nimellisvirran arvon on tärkeä olla oikea jotta verkon selektiivisyys säilyy. Sulakkeen DIN-koon täytyy olla myös sopiva kytkinvarokkeen alustaan. Liian pieni sulake koko kytkinvarokkeessa aiheuttaa huonon kontaktin, tästä seuraa voimakasta lämpenemistä ja kytkinvarokkeen mahdollinen rikkoutuminen.

#### **7.4. Maadoitukset**

Maadoitukset ja potentiaalintasaukset ovat tärkeä osa sähkölaitteistoja. Maadoitusten ensisijaisena tarkoituksena on rajoittaa vikatapauksissa esiintyviä kosketusjännitteitä ja askeljännitteitä. Vika voi liittyä rakennuksen sähköasennuksiin tai sitä syöttävään järjestelmään. Vian voi aiheuttaa myös ukkosen aiheuttamat ylijännitteet.

Sähköturvallisuuden kannalta maadoituksen tarkoituksena on myös:

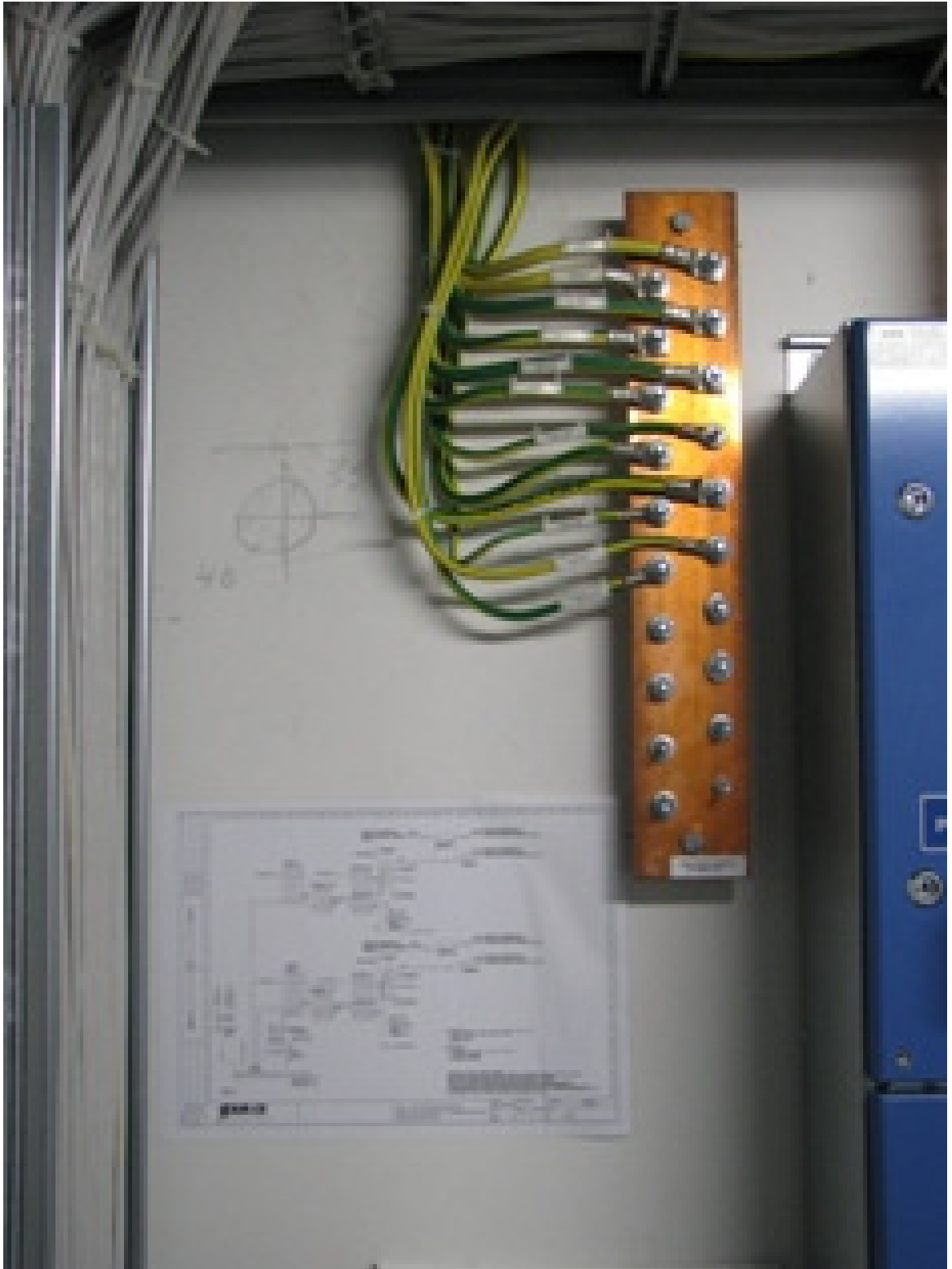
- estää vaarallisten jännitteiden siirtyminen järjestelmästä toiseen
- estää vaarallisten vuotovirtojen, kipinöiden ja valokaarien syntyminen
- luoda toimintaedellytykset maasulku- ja vikasuojaukselle.

Maadoituksilla ja potentiaalintasauksilla on myös suuri merkitys häiriönsuojauksessa. Häiriösuojauksen perustana on TN-S- järjestelmän käyttö, häiriösuojausta voidaan parantaa käyttämällä lisämaadoituksia ja potentiaalintasauksia. /8/

ODL hyvinvointikeskuksen jokaiseen rakennukseen on rakennettu maadoitus- ja potentiaalintasausjärjestelmät. Maadoitus- ja potentiaalintasausjärjestelmä koostuu:

- päämaadoituskiskosta MEB1
- rakennusten päämaadoituskiskosta MEB2
- rakennusten maadoituskiskoista EB1, EB3 ja EB4
- rakennusten maadoituskiskoista n-MEB-n
- kerroskohtaisista maadoituskiskoista
- lisäpotentiaalintasauskiskoista.

