

Sähkölämmityskeskuksen saneeraus, suunnittelu ja toteutus

Kimmo Hahtimaa

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää perhettäni pitkäjänteisyydestä opinnäytetyön ja koko opiskelujeni ajan. Erityiskiitokset Jarkko Hapolle sekä Kimmo Pohjolalle, jotka tekivät tämän opinnäytetyön mahdollistamiseksi.

Haukiputaalla 7.5.2013

Kimmo Hahtimaa

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Kimmo Hahtimaa
Opinnäytetyön nimi:	Sähkölämmityskeskuksen saneeraus, suunnittelu ja toteutus
Sivuja (joista liitesivuja):	57 (55)
Päiväys:	7.5.2013
Opinnäytetyön ohjaaja(t):	DI Jaakko Etto Kemi-Tornion AMK Jarkko Happo Eltel Networks Pohjoinen Oy Kimmo Pohjola Fortum Power and Heat Oy
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa Fortum Power and Heat Oy:n omistaman vesivoimalaitoksen vanhan sähkölämmityskeskuksen tilalle uusi nykystandardit täyttävä sähkölämmityskeskus. Vanha keskus on elinkaarensa päässä ja sähköturvallisesti vaarallinen. Tavoitteena oli suunnitella keskuksen vaihto ja asennustyö sekä tehdä tarvittavat dokumentit asennuksesta ja käyttöönosta. Varsinainen asennus ja käyttöönotto toteutettiin suunniteltujen dokumenttien perusteella.</p> <p>Työssä tutustuttiin kojeistoihin ja kojeisiin, oikosulkuvirtaan sekä keskuksen-, kojeiden- ja kaapeleidenmitoitukseen. Työssä suunniteltiin myös keskuksen hankintaa ja toteutusta varten pääkaavio sekä piiri- ja johdotuskaaviot keskuksen lähdeistä.</p> <p>Työssä käytiin läpi asennuksen ja käyttöönoton yhteydessä tehtävät tarkastukset ja mittaukset. Työn suunnitelmaa verrattiin toteutukseen, tarkasteltiin kuinka hyvin suunnitelman pohjalta keskus ja kaapelointi voitiin toteuttaa sekä tehtiin dokumentoidut kuvat Fortumille.</p> <p>Työn alussa tutkittiin olemassa olevia piirustuksia keskukselta ja kartoitettiin laitteet, joita keskus syöttää. Tilaajalle tehtiin keskuksen asennuksesta sekä kaapeloinneista työselostus. Kaikki keskuksen syöttämät laitteet pysyivät ennallaan tai ainakin tehoiltaan samoina. Suunnitelman ja selvittelyjen perusteella työstä muodostettiin kustannusarvio, jonka avulla tehdään työn asennus- ja purkutyöt.</p>	
Asiasanat: lämmityskeskus, mitoitus, saneeraus.	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Electrical Engineering
Author(s):	Kimmo Hahtimaa
Thesis title:	Electrical Center Renovation, Design and Installation
Pages (of which appendixes):	57 (55)
Date:	7 May 2013
Thesis instructor(s):	Jaakko Etto, MSc (tech.) Jarkko Hoppo, Eltel Networks Pohjoinen Oy Kimmo Pohjola, Fortum Power and Heat Oy
<p>The aim of this study was to design and dimension a new electric heating center, meeting modern standards, for a hydroelectric power plant owned by Fortum Power and Heat Oy, to replace an old electric heating center. The old center has reached the end of its life cycle and no longer meets electrical safety standards. The aim here was to design the replacement and installation of the new center, as well as the compilation of the required documents of installation and commissioning. The installation and commissioning was then carried out on the basis of the documentation produced.</p> <p>Part of this study involved learning to understand the relevant apparatus and instruments, short-circuit current, as well as the dimensioning of the center, instruments and cables. This study also comprised, for the purpose of acquisition and execution of the center, the planning of the main chart and the circuitry and wiring of center outputs.</p> <p>For this study, the surveys and measurements performed in conjunction with the installation and commissioning have also been covered. The planned procedures were compared with the actual implementation, including comparisons between how well the center and cabling could be implemented based on the original plan, and the circuitry was documented for Fortum.</p> <p>The study began with the examination of the existing diagrams of the centre and mapping out devices that are fed by the center. A report on the installation and cabling of the center was supplied to commissioner. All equipment fed by the center remained the same, or at least the same in terms of power. Based on the detailed plan and investigations produced in this study, a cost estimate for the installation and demolition work was constructed.</p>	
Key words: Electrical center, renovation, dimensioning.	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 VOIMALAITOKSEN HISTORIA	8
2.1 Oulujoki Oy:n perustaminen	8
2.2 Pällin rakentaminen.....	9
3 SÄHKÖKESKUKSET.....	10
3.1 Keskuksen rakenne.....	10
3.1.1 Keskuksen asennus.....	11
3.1.2 Keskuksen huolto.....	11
3.2 Keskuksen erottaminen jännitteettömäksi.....	11
4 MITOITUS JA SUOJAUS.....	12
4.1 Turvallisuus.....	12
4.2 Automaattinen poiskytkentä.....	12
4.3 Oikosulkusuojaus	13
4.4 Ylikuormitussuojaus	14
4.5 Sulakkeellinen ja sulakkeeton suojaus	15
4.5.1 Tulppasulakkeet	17
4.5.2 Kahvasulakkeet.....	17
4.5.3 Lämpörele	17
4.6 Vikavirtasuojaus.....	17
4.6 Potentialintasaus	19
4,7 Maadoitukset	19
4.8 Selektiivisyys	20
5 VANHA LÄMMITYSKESKUS	23
5.1 Keskuksen lähdöt	25
5.1.1 Lattialämmitys	25
5.1.2 Poistoimurit	26
5.1.3 Ilmalämmitys.....	27
5.2 Lämpeneminen.....	29
5.2.1 Lämpökuvaus	29

5.2.2 Lämpökuvat.....	30
6 UUDEN LÄMMITYSKESKUKSEN SUUNNITTELU	32
6.1 Tehon mitoitus	32
6.2 Nousujohto	33
6.3.1 Maksimioikosulkuvirran määrittäminen.....	35
6.3.2 Minimioikosulkuvirran määrittäminen.....	36
6.3.3 Termisen oikosulkuvirran määrittäminen	37
6.4 Pääkaavion sekä piiri- ja johdotuskuvien piirto.....	37
6.5 Komponenttien valinta.....	38
6.6 Kaapelien valinta.....	38
6.6.1 Poikkiopinnot	39
6.6.2 Jännitteenalenema	39
6.6.3 Lämpötilanvaikutus.....	41
6.7 Kaapelireitit.....	41
7 TARJOUSLASKENTA	43
7.1 Keskuksen kustannusarvio	43
7.2 Toteutus.....	44
8 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	46
8.1 Aistinvarainen tarkastus	46
8.2 Mittaukset.....	48
8.2.1 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus.....	48
8.2.2 Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen.....	52
8.2.3 Eristysresistanssin mittaus	54
8.3 Vikavirtasuojan toiminnan testaus	55
9 POHDINTA	57
LÄHTEET	58
LIITTEET	59

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön kohteena on Fortum Oyj:n omistama Pällin vesivoimalaitoksen sähkölämmityskeskuksen saneeraaminen. Lämmityksen keskus on alkuperäinen, se on asennettu vuonna 1955. Työssä selvitetään vanhan lämmityskeskuksen ohjaukset sekä lähtöjen laitteet ja komponentit. Selvitys työ tehtiin olemassa olevia piirustuksia ja merkkauksia hyväksikäyttäen, lisäksi myös paikan päällä tehtävien tarkastusten perusteella.

Sähkökeskus lämpenee todella paljon ja keskus sijaitsee huonossa paikassa kaapelitilassa valvomon alla. Keskus toimii 1950-luvun aikaisilla kojeilla, joten tarkoituksena on päivittää keskus nykystandardit täyttäväksi. Uusi keskus sijoitetaan uuteen paikkaan valvomoon sekä tehdään mitoitus ja laskennat keskukselle, kaapeleille ja kojeille.

Lopuksi suunnitelmasta tehdään kustannusarvio ja toteutetaan suunnitelma. Työssä käydään läpi asennuksen yhteydessä tehtävät tarkastukset ja mittaukset. Työn suunnitelmaa verrataan toteutukseen ja sen avulla todetaan kuinka hyvin suunnitelman pohjalta keskus ja kaapelointi voidaan toteuttaa.

2 VOIMALAITOKSEN HISTORIA

Fortumilla on Oulujoessa kaikkiaan 11 voimalaitosta. Lähinnä merta on Montan voimalaitos, ylempänä Oulujokea ovat Pyhäkosken, Pällin, Utasen, Ala-Utoksen, Nuojuan ja Oulujärven pohjukassa oleva Jylhämän voimalaitos. Oulujärveltä latvavesille johtavan Hyrynsalmen reitin varrella sijaitsevat vielä Leppikosken, Seitenoikean, Aittokosken ja Ämmän voimalaitokset. Tehoa näissä 1950- ja 1960-luvuilla valmistuneissa voimalaitoksissa on noin 540 megawattia. (Fortum Oy 2013, hakupäivä 5.3.2013)

Pällin vesivoimalaitos sijaitsee Muhoksen ja Utajärven kuntien rajalla. Voimalaitos on rakennettu vuosina 1949- 1953. Voimalaitoksen kokonaisteho kolmella generaattorilla on 51MW, putouskorkeutta voimalaitoksella on n. 14m. (Fortum Oy 2013, hakupäivä 5.3.2013)

2.1 Oulujoki Oy:n perustaminen

Oulujoen valjastamisessa sähkön tuotantoon oli ongelmana se, että Oulun kaupunki omisti Merikosken vesivoimalaitoksen, mutta useilla yksityisillä yhtiöillä oli omistusoikeuksia ylävirran koskivoimaan. Valtion koskitoimikunnan ja Imatran Voiman johdolla laadittiin marraskuussa 1940 sopimus, jossa valtio ja neljä yksityistä yhtiötä päättivät rakentaa yhteisesti Oulujoen kosket lukuun ottamatta Merikoskea, joka oli Oulun kaupungin oma hanke. (Ympäristö 2010, Hakupäivä 4.2.2013)

Rakentamista varten perustettiin huhtikuussa 1941 yhtiö, jolle annettiin nimeksi Oulujoki Osakeyhtiö. Alkujaan valtio oli kaavaillut rakentamista yksinomaan osittain omistamansa Imatran Voima Oy:n tehtäväksi, mutta uuteen Oulujoki-yhtiöön Imatran Voima tuli yhdeksi osakkaaksi A. Ahlström Oy:n, Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n ja Tampereen Pellava- ja Rauta- Teollisuus Oy:n kanssa. (Ympäristö 2010, Hakupäivä 4.2.2013)

Valtio oli osaomistaja Imatran Voiman kautta, ja yhtiö oli myös selvästi suurin osakas Oulujoki Oy:ssä 65,6 prosentin osuudellaan. Imatran Voiman tehtäväksi tuli myös rakentaa Oulujoelta Etelä-Suomeen voimansiirtojärjestelmä, joka sekin oli huomattavan suuri hanke. (Ympäristö 2010, Hakupäivä 4.2.2013)

2.2 Pällin rakentaminen

Suomessa oli suunniteltu vesivoiman rakennusohjelma vuosiksi 1949–1955, joten sen puitteissa käynnistettiin Oulujoki Oy:n kolmannen voimalaitoksen rakentamistyöt Muhoksen Pällissä vuoden 1950 alussa. Jo edellisvuonna siellä oli tehty työttömyystöinä alustavia rakennustöitä, kun Pyhäkoskelta oli vapautunut työmiehiä. (Ympäristö 2010, Hakupäivä 4.2.2013)