Liitteessä 7 on esitetty ODL hyvinvointikeskuksen maadoitusten periaatekaavio. Kuvassa 11 on esitetty lisärakennuksen päämaadoituskisko.



**Kuva 11. Rakennuksen päämaadoituskisko**

Lääkintätiloihin G1 ja G2 on rakennettu vaatimusten mukaiset lisäpotentiaalintasaukset. Lisäpotentiaalintasauksen tehtävänä on pienentää samanaikaisesti kosketeltavien johtavien osien välisiä potentiaalieroja. Ryhmän G2-tiloissa edellytetään lisäksi, että johtimien ja

liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentiaalintasauskiskon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimien tai muun johtavan osan välillä saa olla suurempi kuin  $0,2\Omega$ . Tähän arvoon päästään, kun käytetään tarpeeksi suuria johdinpoikkipinta-aloja. /10/

Lisäpotentiaalintasausjärjestelmään on liitetty kaikki johtavat laitteet ja rakenteet. Näitä ovat:

- lattianmaadoitukset
- vesijohdot
- johtava viemäriputkisto
- johtokanavat
- potentiaalintasauspistorasia johtokanavassa
- toimenpidevalaisin/leikkausvalaisin
- kattorakenteet
- lämmitysputkistot
- iv-kanavat
- kaasuputket

G2 tiloissa lisäpotentiaalintasaukseen on liitetty lisäksi:

- kattovarret pistorasioineen
- varustekisko
- paineilmaputket
- metalliset runkorakenteet
- laminaarikatot
- säteilysuojat.

Kunnossapito-ohjelman mukaiset tarkastukset maadoituksille tapahtuvat kuuden vuoden välein. Tarkastuksessa arvioidaan silmämääräisesti liitosten ja johtimien kuntoa sekä oikeaa kytkentää maadoituskiskoille. Jokaisen maadoitusjohtimen pitää olla helposti irrotettavasti maadoituskiskolta eli jokainen johdin tulisi olla liitetty omaan liittimeen. Kaapelien ja maadoituskiskojen välisen liitoksen kireys kokeillaan käsin kokeilemalla,

tarvittaessa kiristetään löysä liitos. Myös kaapelin ja kaapelikengän välisen liitoksen kunto kokeillaan käsin.

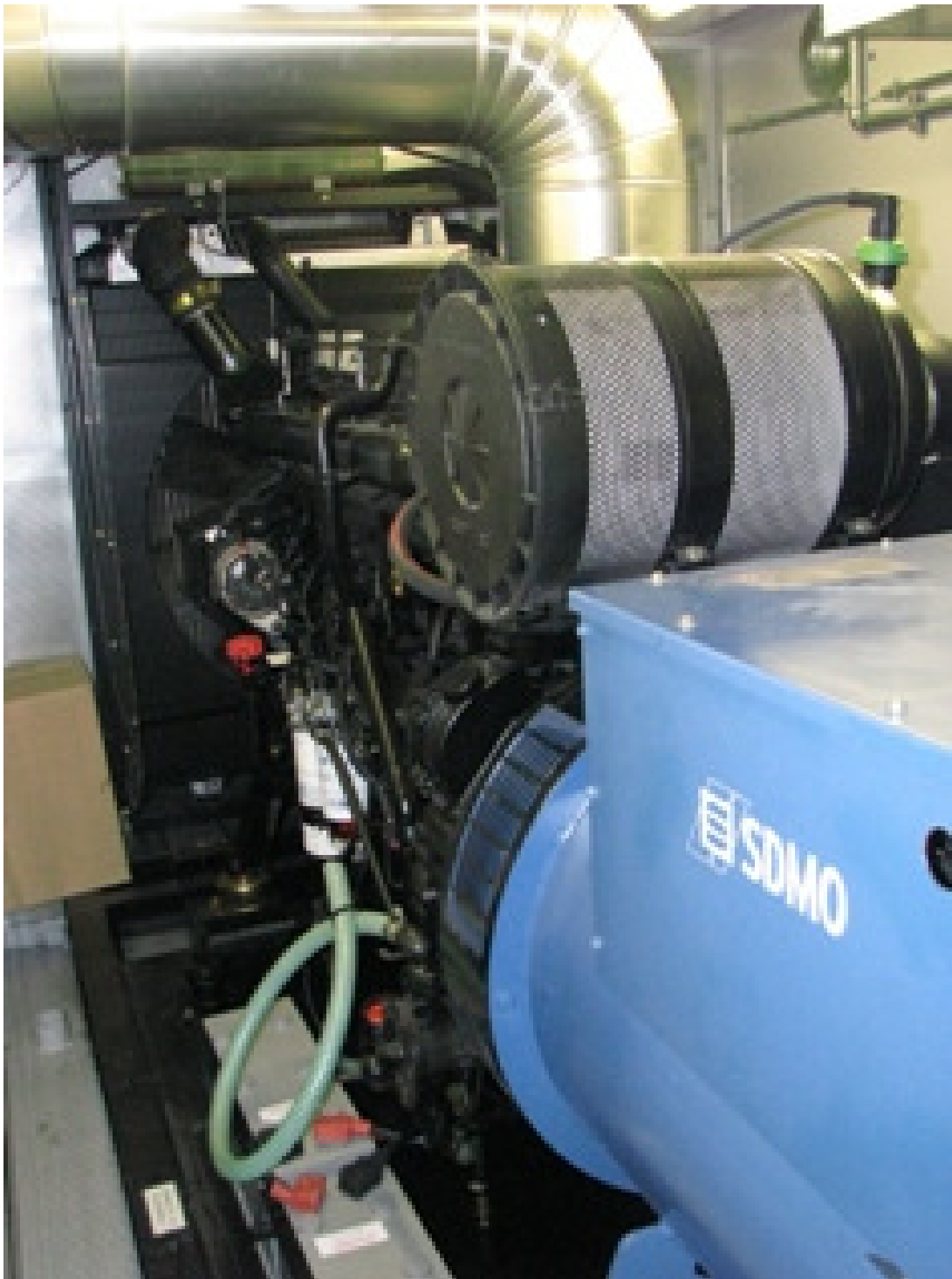
Lisäpotentiaalintasauksen kunnossapito-ohjelmaa käsitellään kohdassa lääkintätilojen kunnossapito-ohjelma.

## 7.5. Muut huoltokohteet

Muita kunnossapito-ohjelmaan kuuluvia järjestelmiä ovat:

- varavoimageneraattori
- UPS- laitteet
- estokelapariot
- paloilmottimet
- turvavalokeskukset
- kaasusammutuslaitokset
- kaapeloinnit ja kojeet
- valaisimet.

Varavoimageneraattorille tehtävät toimenpiteet jakautuvat kuukauden ja vuoden välein suoritettaviin tehtäviin. Kuukausittain varavoimalaa koeajetaan verkkoon tahdistettuna vähintään niin kauan että saavutetaan normaali käyntilämpötila. Hyvänä käytäntönä voidaan kuitenkin pitää tunnin kestävää koekäyttöä. Koeajon aikana seurataan moottorin ja generaattorin arvoja, tärkeimmät arvot kirjataan koeajopöytäkirjaan. Kuvassa 12 on esitetty ODL:n dieselgeneraattori. Liitteessä 8 on esitetty ODL hyvinvointikeskuksen varavoimalan koeajopöytäkirja. Koekäytön aikana tulee huomioida pyörivien osien aiheuttamat vaarat, tästä syystä onkin ensi arvoisen tärkeää pitää varavoimalan huonetila siistinä ja kulkutiet vapaana esteistä. Vuosittain varavoimakoneelle suoritetaan huolto raskaskonehuollon toimesta valmistajan huoltokirjan mukaisesti. Vuosittain suoritetaan myös varavoimalalle syötönvaihtoautomatiikan toimintakoe, tätä koetta käsitellään tarkemmin luvussa 8.



**Kuva 12. Dieselgeneraattori**

UPS laitteiden huollosta vastaa valmistaja. ODL hyvinvointikeskuksessa UPS suojattuja laitteistoja on palvelintiloissa sekä leikkausosaston G2-tiloissa. Kuvassa 13 on esitetty

UPS-laite huone. Lääkintätilojen UPS laitteille suoritetaan lääkitätilastandardin mukaiset koestukset, näitä käsitellään luvussa 8.



**Kuva 13. UPS ja lääkitäsuojaerotusmuuntaja tila**

Estokelaparistojen vuosittaiseen huoltoon kuuluu termostaatin ja puhaltimen toiminnan tarkastus sekä suodattimen vaihto. Kompensointiportaiden sulakkeet tarkastetaan myös vuosittain. Kompensoinnin riittävyttä ja toimintaa arvioidaan vuosittain sähkölaskuista. Tässä hyvänä työkaluna on energiayhtiön Ellanet- verkkopalvelu. Kuuden vuoden välein estokelaparistoille suoritetaan suurempi huolto, jossa koje puhdistetaan sisäpuolelta, johdinliitoksien kireydet tarkistetaan, kondensaattorit tarkistetaan mittaamalla sekä säätimen toiminta tarkistetaan manuaalisesti.

Paloilmoittimille ja kaasusammutusjärjestelmille vaaditaan huoltosopimus valtuutetun huoltoliikkeen kanssa. Tämän vuoksi kunnossapito-ohjelman tehtävät näiden järjestelmien osalta rajoittuvat vain huoltosopimuksen toteutumisen tarkkailuun sekä järjestelmien kuukausikokeiluihin. Kuukausikokeiluissa järjestelmät koestetaan ohjelmallisesti sekä suoritetaan yhteyskokeilut hätäkeskukseen. Kuvassa 14 on esitetty paloilmoitinlaite ja turvavalokeskus.





**Kuva 14. Esmi FX paloilmoinnin keskus ja Teknowaren Tapsa turvalokeskus**

Turvalokeskuksina ODL hyvinvointikeskuksessa on käytössä Teknowaren Tapsa keskuksia. Tapsa-järjestelmät ovat osoitteellisia, mikä helpottaa huomattavasti valaisinhuoltoa. Turvalokeskukset koestetaan kolmen kuukauden välein kääntämällä pääkytkin nolla-asentoon jolloin keskus syöttää valaisinryhmiä akuilla. Testin kesto on puoli tuntia. Tänä aikana kierretään järjestelmän palvelemat alueet läpi ja tarkistetaan turvalaisimien toiminta, palaneet lamput vaihdetaan.

Kaapeleiden, kytkimien, pistorasioiden ja muiden kojeiden kunnossapito on jatkuvaa. Kiinteistöhuollon henkilökunta tarkkailee jatkuvasti sähkölaitteiden kuntoa silmämääräisesti. Myös muu Henkilökunta on ohjeistettu ilmoittamaan välittömästi sähköturvallisuuden vaarantavista vioista kiinteistöhuollolle.

Valaisinhuolto on jatkuvaa, palaneet lamput vaihdetaan uusiin mahdollisimman pian. Yleisiin tiloihin suoritetaan lamppujen massavaihtoja, jotta välttyttäisiin toistuvilta lampun vaihdoilta samalle alueelle. Valaisimien kiinnitystä ja kuntoa tarkkaillaan myös jatkuvasti.