Oulujoen jatkorakentaminen organisoitiinkin lopulta kahteen rakennusryhmään, Pyhäkosken ja Jylhämän. Kuljetusyhteyksien parantamiseksi Pälliin rakennettiin rautatie ja maantie. Varsinaisen voimalaitoksen suurin maansiirtokohde oli noin 300 metriä pitkän alakanavan rakentaminen, jota oli alettu kaivaa myös vuonna 1949. (Ympäristö 2010, Hakupäivä 4.2.2013)

Edellytykset työmaan toteuttamisessa olivat parantuneet huomattavasti sodan jälkeisistä vuosista, samalla kun työnaikaiset tekniset ja suunnittelutehtävät olivat hioutuneet Pyhäkosken ja Jylhämän myötä tehokkaiksi, niinpä työt Pällissä etenivät ripeästi. Marraskuussa 1952 Pällissä vesi nostettiin 13,5 metrin padotuskorkeuteen, ja samalla siitä tuli myös tärkeä padotusallas Pyhäkosken voimalaitoksen vuorokausisäännöstelyssä. Valta-kunnanverkkoon Pällin ensimmäinen koneisto kytkettiin heinäkuussa 1953 ja toinen koneisto vielä saman vuoden joulukuussa sekä kolmas seuraavan vuoden elokuussa 1954. (Ympäristö 2010, Hakupäivä 4.2.2013)

3 SÄHKÖKESKUKSET

Sähkökeskus on rakenteellisesti vapaasti seisova kennokeskus, joka ensisijaisesti asennetaan sähkötilaan. Standardissa SFS-EN 60439-1 sähkökeskus on määritelty tarkemmin seuraavasti: ”sähkökeskus on rakennelma, jossa enintään 1000V kytkinlaitteita on yksi tai useampia sekä niihin liittyviä ohjaus-, mittaus-, suoja- ja säätölaitteita.” (SFS-EN 60439.1) Jakokeskuksia koskeva standardi asettaa keskuksille rakennevaatimuksia, joiden tarkoituksena on turvata ja taata tuotteen kestoisuus ympäristön vaikutuksia vastaan sekä tuotteen sähköiset ominaisuudet ja turvallisuus käyttö- ja huolto-ohjeiden mukaisesti toimittaessa. (Autio 2003, 11.)

Teollisuuden kohteissa käyttäjällä on usein ammattitaito, joka sallii sähkötiloja edellyttävät keskusrakenteet. Sähkötilalla tarkoitetaan huonetta tai luotettavasti aidattua aluetta, jossa on vain sähkölaitteita ja näiden apulaitteita. Yleensä näihin tiloihin pääsee vain sähkölaitteista aiheutuvan vaaran tunteva henkilö. Tällaisissa keskuksissa vaaditaan kotelointiluokkaa IP2X, tästä voidaan tinkiä käyttötoimenpiteiden aikana, mikäli noudatetaan osittaisen kosketussuojauksen ehtoja. (Autio 2003, 12.)

3.1 Keskuksen rakenne

Sähkökeskuksen rakenteen on oltava sellainen, että käyttövalmiina olevat osat on suojattu tahattomalta koskettamiselta. Tämä vaatimus tulee yleensä täytetyksi keskuksen ulkoisella koteloinnilla. (Autio 2003, 84.)

Keskuksen rakenteen tulee olla helposti hahmoteltavissa. Jos samalle keskusrungolle rakennetaan useita keskuksia, ne tulee sijoitella siten, että eri käyttötarkoituksia palvelevat keskuksset ovat selkeästi tunnistettavissa. Erotettava merkintä voidaan tehdä teipillä, kylteillä tai maalaamalla keskuksen kannet eri väreillä. Johdotusten tulee olla selkeitä keskuksessa. Eri piirit asennetaan siten, että ne voidaan tunnistaa helposti. Apupiirin johtimet kuljetetaan omassa johtotilassa tai kiskotilassa jossa ne pitää suojata. (Autio 2003, 19.)

3.1.1 Keskuksen asennus

Asennettavuudessa tärkeimpiä seikkoja ovat johtimien liittämiseen varatut tilat. Suunniteltaessa tilojen riittävyys on tärkeää, jotta liitokset voidaan tehdä turvallisesti ja luotettavasti. Pitää myös huomioida käytön aikana tehtävät vikojen etsimisessä tarvittavat pihtiampeerimittaukset on voitava tehdä helposti ja ilman vaaraa. Tilavarauksia on hyvä tehdä mahdollisten muutostöiden osalta, jos esimerkiksi pitää johtimen poikkipintaa suurentaa tai lisätä syöttöjen määrää. (Autio 2003, 20.)

3.1.2 Keskuksen huolto

Huoltojen osalta pätee pitkälti samat asiat kuin rakenteen ja asennuksen kannalta. Huolloissa ja korjaustöissä joudutaan yleensä vaihtamaan komponentteja. Komponenttivaihto huollossa on hankalampaa kuin ensi kertaa tehtaalla asennettaessa. Useimmiten esiintyvä huollon kaltainen toimenpide on sulakkeen vaihto. Varokkeet tulee sijoittaa siten, että sulakkeet on helppo vaihtaa. Vaihdoissa tulee käyttää suojauksen kannalta oikeaa sulakekokoa ja tyyppiä. (Autio 2003, 20.)

Keskuksen kunto pitää voida tarkastaa. Tarkastelemista varten tulee keskus rakentaa siten, että tarpeellisiin liitoksiin on päästävä käsiksi. Suojalaitteet kuten vikavirtasuojakytkimet ja katkaisijoiden releet tarvitsevat määräajoin tehtävän testauksen. Vikavirtasuojakytkimentestaus tehdään, ettei laukaisumekanismi jäykistyisi. Testauksen testiväli on puolen vuoden välein tai valmistajan ohjeen mukaisesti. (Autio 2003, 21.)

3.2 Keskuksen erottaminen jännitteettömäksi

Keskus on voitava erottaa jännitteettömäksi keskuksen pääkytkimellä tai keskuksen välittömästä läheisyydessä olevalla erotuskytkimellä. Pääkytkimenä toimii normaalisti kuormankytkin, joka tekee luotettavan erotuksen ja jossa on luotettava asennonosoitin. Muita mahdollisia keinoja erottaa keskus jännitteettömäksi ovat erottimet ja katkaisijat. Yleensä turvallisin ja selvin tapa saada keskus jännitteettömäksi on yhdellä pääkytkimellä toteutettu erotus. Katkaisija ei saa avautua hetkellisestä jännitekatkoksesta tai jännitteen alenemisesta. Pääkytkimen kenno pitää varustaa kilvellä ”PÄÄKYTKIN”. (Autio 2003, 12.)

4 MITOITUS JA SUOJAUS

Sähkölaitteisto on suunniteltava, rakennettava ja korjattava huomioon ottaen sähköturvallisuuslain 410 5 §:n 1 kohdan vaatimus turvallisuuden tasosta. Lisäksi sähkölaitteistojen on täytettävä turvallisuusvaatimukset ja otettava huomioon Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudettavat asennustavat. (KTM 17.12/1999 1193:2 §)

Sähköturvallisuuslain 410 5 § 1 kohdassa sanotaan:

”Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa.” (Sähköturvallisuuslaki 14.6/1996 410:5 §)

4.1 Turvallisuus

Peruseriaate suojaamisessa sähköiskuilta on, että jännitteiset osat eivät saa olla kosketeltavissa, ja kosketeltavat johtavat osat eivät saa tulla vaarallisesti jännitteisiksi. (SFS 6000-4-41)

Sähköturvallisuudessa kysymys on mekaanisesta ja termisestä turvallisuudesta. Mekaanisen turvallisuuden selvittäminen ja siitä huolehtiminen on mahdollista vielä jälkikäteenkin, mutta hyvä suunnittelu ja työn toteutuksen ennakkosuunnittelu sekä oikein valittu asennusreitti on edullisin tapa hoitaa asia kerralla kuntoon. (ST 35, 61.)

Hyvään termiseen turvallisuuteen pyrittäessä otetaan huomioon johdon lämpeneminen kuormitus- ja oikosulkutilanteessa. Näihin molempiin on vaikutusta esimerkiksi valitulla asennusreitillä, ympäristön lämpötilalla ja lämpöeristerakenteissa olevilla läpiviennillä. (ST 35, 61.)

4.2 Automaattinen poiskytkentä

Tärkein vikasuojausmenetelmä on syötön automaattinen poiskytkentä. Suojausmenetelmään kuuluvat suunniteltu vikavirtapiiri sekä suojalaite, joka toimii vaaditussa ajassa. (ST 53.52, 2.)

Automaattisella poiskytkennällä tarkoitetaan käytännössä sitä, että vikatilanteessa oikosulkuvirta kasvaa niin suureksi, että suojaava laite toimii riittävän nopeasti. Oikosulkukestoisuudella taas tarkoitetaan sitä, että laitteet ja komponentit kestävät oikosulkuvirran suuruuden rikkoutumatta. (Ekholm 2010, Liite 1, 8.)

4.3 Oikosulkusuojaus

Oikosulku on kahden tai useamman virtajohtimen välinen pieni-impedanssinen eristysvika. Yksivaiheisessa oikosulussa sattuu yhden äärijohtimen ja nollajohtimen välillä. Monivaiheisessa oikosulussa eristysvika tapahtuu kahden tai useamman äärijohtimen välillä.

Oikosulkusuojuksella pyritään kytkemään pois vikaantunut virtapiiri mahdollisimman nopeasti, niin ettei aiheudu sähköiskun vaaraa ihmisille, eläimille tai omaisuudelle. Jokainen virtapiiri on varustettava oikosulkusuojuksella, joka katkaisee piirin oikosulkuvirran, ennen kuin se aiheuttaa johtimissa ja liitoksissa lämpö- ja mekaanisista vaikutuksista johtuvaa vaaraa. (ST 53.14, 4.)

Oikosulkuvirtojen hallinnalla on keskeinen merkitys erityisesti teollisuuden sähkönjakeluverkoissa, joissa etäisyydet ovat lyhyitä ja oikosulkuvirrat kaikkialla suuria. Teollisuuslaitosten jakeluverkkoihin on yleensä liitetty suuria muuntajia, omia generaattoreita ja paljon muita pyöriviä sähkömoottoreita. Muuntajien, generaattoreiden ja sähkömoottoreiden takia oikosulkuvirrat pyrkivät kasvamaan suuriksi. Toisaalta oikosulkuvirtojen olisi hyvä olla mahdollisimman pieniä, jotta voidaan taata sähkölaitteille turvallinen toiminta ja välttää niiden vaurioituminen. (Huotari & Partanen 1998, 1.)

Sähköjakeluverkon kaikkien osien on kestettävä oikosulkuvirtojen termiset ja sähködynaamiset eli mekaaniset vaikutukset. Niiden määrittämistä ja oikosulkusuojuksen suunnittelua varten on tunnettava oikosulkuvirtojen suuruus verkon eri osissa. Suojuksen kannalta on tärkeää tuntea oikosulkuvirtojen suuruus erilaisissa syöttötilanteissa suunnittelu hetkellä. Mitoituksen kannalta on oikosulkuvirtojen määrittämisessä otettava huomioon tulevaisuudessa tapahtuva kehitys. (Huotari & Partanen 1998, 1.)