## 8. LÄÄKINTÄTILOJEN SÄHKÖLAITTEISTOJEN KUNNOSSAPITO-OHJELMA

Lääkintätilojen sähköasennuksille asetetaan tiukempia vaatimuksia kuin normaalien rakennusten sähköasennuksille. Tiukempien vaatimusten takana on potilasturvallisuuden takaaminen sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytettäessä. /7/

Standardi SFS-6000 asettaa luvussa 710.62 seuraavat vaatimukset lääkintätilojen kunnossapitotarkastuksille:

- syötönvaihtoautomatiikan toimintakoe vuoden välein
- eristystilan valvontalaitteiden ja lääkintä IT-järjestelmän muuntajan ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakoe vuoden välein
- suojalaitteiden asettelun tarkastus silmämääräisesti vuoden välein
- lisäpotentiaalintasauksen mittaus 6 vuoden välein
- potentiaalintasauksen liitosten tarkastus 6 vuoden välein
- dieselgeneraattorin toiminta kuukausittain käyntilämpöiseksi
- akuilla syötettyjen turvasyöttöjärjestelmien toimintakoe vuoden välein
- dieselgeneraattorin tunnin mittainen kuormituskoe 50% - 100% mitoitusasteesta
- kuormituskoe akuilla syötetyille turvasyöttöjärjestelmille 3 vuoden välein
- vikavirtasuojien toimintakoe IDN:n mukaisella vikavirralla, omalla testipainikkeella vuoden välein ja mittaamalla 6 vuoden välein
- vikavirtavaltajärjestelmän toiminnan testaus ja säätö 6 vuoden välein.

Näiden vaatimusten pohjalta tein lääkintätilojen kunnossapito-ohjelman ODL hyvinvointikeskuksen G1- ja G2-tiloihin.

Lääkintätilat ryhmitellään sen mukaan, miten sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytetään. Lääkintätilat on jaettu kolmeen ryhmään G0, G1 ja G2. Ryhmällä G1 tarkoitetaan lääkintätilaa, jossa sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti, ei kuitenkaan sydämenläheisesti. Kaikkein vaativin ryhmä on ryhmä G2, jossa sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää

sellaisiin sovelluksiin, joissa sähkönsyötön katkeaminen voi aiheuttaa hengenvaaran. Tällaisia ovat sydämenläheiset toiminnot, leikkaussalikäytöt ja tehohoidot. Lääkintätilan ryhmittely täytyy tehdä yhteistyössä lääkintähenkilökunnan ja kyseisen terveydenhuolto-organisaation kanssa. Lääkintätilojen kunnossapito-ohjelmassa käsitellään vain ryhmiä G1 ja G2. Ryhmä G0 sisältyy normaalin sähkölaitteiston kunnossapito-ohjelmaan. /7/

Lääkintätilojen kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet jakautuvat yhden ja kuuden vuoden välein suoritettaviin tehtäviin. Sähkölaitteiston kunto arvioidaan lääkintätiloissa mittauksilla, koestuksilla, havainnoimalla ja kuormituskokeilla. Lisäksi viiden vuoden välein tiloille suoritetaan valtuutetun tarkastuslaitoksen suorittama määräaikaistarkastus. Lääkintätiloissa tehtävät kunnossapito toimenpiteet on tehtävä erityisen huolellisesti, koska ne ovat käytössä olosuhteissa, joissa pieniäkään virheitä tai puutteita ei voida sallia käyttöturvallisuustason laskematta. Pienetkin virheet ja puutteet asennuksissa voivat olla kohtalokkaita hoidettaville potilaille.

## **8.1. G1- tilat**

G1-tiloissa kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet jakautuvat vuoden ja kuuden vuoden välein tehtäviin toimenpiteisiin. Vuoden välein suoritettava toimenpide on vikavirtasuojien toiminnan tarkastaminen vikavirtasuojan omalla testipainikkeella.

Kuuden vuoden välein vikavirtasuojien toiminta testataan mittaamalla. Mittauksien ajankohta ja tulokset kirjataan tarkoituksen mukaiseen pöytäkirjaan. Mittaustuloksia verrataan aikaisempien mittauksien arvoihin.

Potentiaalintasauksen liitosten tarkastus ja lisäpotentiaalintasauksen mittaus suoritetaan kuuden vuoden välein. Mittalaitteena käytetään konedirektiivin mukaista mittalaitetta jonka mittausvirta on 10 ampeeria. Mittauksien ajankohta ja tulokset kirjataan liitteen 9 mukaiseen pöytäkirjaan. Mittaustuloksia verrataan aikaisempien mittauksien arvoihin.

## 8.2. G2- tilat

G2-tiloissa kunnossapito-ohjelman mukaisia tarkastuksia, testauksia ja mittauksia suoritetaan yhden ja kuuden vuoden välein.

Vuoden välein suoritettava toimenpide on vikavirtasuojien toiminnan tarkastaminen vikavirtasuojan omalla testipainikkeella. Kuuden vuoden välein vikavirtasuojien toiminta testataan mittaamalla. Testauksien ja mittauksien ajankohta ja tulokset kirjataan liitteen 10 mukaiseen pöytäkirjaan. Mittalaitteena käytetään mittaukseen soveltuvaa mittalaitetta.

Eristystason ja linjavalvontakojeen toimintakoe suoritetaan vuodenvälein. Eristystason ja linjavalvontakojeen valvontakojeelle toimintakoe suoritetaan laitteiden valmistajan ohjeiden mukaisesti, laitteiden käyttöohjeet on esitetty liitteessä 11. Testauksen ajankohta ja tulokset kirjataan liitteen 12 mukaiseen pöytäkirjaan.

Vuoden välein suoritetaan lääkintä IT-järjestelmien muuntajille ylikuormitusvalvontalaitteiden toimikoe. Koe suoritetaan käyttämällä vastuskuormaa. Toimintakokeesta täytetään liitteen 13 mukainen pöytäkirja johon kirjataan testauksen ajankohta ja tulokset. Ylikuormitusvalvontalaitteen jatkohälytyksen siirtyminen kiinteistöhuoltoon tulee varmistaa.