Oikosulkusuojan on täytettävä seuraavat vaatimukset; suojalaitteen katkaisukyky ei saa olla pienempi kuin suojalaitteen asennuspaikalla esiintyvä suurin oikosulkuvirta. Poikkeuksena pienempi katkaisukyky sallitaan, jos suojalaitteen syöttöpuolella on toinen suojalaite, jonka katkaisukyky riittää. Tällaisessa tapauksessa molempien suojalaitteiden ominaisuudet on sovitettava yhteen siten, että suojalaitteiden läpi kulkeva energia ei ylitä kuormituspuolen suojalaitteen ja suojattavien johtimien vahingoittumatta kestävä arvoa. (ST 53.14, 4.)

4.4 Ylikuormitussuojaus

Jokainen virtapiiri on varustettava ylikuormitussuojalla siten, että ylikuormitusvirta katkaistaan ennen kuin lämpötila nousee niin, että eristys, jatkokset, liitokset tai johtimien ympäristö vahingoittuvat. Johdinta ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen ominaisuuksien on standardin SFS 6000 mukaan täytettävä seuraavat ehdot:

$$I_B \leq I_n \leq I_z, \quad (1)$$

missä

I_B on virtapiirin mitoitusvirta

I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus

I_n on suojalaitteen nimellisvirta.

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z, \quad (2)$$

missä

I_2 on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa

I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus.

Virran I_2 arvo, jolla suojalaite toimii tehokkaasti, on annettu laitestandardeissa tai se saadaan valmistajalta. (ST 53.14, 4.)

Sulakkeilla ylempi sulamisrajavirta (virta, jolla sulake toimii varmasti yleensä tunnissa) on suurempi kuin 1,45 kertaa sulakkeen nimellisvirta. Tällöin ylikuormitussuojaa ei voi valita suoraan johtimen kuormitettavuuden mukaan, vaan mitoituksessa on käytettävä kaavaa:

$$k \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_z, \quad (3)$$

missä

I_n on suojalaitteen nimellisvirta

I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus

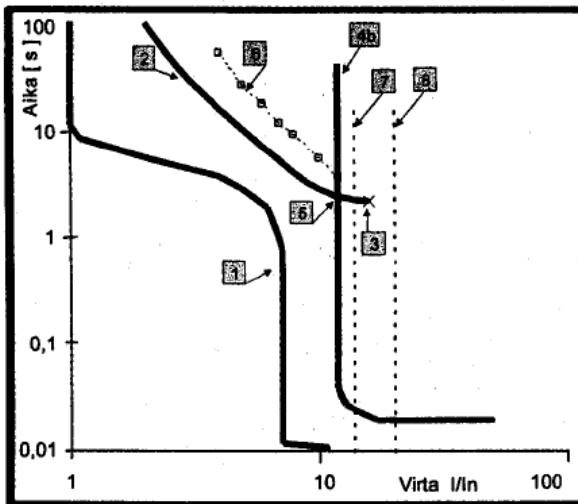
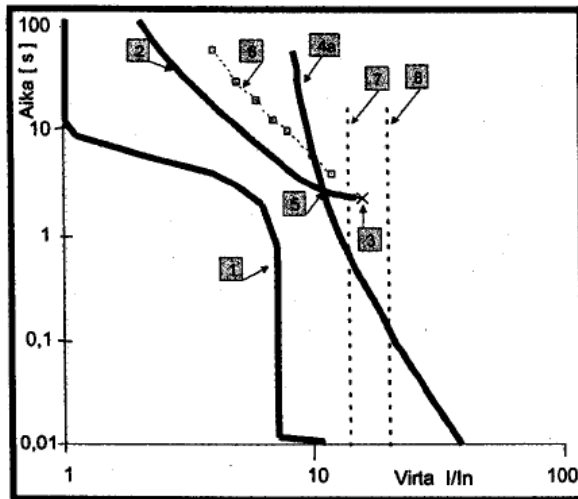
k on sulakkeen ylemmän sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde. (ST 53.14, 4.)

4.5 Sulakkeellinen ja sulakkeeton suojaus

Sulakkeita käytetään yleisesti oikosulkumoottoreiden ja käynnistimien oikosulkusuojana. Moottorikäyttöön tarkoitetuilla aM- tyyppin erikoissulakkeilla saavutetaan yleensä moottorikäytössä optimi kojevalinta. Yleistarkoitukseen tarkoitettut gG- tyyppin sulakkeet soveltuvat moottorikäyttöön, mutta valittavan sulakkeen nimellisvirta on selvästi suurempi, jolloin myös käytetyn suojalaitteen kokoa joudutaan kasvattamaan. (SFS-käsikirja 16, 65.)

Käynnistymisen kojekoordinaation epäsuoran tarkastelun kuvaajassa on esitetty sulakkeella oikosulkusuojatun käynnistin (kuvio 1). Vertailu kohtana sulakkeelliselle suojaukselle, alemmassa kuvaajassa on katkaisijalla toteutettu oikosulkusuojaus (kuvio 1). Kojeidenvallinnassa huomioidaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksen selektiivisyys. Ylikuormitustilanteissa ja jumikäynnistyksessä tulee ylikuormitussuojan toimia, kun taas oikosulkutilanteessa tulee oikosulkusuojan katkaista virta mahdollisimman nopeasti. (SFS-käsikirja 16, 65.)

Komponenttien valinnassa on otettava huomioon seuraavia asioita. Oikosulkusuojan ja ylikuormitussuojan toiminta-aika käyrien leikkauspisteen virta ei saa olla suurempi kuin kontaktorin testivirta I_{cd} . Oikosulkusuojan on toimittava ennen ylikuormitussuojan termistä kestoparajaa. Oikosulkusuojan ja ylikuormitussuojan tulee suojata kontaktori termisesti. Katkaisijan oikosulkulaukaisimen laukaisurajavirta ja laukaisuaika on mitoitettava moottorin ottaman kytkentävirtasysäyksen mukaan. Tarkastelujen jälkeen käynnistimelle suoritetaan oikosulkukokeet koevirroilla, joita ovat teoreettinen minimioikosulkuvirta ja leimattu maksimioikosulkuvirta. (SFS-käsikirja 16, 66.)



1. moottorin käynnistysvirta
2. ylikuormitussuojan toiminta-aikakäyrä
3. ylikuormitussuojan terminen kesto
- 4a. sulakkeen toiminta-aikakäyrä
- 4b. katkaisijan toiminta-aikakäyrä
5. toiminta-aikakäyrien leikkauspiste I_{co}
6. kontaktorin terminen kesto
7. kontaktorin katkaisukyky (AC3 tai AC4)
8. kontaktorin testivirta I_{cd}

Kuvio 1. Sulakkeellinen ja sulakkeeton suojaus (SFS-käsikirja 16, 65.)

Sulakkeettoman ja sulakkeellisen suojauksen suurimpana erona voidaan pitää sitä, että sulakkeiden suurin toimintarajavirta ei ole yhtä lähellä nimellisvirtaa kuin katkaisijoilla eli sulake vaatii aina johdolta enemmän kuormitettavuutta toimiakseen kuin katkaisija. Toimintarajavirrat katkaisijoilla on $1,2 - 1,45 \times I_n$ ja sulakkeilla $1,6 - 2,1 \times I_n$.

Katkaisijan parempia ominaisuuksia ovat, että ne ovat täysin kauko-ohjattavissa, ne voidaan kytkeä uudelleen vian jälkeen, hälytysten saanti on helpompaa, ne katkaisevat jokaisen navan ja niillä on paremmat lisävarustelumahdollisuudet kuin sulakkeilla. Sulakkeet puolestaan toimivat paremmin suurella jännitteellä, varsinkin moottorisuojauksessa, jossa katkaisijoiden kustannukset nousevat jännitteen noustessa. Sulakkeiden käyttö ei vaadi paljoa perehtyneisyyttä suunnittelijalta, ja selektiivisyyskin on helpompi toteuttaa kuin katkaisijoita käyttäen. (ST 53.24, 7.)

4.5.1 Tulppasulakkeet

Tulppasulakkeita voidaan käyttää ylikuormitussuojana sekä oikosulkusuojana. Tulppasulakkeen käyttöä oikosulkusuojana rajoittaa sen katkaisukyky. 500 V:n tulppasulakkeiden katkaisukyky on standardin mukaisesti 20 kA. (ST 53.14, 5.)

4.5.2 Kahvasulakkeet

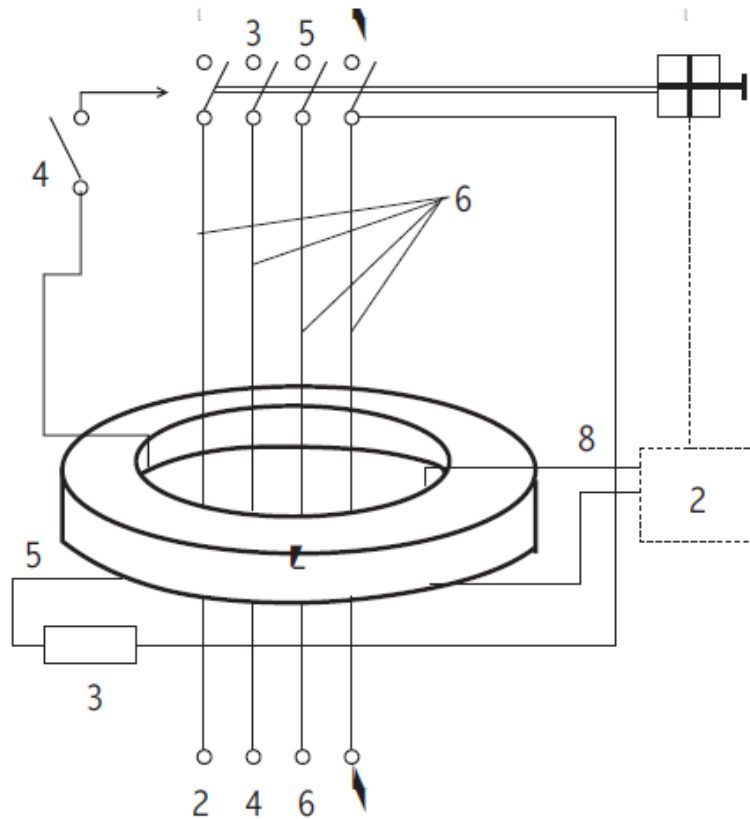
Kahvasulakkeet soveltuvat katkaisuominaisuuksien takia erittäin hyvin oikosulkusuojaksi. Niiden katkaisukyky on vähintään 50 kA, mikäli valmistaja ei ole ilmoittanut suurempaa nimelliskatkaisukykyä. Usein kahvasulakkeiden katkaisukyky on 100 kA. (ST 53.14, 5.)

4.5.3 Lämpörele

Lämpöreleet ovat sähkömekaanisia sähköpiiriin suojauslaitteita, joilla suojataan moottoreita ylikuormitukselta, jumikäynnistykseltä tai vaihevielalta. Lämpörele suojaa moottoria pitkäaikaisilta lämpötilan nousuilta. Muita erilaitteita ylikuormitussuojaukseen voidaan käyttää lämpöreleen lisäksi moottorinsuojakatkaisijaa, kompaktikatkaisijaa, yhdistelmäkäynnistimiä, sekä taajuusmuuntajaa ja pehmokäynnistintä.

4.6 Vikavirtasuojaus

Vikavirtasuojalla suojataan ihmisiä, eläimiä ja omaisuutta vaarallisilta kosketusjännitteiltä. Perussuojauksella estetään kosketusjännitteisiin osiin sähkölaitteissa, koteloinnilla ja eristyksellä, ettei laitteen kosketuksesta aiheutuisi sähköiskun vaaraa. Lisäsuojaus toteutetaan useimmin 30mA vikavirtasuojauksella, koska perussuojaus voi pettää.



1. Laukaisumekanismi
2. Rele
3. Testipiirin vastus
4. Testipainike
5. Testipiiri
6. Ensiöpiiri
7. Virtamuuntajan sydän
8. Toisiopiiri

Kuvio 2. Vikavirtasuojan rakenne (ST 53.12, 2.)

Vikavirtasuojan tärkeimmät osat (kuvio 2) ja toimintaperiaate ovat vikavirtasuojalla yksinkertaisimmillaan, summavirtamuuntajan läpi menevien virtojen (L1, L2, L3 ja N) summa on nolla, Kirchofin I lain mukaisesti. Vikavirtasuojan jälkeiseen virtapiiriin voi vian tai sähkötapaturman seurauksena syntyä L- tai N-johtimesta vuotovirta maahan tai PE- johtimeen. Tässä tapauksessa summavirta poikkeaa vuotovirran verran nolasta. Virtamuuntaja (7) indusoi toisiokäämiin (8) virran, joka laukaisee magneettireleen (2) ja laukaisumekanismin (1). Testipiirin tarkoituksena on todeta vikavirtasuojan kunto. Vikavirtasuoja tulee testata vähintään kaksi kertaa vuodessa tai valmistajan ohjeen mukaan. Testipiiriä testattaessa vikavirtasuojan on oltava jännitteinen, jotta testipiiri toimii. Vikavirtasuoja voi olla viallinen, jos piiri ei toimi. (ST 53.12, 2.)

Yksivaihekäyttöön valitaan 2-napainen ja kolmivaihekäyttöön 4-napainen suojakytkin. 4-napaista suojakytkintä voidaan käyttää myös 1-vaiheisissa kuormissa. Tässä tapauksessa vaihejohdin on kytkettävä siihen napaan, joka on yhdistetty vikavirtasuojakytkimen testivirtapiiriin. (ST 53.12, 4.)

Vikavirtasuojan nimellisvirta valitaan kuormituksen mukaan. Vikavirtasuoja ei toimi ylivirtasuojana, eikä se näin ollen laukea, vaikka sitä kuormitettaisiin nimellisvirtaa suuremmalla virralla. Vaarana ylikuormituksesta on koskettimien ja liittimien liiallinen lämpeneminen. Vikavirtasuojan perässä olevien sulakkeiden tai johdonsuojakatkaisijoiden vaihetta kohden yhteenlasketun nimellisvirran ei tule ylittää vikavirtasuojan nimellisvirtaa. Jos kuitenkin yhden vikavirtasuojan perään kytketään sen nimellisvirtaa suurempi määrä sulakkeita tai johdonsuojakatkaisijoita, on vikavirtasuojan nimellisvirran oltava vähintään yhtä suuri kuin syöttöpuolella olevan sulakkeen tai katkaisijan nimellisvirta. (ST 53.12, 4.)

4.6 Potentiaalintasaus

Olellaisena osana suojausmenetelmään kuuluu myös potentiaalintasaus. Potentiaalintasauksella pienennetään vianaikaista kosketusjännitettä. Suojalaitteen on automaattisesti kytkettävä pois syöttö piiristä tai laitteesta, jota se suojaa kosketusjännitteeltä. Poiskytkennän on tapahduttava siten, että jännitteisen osan ja jännitteelle alttiin osan tai suojamaadoitus- tai PEN -johtimen välisen vian aikana ei esiinny vaihtojännitteellä yli 50 V:n (tehollisarvo) tai sykkeettömällä tasajännitteellä yli 120 V:n kosketusjännitettä niin kauan, että siitä aiheutuisi haitallisia fysiologisia vaikutuksia henkilöön, joka koskettaa samanaikaisesti kosketeltavia johtavia osia. (ST 53.52, 2.)

4,7 Maadoitukset

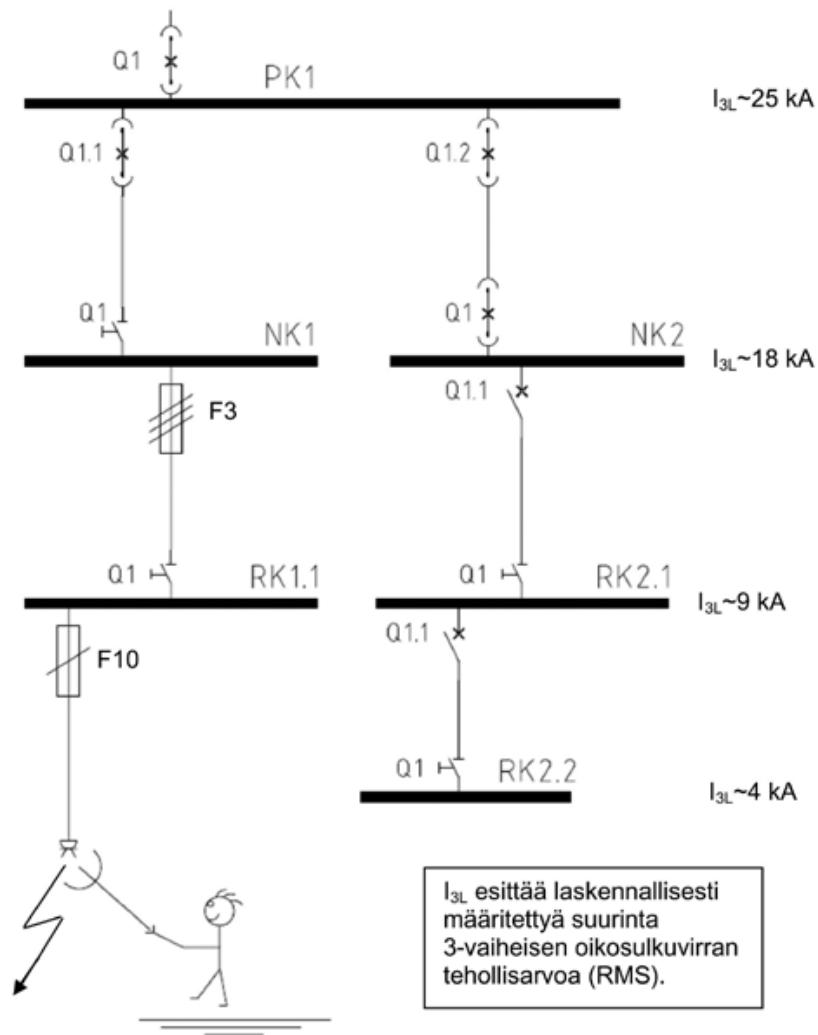
Kaikki jännitteelle alttiit osat on yhdistettävä jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen suojamaadoitus- tai PEN- johtimilla. Maadoitus pisteet on maadoitettava jokaisen muuntajan tai generaattorin luona tai niiden läheisyydessä. Yleensä jakelujärjestelmään suoraan maadoitettu piste on järjestelmän nollapiste (tähtipiste). (ST 53.52, 2.)

4.8 Selektiivisyys

Sähköverkon suojauksen selektiivisyydellä tarkoitetaan, että ainoastaan lähinnä vikapaikkaa oleva syötönpuoleinen suoja toimii erottaen vikapaikan ja mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi. (ST 53.13, 2.)

Sulakkeet pitää valita taulukoiden perusteella, jotta voidaan taata hyvä selektiivisyys. Hyvällä selektiivisyydellä ei aiheuteta vaaraa ihmisille, eläimille eikä omaisuudelle. Tyypillisesti vika tapahtuu jossain ryhmäjohdossa, mahdollisesti laitetason vikana, jolloin vikavirta kulkee usean sarjassa olevan suojan lävitse (kuvio 3). Vikavirta kulkee ryhmäjohtoa suojaavan sulakkeen (F10), nousukeskuksen lähtösulakkeen (F3) ja pääkytkimen, pääkeskuksen lähtökatkaisijan ja pääkatkaisijan kautta. Selektiivisessä suojauksessa suojat on valittu ja aseteltu niin, että vain vikapaikan edessä oleva ryhmäjohdon suoja (F10) toimii, eli sulake palaa. Ryhmäkeskuksen (F10) sulakkeet toimittua nousukeskuksen tai pääkeskuksen ei pidä esimerkin tilanteessa toimia. (ST 53.13, 2.)

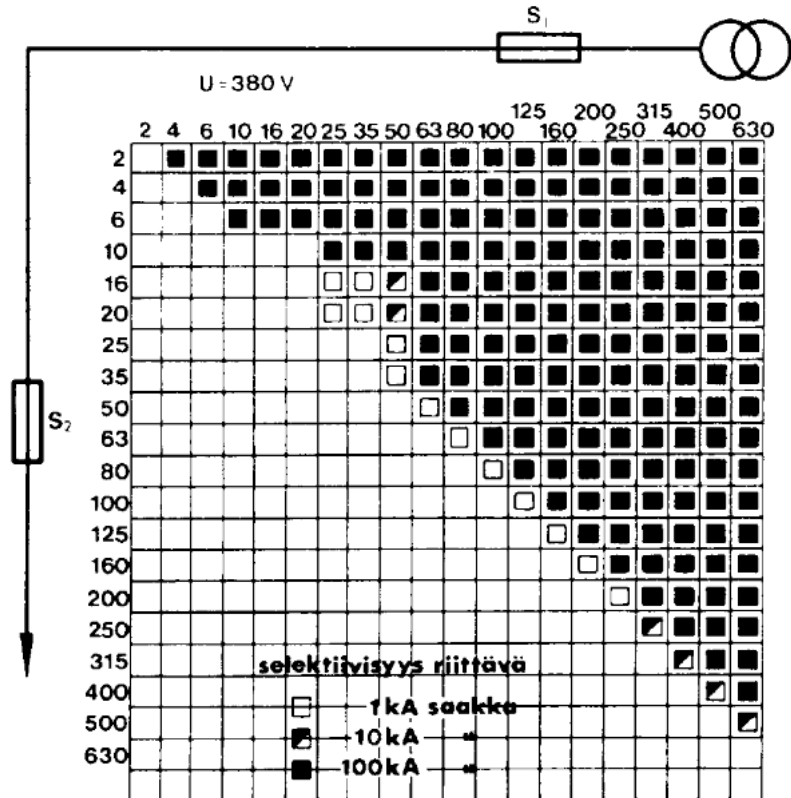
Selektiivisyys tai sen puute ei useinkaan ilmene normaaleissa käyttötilanteissa. Kaikki on kunnossa tai ainakin niin luullaan. Vikatilanne tai järjestetty testi vasta paljastaa suojauksen mahdolliset toiminnalliset puutteet ja virheet. Vikatilanteet syntyvät inhimillisen toiminnan tai laitevaurioiden seurauksena. Tästä syystä sähköverkon suojauksen toiminnan pitää vikatilanteessa olla mahdollisimman selektiivistä, jotta vika ei leviäisi tarpeettoman laajalle alueelle ja jakelun terveen osan toiminta voi jatkua mahdollisimman pienin häiriöin. (ST 53.13, 1.)



Kuvio 3. Esimerkki selektiivisyydestä ja suojauksen toimintaperiaatteesta (ST 53.13, 2.)