Potentiaalintasauksen liitosten tarkastus ja lisäpotentiaalintasauksen mittaus suoritetaan kuuden vuoden välein. Mittalaitteena käytetään konedirektiivin mukaista mittalaitetta jonka mittausvirta on 10 ampeeria. Mittauksissa tulee huomioida että johtimien ja liitosten resistanssi lisäpotentiaalintasauskiskon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimien tai muiden johtavien osien välillä ei saa olla suurempi kuin  $0,2 \Omega$ . Mittauksien ajankohta ja tulokset kirjataan tarkoitukseen laadittuihin pöytäkirjoihin. Mittaustuloksia verrataan aikaisempien mittauksien arvoihin.

Muita vuosittain suoritettavia kunnossapito-ohjelman mukaisia tarkastuksia G2-tiloissa ovat:

- kaapelihyllyjen ja kourujen kiinnitykset ja kunto
- pintajohtojen kiinnitykset ja kunto
- läpivientien tiivydet
- pistorasioiden ja kytkimien kiinnitykset ja kunto
- muiden kojeiden kiinnitykset ja kunto
- valaisimien kiinnitykset, kunto, valonlähde ja puhtaus.

### **8.3. Turvasyöttöjärjestelmät**

G1- ja G2-tiloihin liittyville turvasyöttöjärjestelmille suoritetaan toimintakokeita vuoden välein.

Dieselgeneraattorille suoritetaan syötönvaihtoautomatiikan toimintakoe vuoden välein. Toimintakoe suoritetaan liitteen 14 mukaisesti. Toimintakokeesta täytetään liitteen 14 mukainen pöytäkirja. Toimintakokeen yhteydessä suoritetaan tunnin mittainen kuormituskoe täydellä kuormalla.

UPS-laitteille suoritetaan toimintakoe ja kuormituskoe vuoden välein. Laitteilla ajetaan itse testausohjelma valmistajan ohjeen mukaisesti. Kuormituskoe suoritetaan poistamalla UPS: a syöttävä sulake ja kuormittamalla laitetta vastuskuormalla vähintään 50 %:la UPS:n nimellistehosta 15 minuutin ajan. Toiminta- ja kuormituskokeesta pidetään pöytäkirjaa.

## 9. YHTEENVETO

Jakeluverkon vaatimustenmukaisuus lääkintätiloja sisältävässä kiinteistössä on tärkeää. Nopean poiskytkennän, jännitteen hyvän laadun ja toteutuvan verkon selektiivisyyden avulla voidaan taata henkilökunnan käyttöön ongelmaton ja turvallinen sähkölaitteisto. Lisäksi potilasturvallisuus on parhaimmalla mahdollisella tasolla kun jakeluverkon osat täyttävät niille asetetut vaatimukset.

Kunnossapito-ohjelman suurin tarkoitus on, että sähkölaitteisto pysyy asian mukaisessa kunnossa ja suunnitelmien mukaisena. Kunnossapito-ohjelman mukaisesti toimittaessa sähkölaitteistot pysyvät hyvässä kunnossa jolloin sähkönjakelu tapahtuu ilman turhia häiriöitä. Sähkönjakelun kannalta tärkeimpiä huoltokohteita ovat jakelumuuntajat sekä pää- ja nousukeskukset.

Kunnossapito-ohjelman mukaiset tehtävät jakautuvat ennakoivaan ja korjaavaan kunnossapitoon. Ennakoivaa kunnossapitoa ovat mittauksin ja puhdistuksin suoritettavat toimenpiteet. Esimerkkinä kojeiston lämpötilamittauksilla pystytään havaitsemaan löysät liitokset ja korjaavat toimenpiteet voidaan aloittaa suunnitellusti ennen kuin koje vaurioituu ja aiheuttaa häiriön sähkön jakeluun. Korjaava kunnossapito suoritetaan jatkuvasti, henkilökunta ilmoittaa työilmoitusjärjestelmän kautta havaitsemansa viat ja puutteet, sekä kiinteistöhuollon henkilökunta suorittaa jatkuvaa silmämääräistä tarkastelua sähkölaitteiden kunnosta.

Sähköverkonselvityksen osuus koko työstä oli todella laaja. Ajallisesti se vei suurimman osan työhön käyttämästäni ajasta. Selvityksen tekeminen vaati koko jakeluverkon tarkan läpikäymisen puutteellisten dokumenttien takia. Toisaalta tämä oli hyvä asia, nyt tärkeät dokumentit ovat ajan tasalla ja luotettavat. Myös jakeluverkon monimutkaisuus hankaloitti oikosulkuvirtojen ja jännitteen alenemien laskentaa. Oikosulkuvirtojen laskenta olisi voitu suorittaa monimutkaisemmalla ja tarkemmalla tavalla. Jakeluverkon laajuuden takia päädyttiin yksinkertaisempaan laskentatapaan, jolla päästiin tarpeeksi tarkkoihin tuloksiin jotta voitiin arvioida verkon selektiivisyyttä ja nopean poiskytkennäehtojen toteutumista.

Tavoitteita kunnossapito-ohjelmalla oli selkeys, toimivuus ja ohjelman pitäminen kohtuullisen yksinkertaisena. Yksinkertaisuudella tarkoitetaan, että kunnossapito-ohjelman tarkastukset ja tehtävät ovat vain tarpeellisia ja helposti toteutettavissa eivätkä vaadi mitään suuria erityisjärjestelyitä. Näin voidaan varmistaa, että ohjelman kohdat tulevat oikeasti tehdyiksi eikä vain kuitata tehdyiksi. Kunnossapito-ohjelman rakenne on selkeä ja informatiivinen sen pohjalta täysin ulkopuolinenkin taho pystyy suorittamaan ohjelman mukaiset tarkastukset ja tehtävät ilman opastusta.