ABB:n Suuntaa antava taulukko kahvasulakkeiden selektiivisyydestä on vuodelta 1990. Taulukossa siinä näkyy selektiivisyys 1 kA :sta aina 100kA:n asti. Vaikka taulukko on vanha, se on silti hyvin luotettava (kuvio 4).

OFAA-sulakkeitten selektiivisyys



Kuvio 4. Selektiivisyystaulukko (ST 53.14, 4.)

5 VANHA LÄMMITYSKESKUS

Vanha lämmityskeskus K-12 sijaitsee voimalaitoksen valvomon alapuolella kaapelikelarissa. Keskus on pääosin alkuperäinen, mutta aikojen saatossa siihen on tehty muutoksia, kuten vuonna 2009 on akkuhuoneen poistomurin moottori vaihdettu uuteen. Moottorinvaihdon yhteydessä keskuksen vanhaan koteloon on asennettu moottorinsuojakytkin suojaamaan moottoria. Kaikkia muutoksia ei ole dokumentoitu keskuksen piirikaavioon (liite 1). Piirikaaviossa näkyy sen aikainen tapa esittää keskuksen laitteet ja kojeet. Verrattuna nykyiseen piirustustapaan se on hyvin erilainen, nykyään tehdään erikseen keskuskaavio sekä johdotus- ja piirikaaviokuvat keskuksen lähdeittain.



Kuva 1. Vanhan lämmityskeskuksen kiskosto ja syöttökaapelin liittimet

Keskus on varustettu koteloidulla kiskostolla ja jokainen sulake, koje ja riviliitin on myös kotelokeskusrakenteen sisällä (kuva 1, 2 ja 3). Toisella puolella on sulakkeet ja pienemmät lähdet, kuten tulo- ja poistoilmapuhaltimet sekä lattialämmityksen lähdet. Toisella puolella on isojen ilmalämmityselementtien kontaktorit ja niiden ohjaukset. Keskuksen koteloita aukaistaessa on kosketusetäisyys jännitteisiin osiin hyvin pieni eli noin 5 cm. Käytännössä katsoen nykyajan standardin määrityksillä kosketusetäisyys on aivan liian pieni. kotelon kanta avattaess jännitteet pitäisi olla pois päältä, koska sähköiskun vaara on suuri.



Kuva 2. Vanhan lämmityskeskuksen sulakepuoli

Keskus alkaa olla elinkaarensa päässä ja se pitää siirtää kaapelitilasta pois. Kaikki kojeet ja liitokset alkavat olla huonossa kunnossa. Kontaktorit keskuksessa tuottavat lämpöä todella paljon ja on vaarana, että se syttyy pahimmassa tapauksessa tuleen. Uutta keskusta ei kannata suunnitella samalle paikalle kuin vanha, koska tila on matala ja ahdas sekä siellä on hankala liikkua.



Kuva 3. Vanhan lämmityskeskuksen ohjauspuoli

5.1 Keskuksen lähdöt

Keskusta syötetään 400V jakokeskukselta, joka saa syöttönsä voimalaitoksen omakäyttömuuntajalta. Lämmityskeskukseseen tuleva syöttökaapeli on uusittu 2000-luvulla. Se on tyypiltään ja kooltaan AMCMK 4x150x41Cu. Pääkytkimenä keskuksella on erillinen kolminapainen kytkin, jonka nimellisvirta on 200A.

5.1.1 Lattialämmitys

Keskukselta syötetään valvomon lattialämmitystä, joka on teholtaan n. 10kW. Keskuksessa on sulakkeet, joiden takana ovat riviliittimet (kuva 4). Lattialämmityksen ohjaus on uusittu, mutta sitä ei ole dokumentoitu piirikaavioon. Lämmitystä ohjataan kontaktorilla, joka saa käskynsä normaalilta huoneistotermostaatilta. Termostaatissa on itsessään mekaaninen anturi, joka mittaa huoneen lämpötilaa. Riviliittimiltä lähtö jaetaan kuuteen eri lämmityskaapeliin, joihin menee omat johdot liityntärasioille. Jokaisen vaiheen pe-

rässä on kaksi lämmityskaapelia, toinen on valvomopöydän alapuolella ja toinen ulkoseinän käytävällä (liite 1).



Kuva 4. Lattialämmityksen ohjaus ja riviliittimet

5.1.2 Poistoimurit

Keskuksesta syötetään toimistotilojen poistoimuria sekä akkuhuoneen poistoimuria. Akkuhuoneenpoistoimuri on koko ajan päällä paloturvallisuuslain määräyksestä. Poistoimuria pidetään päällä, jotta akuista syntyvä kaasu poistuu huoneilmasta. Akkuhuoneen poistoimuri on kytketty voimalaitoksen hälytyslistaan. Mikäli puhallin sammuu, niin siitä tulee hälytys voimalaitoksen valvomoon sekä Fortumin etävalvomoon.

Toimistotilojen poistoimuri ei kuulu hälytyslistaan. Yleensä talvella poistoimuri on pois päältä kokonaan, koska voimalaitoksen lämmityslaitteet ovat todella huonossa kunnossa. Talvella tarvitaan lisälämmittämiä, kun mennään yli 10 pakkasasteen. Imurit ovat yksinopeusmoottoreita. Kesällä poistoimureita säädetään poistoilmakanavan edessä olevalla pellillä, joka lukitaan haluttuun asentoon.

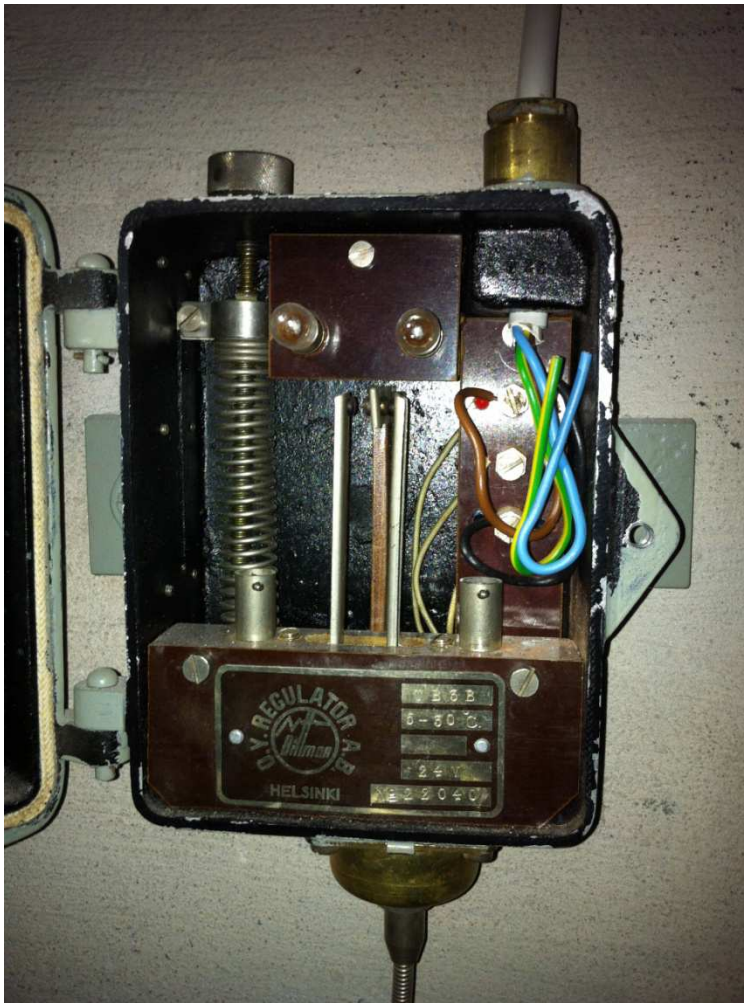
5.1.3 Ilmalämmitys

Voimalaitoksen toimisto-osaa lämmitetään pääosin ilmalämmityksellä. Ilmalämmityksen periaatteena on ottaa raakaa ilmaa ulkoa ja puhaltaa ilmapuhaltimen avulla ilmalämmityselementin läpi. Puhallin puhaltaa ilman ilmalämmityskanavaan ja siitä haluttuun paikkaan. Puhaltimien syötöt tulevat myös lämmityskeskuksesta.

Ilmalämmityselementissä on vastuskennoja, joita syötetään lämmityskeskuksesta. Elementille tulee kolme kolmivaihesyöttöä. Tällaisia ilmalämmittimiä on voimalaitoksella kaksi kappaletta. Isompi ilmalämmitin lämmittää alakertaa ja on teholtaan 70kW. Pienempilämmitin lämmittää valvomoa ja on teholtaan 36kW. Molemmista ilmalämmityselementeistä on palanut paljon vastuksia. Talvella yli kahdenkymmenen pakkasasteella voimalaitosta lämmittäessä vaaditaan lisälämmitystehoa, jota puhalletaan sähköisillä hallipuhaltimilla ilmalämmityselementtiin.

Valvomonilmalämmityksen ohjaus on uusittu nykyaikaisemmaksi ja helpommin säädettäväksi. Aikaisemmin lämpötilan säätäminen tapahtui kaapelitilasta, jossa sijaitsi anturi ja säädin (kuva 5). Säätimestä pyöritettiin päällä olevaa nuppia, joka jännitti joustaa ja jousi ohjaa asteikkoja. Säätimestä lähtee johdotus anturille, joka mittaa ilman lämpötilaa ilmalämmityskanavassa.

Valvomonilmalämmitystä ohjataan nykyaikaisilla termostaateilla (kuva 10). Jokaiselle kolmivaihesyötölle on oma termostaatti. Kaikki termostaatit on säädetty eri lämpötiloihin. Termostaatit ohjaavat oman syötön vastuksiaan, niin ettei kaikki elementin vastukset lähtisi päälle samanaikaisesti. Lämpötilan laskiessa alle esimerkiksi 20 °C:seen, antaa vasemmanpuoleinen termostaatti käskyn vastuksille alkaa lämmitä. Lämpötilan laskiessa vielä 19 °C:seen antaa keskimäinen termostaatti käskyn vastuksille alkaa lämmitä. Tässä tilassa kaksi termostaatoista hakee tavoite lämpöään kokoajan omilla antureillaan. Mikäli lämpötila ei vielä pöy pöy halutussa arvossa, lähtee kolmaskin vastusarja lämpenemään.



Kuva 5. Vanhan keskuksen valvomon ilmalämmittimen anturi ja säädin



Kuva 6. Valvomonilmalämmitystermostaattit

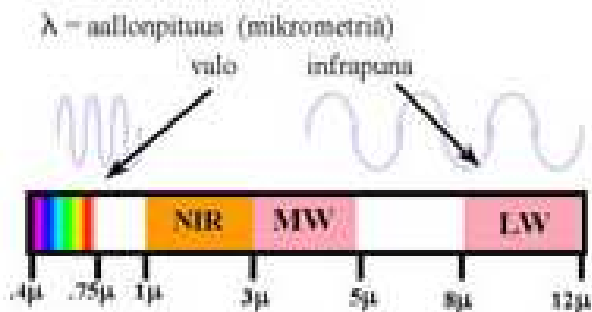
5.2 Lämpeneminen

Lämmityskeskus lämpenee todella paljon, syy lämpenemiseen on kojeiden hapettuminen ja sen aiheuttama huono metallien välinen kosketus. Keskukseen sijainti on todella huono. Kaapelitilassa menee todella paljon ohjaus-, syöttö- ja varasyöttökaapeleita. Tulipalon syttyessä voimalaitos kärsisi huomattavat vahingot ja pahimmassa tapauksessa joutuisi lopettamaan tuotantonsa.

5.2.1 Lämpökuvaus

Lämpökamera reagoi infrapunasäteilyyn, jonka se muuttaa näkyväksi kuvaksi. Kohteen lähettämä infrapunasäteily tulee kameranlinssin ja optiikan läpi suodattimille, aivan kuten videokamerassa. Suodattimien jälkeen kuva menee infrapunaherkille sensoreille, jossa tieto muutetaan sähköiseksi ja sen kautta näkyväksi kuvaksi. Kuvissa lämpötila erot näkyvät eri väreinä. Mustat ja siniset värit ovat kylmiä kohtia ja lämpimät kohdat ovat keltaisia sekä punertavia. Lämpötilan värit ja värisävyt ovat säädettävissä.

Lämpökuvaus perustuu pintojen lähettämään emittoimaan lämpösäteilyyn, jolla mitataan pintalämpötiloja. Kaikki pinnat lähettävät säteilyä, jonka voimakkuus on riippuvainen pintalämpötilasta ja pinnanemissiokertoimesta. Lämpökamerat mittaavat tutkittavasta pinnasta tullutta infrapuna-alueen kokonaissäteilyä, johon sisältyvät myös pinnasta heijastunut säteily sekä joissakin tapauksissa pinnan läpi tullut säteily (kuvio 5). (Kauppinen & Paloniitty 2006, 16.)



Kuvio 5. Näkyvän valon ja infrapuna-aallon pituudet (Infradex Oy, Hakupäivä 20.3.2013)

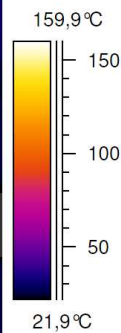
5.2.2 Lämpökuvat

Fortum on teettänyt ammattilämpökuvaajilla vuonna 2011 voimalaitoksiansa vikapai-koista lämpökuvaustyön. Yhtenä kohteena oli Pällin vesivoimalaitoksen Lämmityskes-kus K12. Lämpökuvaajien tekemästä raportista valvomoniilmälämmityksen lämmi-tyselementin kontaktorin K12-10 lämpökuva (kuva 7). Tuloksista voidaan päätellä, että kontaktori käy todella kuumana maksimissaan jopa 200 °C. Ilmalämmityksen toisen syötön samaiselle lämmityselementille, joka myös kuumenee todella paljon n. 180 °C (kuva 8).

Kontaktorit on vaihdettu lämpökuvauksien jälkeen uusiin, mutta uudetkin lämpenivät kyllä jonkin verran, niin ettei kotelon kanteen voinut koskea. Osa syynä varmasti on, ettei ilma kierrä kotelossa ollenkaan.

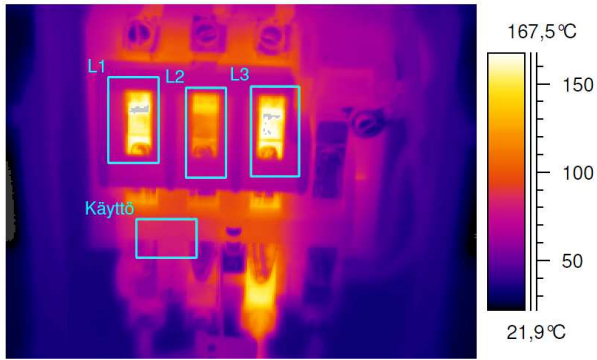


Kuva 7



Kytkinlaitos: Pällin VL Kaapelikellari Keskus K 12 0,4 kV				
Kenno:		Ryhmä: 10		Koje: Kontaktori
Huom. Sisäinen vika				
Max lämpötila L1	201,3°C	Yililämpö L1	67,1°C	Korjattu: Jälkitarkastus: Huom.
Max lämpötila L2	173,8°C	Yililämpö L2	39,5°C	
Max lämpötila L3	199,0°C	Yililämpö L3	64,7°C	
Käyttölämpötila	134,3°C	Kuormitus:		

Kuva 7. Lämpökamerakuva, K12-10 kontaktori (Fortum Power ja Heat Oy 2011, 4.)



Kuva 8



Kytkinlaitos: Pällin VL Kaapelikellari Keskus K 12 0,4 kV				
Kenno:		Ryhmä: 9		Koje: Kontaktori
Huom. Sisäinen vika				
Max lämpötila L1	179,7°C	Yliämpö L1	91,4°C	Korjattu:
Max lämpötila L2	146,2°C	Yliämpö L2	58,0°C	Jälkitarkastus:
Max lämpötila L3	171,3°C	Yliämpö L3	83,1°C	Huom.
Käyttölämpötila	88,2°C	Kuormitus:		

Kuva 8. Lämpökamerakuva, K12-9 kontaktori (Fortum Power ja Heat Oy 2011, 4.)

6 UUDEN LÄMMITYSKESKUKSEN SUUNNITTELU

Keskus suunniteltiin kenno tyyppiseksi, valinta perusteena uuden keskuksen vieressä oleva valaistuskeskus, myös muut laitoksen uudet keskuksat ovat kennokeskuksia. Keskuksen ympäristö pitäisi saada mahdollisimman samannäköiseksi viereisen keskuksen kanssa, tästä johtuen keskuksen tarjouskyselyynkin laitettiin ehdoton korkeusmitta (liite 2).

6.1 Tehon mitoitus

Uuden keskuksen mitoitus aloitettiin laskemalla nykyisten laitteiden yhteenlaskettu tehonkulutus (kaava 1).

$$P_{kok} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n, \quad (4)$$

missä

P_{kok} on liityntä teho

P_1 on yhden laitteen tehonkulutus

P_2 on toisen laitteen tehonkulutus

P_3 on kolmannen laitteen tehonkulutus jne.

Vanhasta piirikaaviosta nähdään laitteiden tehon kulutukset (liite 1). Kytkeytyjen kuormien välillä voi olla vuorottelua, nyt laskettu liityntäteho n. 119 kW. Vuorottelu pienentää tarvittavaa tehoa, toisaalta on varauduttava jossain määrin lisäkuormaan. Liityntäteho muutetaan keskuksen virrankulutukseksi (kaava 2).

$$I_S = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}, \quad (5)$$

missä

I_S on Näennäisvirta

P on teho

U on jännite

$\cos\varphi$ on tehokerroin.

Nykyisellä liityntäteholla saadaan virrankulutukseksi yhteensä n. 178A (liite 3). Keskuksen mitoituksessa varaudutaan mahdollisiin tuleviin kuormitusmuutoksiin. Keskuksen nimellisvirraksi mitoitetaan 250A.

6.2 Nousujohto

Keskuksen tehonkulutuksen laskemisen jälkeen mitoitettiin syöttökaapeli jakokeskuksesta lämmityskeskukseen. Lämmityskeskuksen syöttö otetaan voimalaitoksen omakäyttömuuntajan perässä olevalta jakokeskuksesta. Jakokeskuksen ja uuden lämmityskeskuksen välillä oli valmiina käyttämätön AMCMK 4x150+ 41Cu -kaapeli. Kaapelin mita yltää varmasti tälle välille, mikäli ei yllä kaapelin reittiä voidaan muuttaa suoraviivaisemmaksi. Kaapeliin pitää vain uusia lämmityskeskuksen päähän kaapelikiinnikkeet. Kaapelin ollessa valmiiksi vedetty säästetään kustannuksia lämmityskeskusta toteutettaessa.

Kaapelin mitoitus tehtiin standardin SFS6000 kaapelin mitoitusperiaatteella. Valittiin kaapelille asennustapa, joka on asennettuna lattialle. Tämä asennustapa on samanlainen kuin referenssiasennustapa C, kaapeli lattialla tai katon yläpuolella. (SFS6000-5-52 A.52.6.2)

Asennustavan mukaan valitaan taulukko, josta katsotaan seuraavaksi johtimen kuormitettavuudet ampeereina asennustavat A, B ja C taulukosta SFS6000-5-52-A52-2, koska kaapeli on PVC- eristeinen. Kaapelin kuormitettavuus on taulukon perusteella 317A.

SFS-6000 liitteessä A52 on kaapelin kuormitettavuudelle annettu korjauskertoimia, joilla saadaan kaapelin ympäristössä olevat lämpöä tuottavat tekijät eliminoitua pois. SFS-6000 Taulukosta A52-17 saadaan (asennustapa C) korjauskerroin. Asennustapaa sovelletaan tapauksessa asennettuna suoraan lattialle. Syöttökaapelin vieressä oletettiin olevan seitsemää muuta piiriä, korjauskertoimeksi saatiin 0,72. Kaapelin kuormitettavuudelle huomioidaan myös ympäristönlämpötila. Lämpötilan korjauskerroin katsottiin SFS-6000 taulukosta A52-14, jolloin ympäristönlämpötilaksi arvioitiin 20 °C, korjauskerroin on tällöin 1,05. Kaapelin kuormitettavuus lasketaan kertomalla kaapelin kuormitettavuus kertoimilla (kaava 6).

$$I_Z = \text{kuoritettavuus} * \text{korjauskerroin 1} * \text{korjauskerroin 2}, (6)$$

missä

I_Z on kaapelin kuormitettavuus kerrottuna korjauskertoimilla

kuormitettavuus on kaapelinkuormitettavuus

korjauskerroin 1 on kaapeliin muiden kaapeleiden tuottaman lämmön korjauskerroin

korjauskerroin 2 on ympäristönlämpötilan vaikuttava korjauskerroin.

Kaapelin kuormitettavuudeksi saatiin lattialle asennuksen osalta n. 239A, (liite 3).

Taulukko 1. Johtimien kuormitettavuuden minimiarvot erilaisilla sulakkeen nimellisvirroilla (SFS6000-5-52 B.52.1)

gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A	Johtimen kuormitettavuuden minimiarvo A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

Kaapeli on asennettu osalle matkaa pystysuoraan seinään kiinni, joka (asennustapa E). Pystysuoralle osalle lasketaan oma kuormitettavuus kaapelille. SFS-6000 taulukon A52-5 mukaan katsotaan kaapelille kuormitettavuus, joka on 338A. Ympäristönlämpötilana

vaikuttaa noin 20 °C lämpötila. Korjauskerroin kaapelille katsotaan SFS-6000 taulukosta A.52- 14, joka on 1,05. Muut läheiset virtapiirit eliminoidaan SFS-6000 A52-17 taulukon korjauskertoimella, joka on 0,82:n. Kaapelinkuormitettavuus kerrotaan saaduilla kertoimilla (kaava 6). Laskujen tuloksena saatiin kaapelin kuormitettavuudeksi 199A (liite 3). Kaapelin kuormitettavuuden perusteella valitaan SFS-6000 A52-5-52B (taulukko 1) mukaan suojaamaan kaapelia 160A sulake.

6.3 Oikosulkuvirrat

Thevenin menetelmä soveltuu hyvin teollisuusverkkojen oikosulkuvirtojen määrittämiseen, koska teollisuussähköverkkojen oikosulku tapauksissa muodostuu vikapaikassa kulkevavirta. Vikapaikan virta muodostuu useiden eri oikosulkulähteiden syöttämien oikosulkuvirtojen summana. Tällöin Thevenin teoreeman perusteella voidaan kaikkien oikosulkulähteiden sähkömotoriset voimat korvata yhdellä ainoalla sähkömotorisella voimalla, joka sijoitetaan vikapaikkaan. (Huotari 1998, 8.)