Tulevaisuudessa kunnossapito-ohjelmaa kannattaisi alkaa kehittää sähköiseen muotoon johonkin kiinteistöhuollonohjausjärjestelmään, koska sähköverkon selvityksen yhteydessä paljastui paljon puutteita ja virheitä loppudokumenteissa. Jatkossa tullaan kiinnittämään enemmän huomiota olemassa olevien kiinteistöjen loppu dokumenttien sisältöön sekä uudiskohteiden dokumentointiin. Sähköverkon selvityksen yhteydessä korjatut dokumentit tulostutetaan paperiversioiksi ja toimitetaan tarvittaviin paikkoihin.

## 10. LÄHDELUETTELO

/1/ ABB, Kahvasulakkeet esite, [WWW-dokumentti]

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/\\$file/1SCC317002C1801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/$file/1SCC317002C1801.pdf), 5.4.2012

/2/ Hager, Johdonsuojakatkaisijat esite, [WWW-dokumentti]

[http://www.utupowel.fi/files/utupowel.fi/attachments/PDF/hager/tekniset\\_tiedot/6\\_johdonsuojat\\_t.pdf](http://www.utupowel.fi/files/utupowel.fi/attachments/PDF/hager/tekniset_tiedot/6_johdonsuojat_t.pdf), 5.4.2012

/3/ Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä, (517/1996)

/4/ Lakervi, Erkki, Partanen, Jarmo, Sähkönjakelutekniikka, 2.uud.painos, Otatiето, 2008

/5/ PPO- Elektroniikka Oy, LC-6 käyttöohje, [WWW-dokumentti],

[http://www.ppo-elektroniikka.fi/pdfs/lc-6\\_kayttoohje.pdf](http://www.ppo-elektroniikka.fi/pdfs/lc-6_kayttoohje.pdf), 5.4.2012

/6/ PPO- Elektroniikka Oy, MEV-4 käyttöohje, [WWW-dokumentti],

[http://www.ppo-elektroniikka.fi/pdfs/mev-4\\_kayttoohje.pdf](http://www.ppo-elektroniikka.fi/pdfs/mev-4_kayttoohje.pdf), 5.4.2012

/7/ STUL, D1-2009, 15. painos, Painokurki Oy, 2009

/8/ STUL, Maadoitusopas, Painokurki Oy, 2008

/9/ STUL, Sähköasennusopas, 2.korjattu painos, Painokurki Oy, 2001

/10/ Suomen standardisoimisliitto, SFS- Käsikirja 600, 1.painos, SFS, 2007-10

/11/ Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410

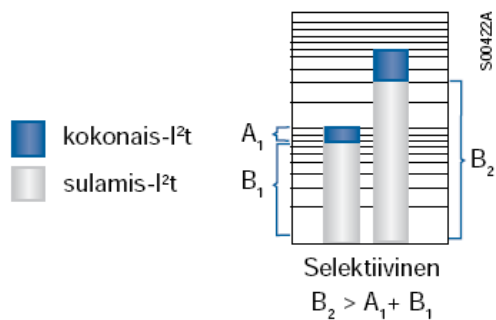
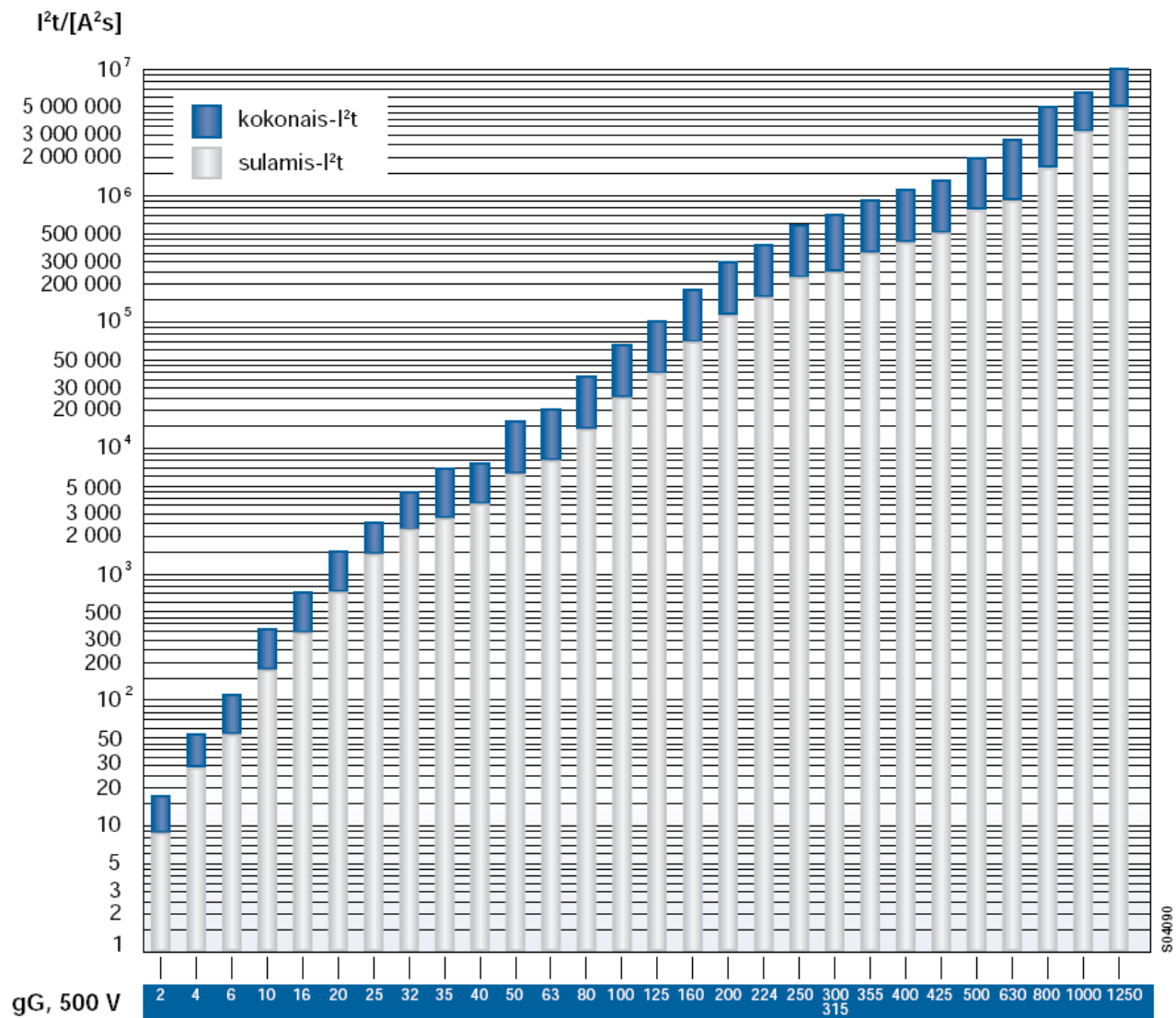


/12/ TMC Transformers, Asennusohje, MIFIN09-03, 2003

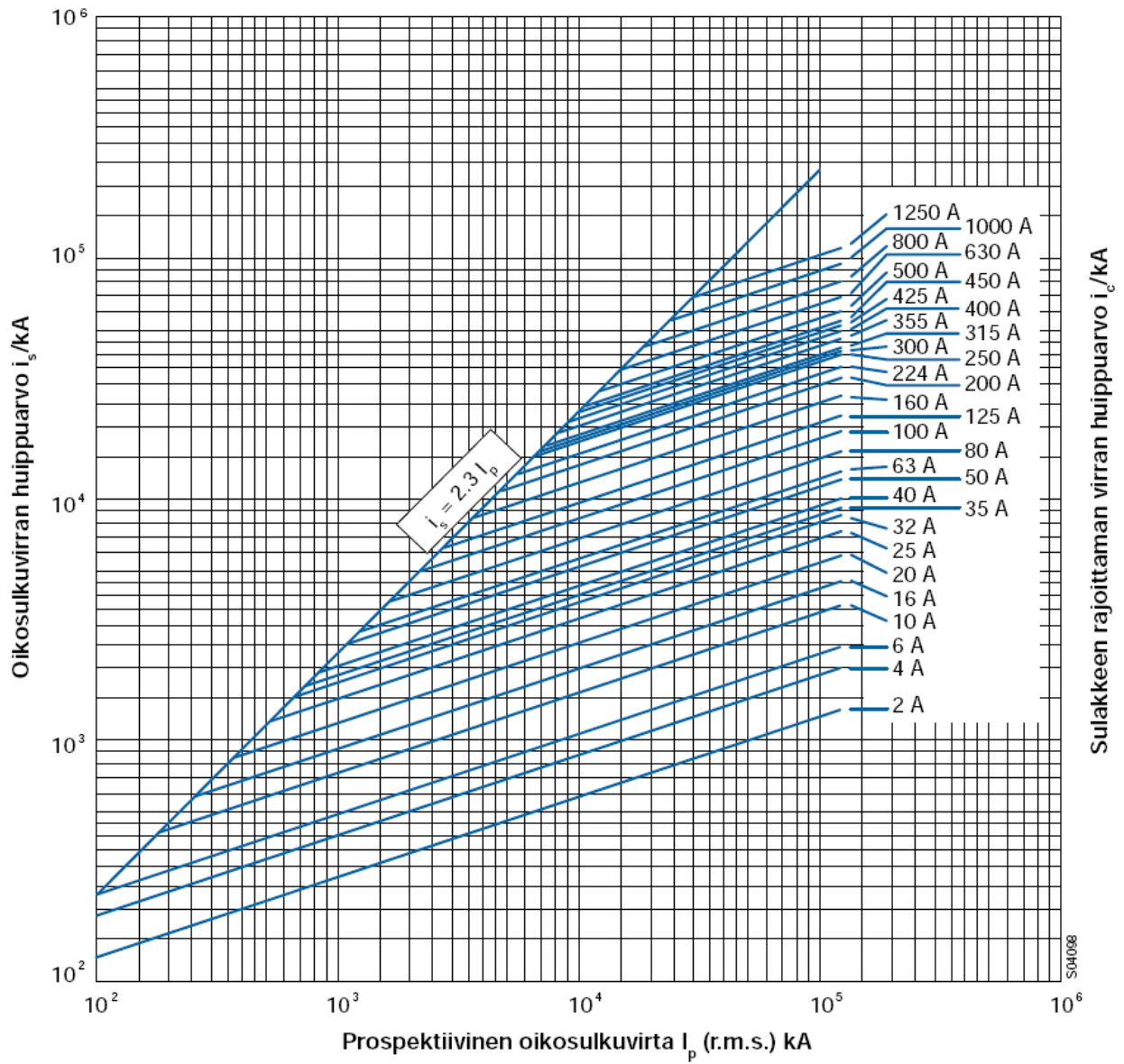
## 11. LIITELUETTELO

Liite 1	Keskijännitekojeiston periaatekaavio ja kennokohtainen varusteluettelo
Liite 2	Nousujohtokaaviot
Liite 3	Sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden selektiivisyys taulukko
Liite 4	Dieselgeneraattorin tekniset tiedot
Liite 5	Kaapeleiden teknisiä arvoja
Liite 6	Huolto- ja kunnossapito-ohjelmat
Liite 7	Maadoituksen periaatekaavio
Liite 8	Dieselgeneraattorin koeajopöytäkirja
Liite 9	Lisäpotentiaalintasauksen mittaukset G1 tiloissa
Liite 10	Vikavirtasuojien koestuspöytäkirja G2 tiloissa
Liite 11	MEV-4 ja LC-6 käyttöohjeet
Liite 12	Eristystason ja linjavalvonnan toimintakokeen pöytäkirja
Liite 13	Ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakokeen pöytäkirja
Liite 14	Dieselgeneraattorin syötönvaihtoautomaatiikan toimintakoe
Liite 15	Suojalaitteiden vaatimat pienimmät oikosulkuvirrat automaattiselle poiskytkennällä