6.3.1 Maksimioikosulkuvirran määrittäminen

Maksimioikosulkuvirran suuruus 400V jakokeskuksella saatiin tietoon Fortumin suunnittelijan tekemän laskelmista (liite 4). Suunnittelijan laskemien mukaan 3-vaiheinen maksimioikosulkuvirta jakokeskuksella on 12,1kA. Maksimioikosulkuvirta uudella lämmityskeskuksella saadaan laskettua (kaava 7).

$$I_{K3} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (Z_K + Z_{kaap.})}, \quad (7)$$

missä

I_{K3} on 3-vaiheoikosulkuvirta

C on kerroin 1, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä

U on jännite

Z_K on taustaverkon oikosulkuimpedanssiarvo

$Z_{kaap.}$ on kaapelin impedanssi.

Maksimioikosulkuvirtaan lisätään syöttökaapelin impedanssi, impedanssi saadaan käyttäen (kaava 8).

$$\underline{Z}_{kaap.} = l * \underline{R}_V + l * \underline{X}_V, \quad (8)$$

missä

$\underline{Z}_{kaap.}$ on kaapelin tuoma impedanssi

l on kaapelin pituus

\underline{R}_V on sen resistanssi

\underline{X}_V on sen reaktanssi.

Taustaverkon impedanssi saadaan selvitettyä vikavirran arvolla, (kaava 9).

$$Z_K = \frac{c * U}{\sqrt{3} * (I_K)} \quad (9)$$

missä

Z_K on Taustaverkon impedanssi

C on kerroin 1, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä

U on jännite

I_K on oikosulkuvirran arvo jakokeskuksella.

Lämmityskeskuksen maksimioikosulkuvirran arvoksi saatiin 8,4kA (liite 3). Keskuksen oikosulku kestoisuudeksi määräytyi 8kA, arvo otettiin viereisestä keskukselta. Viereiseen keskukseseen tulee samanlainen syöttökaapeli kuin suunniteltavaan keskukseseen, niin tämä on silloin riittävä kestoisuus. Fortumin suunnittelupäällikkö kommentoi myös asiaa ja hänen mielestään 8kA on riittävä oikosulukestoisuus keskukselle. (Määttä & Pohjola 13.2.2013, sähköpostiviesti)

6.3.2 Minimioikosulkuvirran määrittäminen

Kosketusjännitesuojauksen toimivuuden varmistamiseksi, pitää yleensä määrittää myös pienin oikosulkuvirta. Minimioikosulkuvirtaa laskettaessa verkon kytkentätilanne tulee vastata minimiä. Jännitekerroin c on maksimia vastaava. Minimioikosulkuvirtaa laskettaessa lisäksi oletetaan kaikki moottorit seisoviksi ja johtimille käytetään suurempaa käyttölämpötilaa vastaavaa resistanssia. (ABB 2000, 9.)

Minimioikosulkuvirta ei tässä tapauksessa ole oleellinen tieto, koska yksivaiheinen oikosulkuvirta ei ole niin pieni kuin esimerkiksi kiinteistösähköistyksessä. Yksivaiheinen oikosulkuvirta on riittävän suuri, koska omakäyttömuuntajaan on niin lyhyt matka.

6.3.3 Termisen oikosulkuvirran määrittäminen

Terminen oikosulkukestävyys on pääpiirin termisen nimelliskostovirran tehollisarvo, jonka piiri kestää 1 sekunnin ajan. Termistä oikosulkuvirtaa ei laskettu tässä tapauksessa, keskuksen kestoisuus määriteltiin viereisen keskuksen perusteella. Viereiseen valaistuskeskukseen tulee samantyyppinen ja saman poikkipintainen kaapeli kuin suunniteltavaan keskukseen, jotenka voidaan käyttää samaa termistä oikosulkuvirtaa 20kA.

6.4 Pääkaavion sekä piiri- ja johdotuskuvien piirto

Suunnitelmaan piirrettiin lämmityskeskuksesta Fortumin ohjeiden mukainen keskuskaavio. Fortum käyttää piirtoalustana MicroStation V8i-ohjelmaa. Kaikki kuvat on piirretty omaan tiedostoon ja piirustukselle tuodaan sähköinen raami- ja nimiöintitiedosto taustalle, jolla tuotetaan valmiskuva paperille tai PDF tiedostoksi.

Kuvat on numeroitu jokainen omalla numerollaan, esimerkiksi S4-PÄL-3020. Etuliite S4 tarkoittaa A4-koon sähköpiirustusta, PÄL tulee voimalaitoksen nimestä Pälli ja kuvanumero tulee Fortumin oman numerojärjestelmän mukaan. Uusissa suunnitelmissa käytetään seuraavia numeroita, jotka ovat Fortumin listoilla vapaana.

Eltelillä on käytössään CADS Planner-ohjelma, jolla suunnitelmakuvat piirrettiin. CADS Planner ohjelmalla voidaan kuvia piirtää DWG -muotoon. Kuvat käännettiin DGN -muotoon, jota Fortum käyttää. Käännös työ tehtiin MicroStation V8i-ohjelmalla.

Pääkaavion lisäksi kaikista keskuksen lähdoistä piirretään oma johdotus- ja piirikaaviokuva. Yhteensä kuvia suunniteltiin 8, joissa jokaisessa on kaksi lehteä (liite 5).

6.5 Komponenttien valinta

Komponentteja valittaessa tulee ottaa huomioon kytkettävän verkon ja kuormituksen ominaisuuksia, kuten virta, jännite, oikosulkukestoisuus ja tilan muutokset. Lisäksi moottorin suojakomponentteja valittaessa on hyvä tietää, myös moottorinpyörimisnopeus sekä kuormaominaisuudet ja käynnistysaika.

Komponenttien määrittämisessä käytettiin ABB:n kojevalintataulukkoa (liite 6). Keskukseseen valittiin tehon- ja virrankulutuksen mukaan kestävät kontaktorit ja sulakkeet. ABB:n kojeet kestävät 80 kA oikosulkuvirran, joten oikosulkuvirrasta ei ole huolta tässä tapauksessa.

Esimerkkinä kojeiden valinnasta käytetään alakerranlämmينilmapuhaltimen kojeita. Valinnassa otetaan huomioon moottorinteho, -virta ja pyörimisnopeus. Lämmينilmapuhaltimen arvot ovat 1,3kW, 3,7A ja 920r/min. Kojevalintataulukosta katsotaan näihin arvoihin sopiva virta ja sen perusteella vastaava kontaktori, lämpöreleen tyyppi ja toiminta-alue sekä sulake ja kaapeli. ABB:n esimerkkimoottorin arvot ovat 1,5kW, 4,1A ja 1500r/min. Taulukon perusteella moottorin kontaktorin tyyppiä valitaan A9, suojaksi TA25DU tyyppin lämpörele 2,8- 4,0 tai 3,5- 5,0, varokeyttimeksi OS32D12 ja sulakkeeksi 6Am sulake. Kaapelointi tehdään minimissään poikkipinnaltaan MCMK4x2,5+2,5 kaapelilla.

Keskus suunniteltiin ABB:n kojeille, mutta keskusta ei toteutettu niillä, vaan keskus-toimittajan valitsemille Schneiderin kojeilla. Moottorilähtöjen sulakkeetkin vaihdettiin normaaleiksi gG -sulakkeiksi.

6.6 Kaapelien valinta

Kaapelityyppien valinta tehtiin pitkälti tilaajan määräyksestä. Kaikki syötöt tehtiin MCMK -tyypin kaapeleilla ja ohjauskaapelit olivat MMJ -tyypin kaapeleita. Kaapeleiden poikkipinnat määriteltiin laskemalla niiden jännitteenalenema ja kojeelle tulevan oikosulkuvirran perusteella.

6.6.1 Poikkipinnat

Johtimien poikkipinnat määritellään valmistajien antamien tietojen perusteella. Otetaan huomioon johtimien suurin sallittu lämpötila eli kuormitettavuus, oikosulkukestävyys, jännitteenalenema, vikasuojausvaatimusten kannalta virtapiirin suurin impedanssi sekä johtimiin kohdistuvat mekaaniset rasitukset. On kuitenkin huomioitava, että poikkipinnan määrittelyyn vaikuttavat tekijät koskevat lähinnä sähköasennuksen turvallisuutta. Taloudellisista syistä saatetaan käyttää suurempiakin johtimien poikkipintoja. (ST 53.24, 3.)

Moottorit ja lattialämmitys kaapeloitiin MCMK4x2,5+2,5 -kaapeleilla, ohjaukset ja turvakytin tiedot kaapeloitiin MMJ3x1,5 -kaapeleilla. Alakerranilmalämmityselementille määritettiin MCMK 4x35+16 -kaapeli ja valvomon ilmalämmityselementille määritettiin MCMK 4x16+16 -kaapeli (liite 7).

6.6.2 Jännitteenalenema

Johtimenimpedanssi voidaan kuvata resistanssin ja reaktanssin sarjakytkennällä jännitteenalenemanperiaatteen mukaisesti (kuvio 6). Johdon loppupäässä on kuorma, jonka pätöteho (P) ja tehokerroin ($\cos\varphi$). Kulma (φ) on johdon loppupään jännitteen ja kuormitusvirran välinen vaihesiirtokulma.

Jakeluverkkolaskelmissa riittävän tarkat jännitteenalenema- arvot ΔU saadaan likimääräisellä lausekkeella (kaava 10).

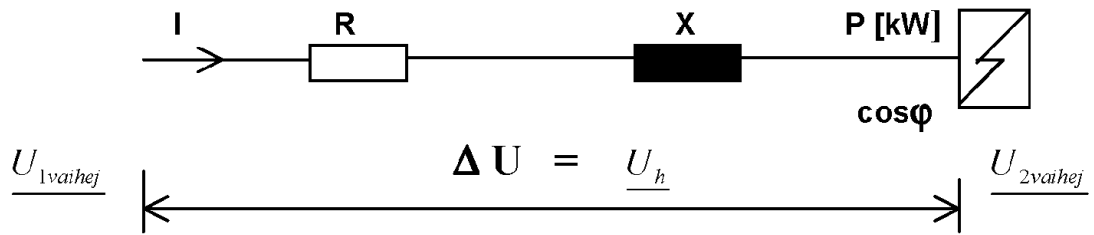
$$\Delta U = I \times l \times (R \times \cos\varphi + X \times \sin\varphi), \quad (10)$$

missä I on kuormitusvirta

l on johtimenpituus

R on johtimen resistanssi

X on johtimen reaktanssi.



Kuvio 6. Jännitteenalenemanperiaate (ST-525102, 2.)

Suhteellinen jännitteenalenema määritetään vaikuttavan jännitteen ja jännitteen aleneman perusteella (kaava 11).

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\%, \quad (11)$$

missä

Δu on suhteellinen jännitteenalenema

ΔU on jännitteenalenema

U_n on piirissä vaikuttavajännite.

Mikäli jännitteenalenema alkaa olla liian suuri, voidaan sitä ehkäistä suurettamalla kaapelin poikkipintaa tai joissain tapauksissa yrittää lyhentää kaapelireittiä. Tässä työssä jokaisen johdon jännitteenalenema, olivat alle 2 %:n sisällä (liite 3). Jännitteenalenema ei koitunut ongelmaksi ja voitiin käyttää alun perin suunniteltuja poikkipintoja. Tämä on myös kustannus tehokkaampaa, kun ei tarvitse ostaa erikokoisia keloja työmaalle.