OFAF kahvasulakkeiden selektiivisyys taulukko /1/



OFAF kahvasulakkeiden virranrajoituskyky /1/



S04088

## Johdonsuojakatkaisijoiden laukaisuominaisuudet /2/

Johdonsuojakatkaisijoiden laukaisuominaisuudet  
(määritelty ympäristölämpötilassa 30°C)

Normit	Laukaisukäyrä	Terminen laukaisu			Sähkömagneettinen laukaisu		
		pieni koestusvirta $I_1$	suuri koestusvirta $I_2$	Laukaisuaika	pitää	laukaisee	Laukaisuaika
DIN VDE 0641 osa 11 / 8.92 EN 60 898	B	$1,13 \times I_n$	$1,45 \times I_n$	> 1 h < 1 h	$3 \times I_n$	$5 \times I_n$	> 0,1 s < 0,1 s
	C	$1,13 \times I_n$	$1,45 \times I_n$	> 1 h < 1 h	$5 \times I_n$	$10 \times I_n$	> 0,1 s < 0,1 s
IEC 947-2	D	$1,13 \times I_n$	$1,45 \times I_n$	> 1 h < 1 h	$10 \times I_n$	$20 \times I_n$	> 0,1 s < 0,1 s

## Johdonsuojakatkaisijan selektiivisyys etusulakkeeseen nähden /2/

Oikosulkuselektiivisyys etusulakkeeseen nähden  
(Selektiivisyys on voimassa annettuihin oikosulkuvirtoihin kA asti)

Sarja	Nime lis- katk. kyky	$I_n$	Sulake gL / gl NH00										Sulake gL / gl Diazed					
			25 A	32 A	35 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125A	160A	25 A	35 A	50 A	63 A	80 A	100 A
MBS MBN	6 kA	6 A	0,58	0,94	1,2	1,5	2,1	2,7	4	T	T	T	1,1	2,4	4,7	6	6	6
		10 A	0,5	0,8	1	1,2	1,7	2,2	3,1	T	T	T	0,9	1,7	3	6	6	6
		13 A	0,42	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1,5	2,8	5,1	6	6
		16 A	0,42	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1,4	2,6	4,9	5,8	6
		20 A	0,35	0,54	0,7	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	2,3	4,1	5	6
		25 A	-	0,54	0,7	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	2,1	3,8	4,1	6
		32 A	-	-	-	0,8	1,1	1,5	2	4	T	T	-	-	1,9	3,2	3,8	6
		40 A	-	-	-	-	1,1	1,5	2	4	T	T	-	-	-	2,8	3,1	5,8
		50 A	-	-	-	-	-	1,3	1,9	3,7	T	T	-	-	-	-	2,3	5,2
		63 A	-	-	-	-	-	1,9	3,7	T	T	-	-	-	-	-	4,3	
MCS MCN	6 kA	0,5 A	1,1	1,9	2,7	3,8	T	T	T	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		1 A	0,85	1,4	1,8	2,5	4	5,5	T	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		2 A	0,85	1,4	1,8	2,5	4	5,5	T	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		3 A	0,68	1,1	1,4	1,8	2,7	3,8	5,6	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		4 A	0,68	1,1	1,4	1,8	2,7	3,8	5,6	T	T	T	-	-	-	-	-	-
		6 A	0,58	0,94	1,2	1,5	2,1	2,7	4	T	T	T	1	2	4,5	6	6	6
		10 A	0,5	0,8	1	1,2	1,7	2,2	3,1	T	T	T	0,7	1,4	3,2	6	6	6
		13 A	0,42	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1,1	2,6	4,8	5,7	6
		16 A	-	0,67	0,85	1,05	1,4	1,9	2,6	5,3	T	T	-	1	2,4	4,6	5,2	5,5
		20 A	-	-	0,7	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	2,1	4,4	4,8	5,5
		25 A	-	-	-	0,9	1,2	1,6	2,2	4,4	T	T	-	-	1,8	3,4	3,8	4,7
		32 A	-	-	-	-	-	1,5	6	4	T	T	-	-	-	2,8	3,5	4
		40 A	-	-	-	-	-	1,5	6	4	T	T	-	-	-	1,9	2,8	3,8
		50 A	-	-	-	-	-	-	6	3,7	T	T	-	-	-	-	-	3,5
63 A	-	-	-	-	-	-	6	3,7	T	T	-	-	-	-	-	-		

## Kaapeleiden resistanssit, reaktanssit ja impedanssit lämpötilassa 80 °C

Kaapeli	Kaapelin Rv [ $\Omega$ ]/km	Kaapelin Xv [ $\Omega$ ]/km	Kaapelin Zv [ $\Omega$ ]/km
MCMK 4x6+6	3,660	0,100	3,660
MCMK 4x10+10	2,244	0,094	2,246
MCMK 4x16+16	1,415	0,090	1,418
MCMK 4x35+16	0,652	0,083	0,657
MCMK 4x120+70	0,195	0,080	0,211
MCMK 4x185+95	0,125	0,080	0,148
2xMCMK 4x120+70	0,098	0,040	0,106
MCMK 4x240+120	0,095	0,079	0,124
AMCMK 4x35+16	1,086	0,083	1,089
AMCMK 4x70+21	0,551	0,082	0,557
AMCMK 4x95+29	0,398	0,082	0,406
2xAMCMK 4x185+57	0,104	0,040	0,111
2xAMCMK 4x240+72	0,081	0,040	0,090
FRHF 4x70+35	0,336	0,082	0,346
FRHF 4x185+95	0,125	0,080	0,148

### Automaattisen poiskytkennän vaatimat pienimmät oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoilla

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1 000
125	625	781,3	1250	1 562,5

### Automaattisen poiskytkennän vaatimat pienimmät oikosulkuvirrat gG sulakkeilla

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375