Tyypillisimpiä liian suurien jännitteenaleneman aiheuttamia ongelmia ovat:

- Moottoreiden ylivirta kuumentaa moottoreita ja kaapeleita.
- Moottoreiden ylivirtasuojalaitteet toimivat.
- Moottoreiden tuottama momentti pienenee, joka voi estää käynnistymisen.
- Automaatiojärjestelmien alijännitevahdit toimivat keskeyttäen mm. prosesseja.

(ST-525102, 2.)

6.6.3 Lämpötilanvaikutus

Johdon kuormitettavuuteen vaikuttavat johdin- ja eristemateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa sekä muiden virtapiirien läheisyys. Johdon kuormitettavuuden määrää sen kyky luovuttaa virran aiheuttama lämpö ympäristöön. (ST 53.24, 3.)

Tärkeintä johdonkuormitettavuutta määritettäessä, on tietää johdon suurin sallittu lämpötila. Johtimelle jatkuvasti sallittua lämpötilaa ei saa ylittää, koska yllämpötila saattaa aiheuttaa tulipalon tai lyhentää johdon käyttöikää kiihdyttämällä eristeiden vanhenemista. (ST 53.24, 3.)

6.7 Kaapelireitit

Johtoreitit suunnitellaan siten, että siellä oleviin kaapeleihin päästään helposti käsiksi. Vaikeasti luokse päästäviin tiloihin vältetään johtoreitin sijoittelua, kaapelipalojen sammutusta ajatellen. Myös palovaarallisille alueille vältetään sijoittamasta johtoreittejä. (ST 35, 79.)

Kaapelireitteinä käytettiin valmiita ja olevia kaapelireittejä, -tiloja ja -kuiluja. Keskus sijoitetaan valvomoon ja valvomonalapuolella on kaapelikellari, josta pääsee melkein joka paikkaan laitoksella. Keskus asennetaan lattiaan ja kaikki kaapelit lähtevät alaspäin keskuksesta. Työlän reitti on viedä uusikaapeli toimistotilojen poistoilmapuhaltimelle, kaksi kerrosta ylemmäs kaapelikellarista.

Kaapelireiteille käytetään olemassa olevia läpivientejä (liite 8). Aina kun läpivientejä tehdään, pitää läpivientiin tehdä palokatko. Tilaajanohjeistus on kaikissa vesivoimalaitoksissa seuraava: Läpiviennit tiivistetään palokatkomassalla ja läpiviennin tekijällä pitää olla lupa tehdä asianmukaisia läpiviennin tiivistyksiä sekä tiivistys pitää merkitä luvan määräämällä tarralla. Keskuksen alapuolelle tehdyn palokatkon läheisyyteen kiinnitetty tarra, jossa näkyy Yritys, tekijä, päivämäärä ja palokatkon luokka sekä käytetty massa (kuva 9).



Kuva 9. Keskuksen palokatko

Kun kaapeleita viedään lattian, seinän tai katon läpi, tulee läpivienti tiivistää siten, että rakennuksenosalle vaadittu palotekninen luokka pysyy vähintään samana. Sähköläpivientien paloeristeinä on mahdollista käyttää ainoastaan erikseen testattuja ja paloluokiteltuja aineita. Paloeristeet on asennettava hyväksyttämispäätöksen edellyttämällä tavalla. (ST 35, 72.)

Asennusreititettäessä ei saa unohtaa palokatkojen asennusta eri palo-osastojen välille. Tämä asia on monessa kohteessa jäänyt vaille huomiota, mutta tyyppikoestettut ja hyvät palokatkot ovat kyllä hintansa arvoisia, jos tulipalo yllättää. Palon leviämisen lisäksi, ne estävät myös savukaasujen leviämisen luotettavasti. (ST 35, 62.)

7 TARJOUSLASKENTA

Tarjouslaskenta tehtiin Broker Sähkö – sähköalan tarjouslaskenta ohjelmalla, jota Eltel käyttää yleisimmin tarjouslaskennassa. Ohjelma laskee nettohinnan ja sen lisäksi määrittää kate, mitä tavoitellaan. Laskennassa eritellään materiaalit ja työnosuus. Ohjelmaan syötetään kaikki tiedot kohteesta esimerkiksi tehtävistä asennuksista, kuten kaapeleiden asennusmetrit sekä kytkennät kaapelityypeittäin ja poikkipinnoittain. Ohjelmalla on tietty suoritehinta esimerkiksi kaapelin kytkemisestä ja merkkauksesta ja syötettyjen tietojen perusteella ohjelma laskee kustannusarvion työhön. Työstä saadaan tulostettua urakkatarjous halutuilla tiedoilla. Asiakkaan versioon voidaan räätälöidä suppeammaksi tai sisäiseen käyttöön tarkempierittely (liite 9).

Suoritehintojen lisäksi tähän pitää lisätä sellaiset työt, joille ei löydy suoritteita vaan ne tehdään tuntityönä. Esimerkiksi tässä työssä maalaus ja pellitys keskuksen ympärille. Tuntityölle määritellään oma hintansa.

Palkkakustannukset, päiväraha ja matkakustannukset lisätään työnkeston perusteella, esimerkiksi kaksi miestä tekee kaksi viikkoa töitä kohteessa, niin työlle pitää laittaa kustannuksia kymmeneltä työpäivältä. Jokaiselle työpäivälle pitää laskea ruoka tai päivärahat sekä kulkeminen kohteeseen ja takaisin.

Tarjouslaskentaan lisättiin myös vanhan keskuksen purkaminen, jotta keskus ja vanhat kaapelit eivät olisi tiellä, kun kaapelikellarissa tehdään töitä tulevaisuudessa. Purkaminen tehdään tuntityönä, purkutyöstä tuleva romu sijoitetaan Fortumin osoittamaan paikkaan. Roskien vieni ja ongelmajätteiden hoitaminen jää tilaajan vastuulle, eikä urakoitsijalle.

7.1 Keskuksen kustannusarvio

Keskuksenvalmistus ja toimitus kilpailutettiin kolmella paikallisella keskusvalmistajalla Kempeleen Kojeistotuote Oy, Oulun teollisuuskojeistot Oy ja Oulun kojeistotarvike Oy. Keskuksen toimittajaksi valittiin tiukan kilpailutuksen päätteeksi Oulun Teollisuuskojeistot Oy. Toimittaja ei ollut halvin, mutta toimitus oli nopein ja asiointi oli sujuvinta.

7.2 Toteutus

Keskus suunniteltiin loppuvuodesta 2012 ja suunnitelma luovutettiin Fortumille tammi-kuun puolella välissä 2013. Tilaaja päätti tilata työn 2013 helmikuun lopussa. Saatuamme tilauksen kirjallisena tilaajalta, laitettiin keskustoimittajille vielä uusintatarjouskierros. Toimittaja saatiin valittua melko pian ja keskus tilattiin. Saimme sovittua keskustoimittajan kanssa, että keskus on viikon 12 alkupuolella voimalaitoksella.

Työt aloitettiin viikolla 12 kaapelien vedoilla ja muilla valmisteluilla. Heti keskuksen saavuttua paikalle, se asennettiin paikalleen ja sen ympärille tehtiin pellitys. Kaapeleiden vedoille ja keskuksen asennusvaiheeseen on laskettu menevän n. viikko kahdelta mieheltä aikaa (liite 9). Kaapelivedot ja kytkennät saatiin hyvin aikataulussa valmiiksi. Keskukseen saatiin kytkettyä sähköä päälle seuraavalla viikolla. Sitä ennen kuitenkin asennuksille tehtiin tarvittavat mittaukset (liite 10), joiden merkityksestä ja tekotavoista on kerrottu tarkemmin luvussa 8.

Käyttöönottotarkastuksen jälkeen aloitimme valmistelemalla kääntöjä vanhasta keskuksesta syöttöjä uuteen keskuksen. Käännöt aloitettiin lattialämmityksistä ja sen jälkeen ilmalämmityksien puhallinmoottorit sekä poistoimurit. Ainoat lähdöt mitä emme kääntäneet, olivat ilmalämmityselementtien lähdöt, ne jäivät odottamaan uusia lämmityselementtejä. Lämmityselementtien vaihto oli isompihomma, mitä aluksi kuviteltiin ja niiden vaihto siirrettiin omaan projektiin. Tähän projektiin kuului uusienelementtien syöttökaapeleiden käsittely ja kytkentä keskuksen päässä (kuva 10).

Onneksi pakkanen oli jo lauhtunut sen verran, että saimme neuvoteltua, että saadaan ottaa sähkönsyöttö pois lämmityselementeiltä. Vanhakeskuksen piti olla sähkötön, että päästiin purkamaan vanhakeskus pois ja saatiin projekti samantien päätökseen.



Kuva 10. Keskus valmiina

8 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Aina ennen kuin uusiasennus, olemassa olevan asennuksen lisäys tai muutos otetaan käyttöön, tehdään käyttöönottotarkastus. Standardin SFS 6000-6 osan 61 mukaan tehdyllä käyttöönottotarkastuksella, täytetään kauppa- ja teollisuusministeriön sähkölaitteistojen turvallisuudesta antaman päätöksen mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. (ST 33, 9.)

Käyttöönottotarkastuksen tekijän tulee olla riittävän ammattitaitoinen. Hänen tulee olla sähköalan ammattilainen, joka tarvittavassa laajuudessa tuntee työhön liittyvät määräykset ja ohjeet. (ST 33, 9.)

Käyttöönottotarkastukseen liittyy aistinvaraisten tarkastusten lisäksi, erilaisia mittauksia ja toimintatestejä. Osa mittauksista voidaan korvata laskennallisesti, osoitettujen arvojen perusteella. Voi toki olla järkevää niissäkin tapauksissa tehdä joitain pistokoeluoontoisia tarkistusmittauksia varmistamaan, että laskennassa käytetyt lähtöarvot ja muut tiedot ovat olleet oikeita. Mittaamalla voidaan todeta suojajohtimenjatkuvuus, eristysresistanssi, silmukkaimpedanssi, oikosulkuvirta ja kiertosuunta. Vikavirtasuojien tarkastuksiin liittyy, myös toiminnallisten kokeiden lisäksi aina mittauksia. (ST 33, 9.)

8.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraista tarkastusta tehdään kohteessa koko työsuorituksen ajan (kuva 11). Se on laajin käyttöönottotarkastuksiin kuuluva osa-alue. Yleisohjeena aistinvaraisten tarkastusten kohdentumisesta voidaan sanoa, että ne kohdistuvat pääosin merkintöihin, dokumentaatioon, mekaaniseen ja vettä vastaan tehtyyn suojaukseen sekä kosketus- ja palosuojaukseen, mutta lisäksi moniin muihin tapauskohtaisesti esiin tuleviin vaatimuksiin. (ST 33, 11.)

Aistinvaraisesti tutkimalla varmistetaan perussuojauksen toimivuus, sellaisten suojuksien ja kotelointien olemassaolo, kiinnitys ja eheys yms., joiden tarkoituksena on estää jännitteisen osan koskettaminen. Lisäksi tarkastetaan eritiloista aiheutuvien kotelointiluokkavaatimusten täytyminen. Käyttöön liittyvien varoituskilpien ja vastaavien olemassaolo on myös tarkastettava (kuva 11). (ST 33, 11.)

Aistinvaraisella tarkastelulla todetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksien olemassaolo sekä oikea sijoittelu. Varmistetaan suojalaitteiden asettelut, selektiivisyys ja yhteensopivuus sekä kiinnitetään huomio mahdollisiin johdinpituuksien muutoksiin alkuperäiseen suunnitelmaan nähden erityisesti jännitteenaleneman ja laskennallisten oikosulkuvirta-arvojen kannalta. (ST 33, 12.)

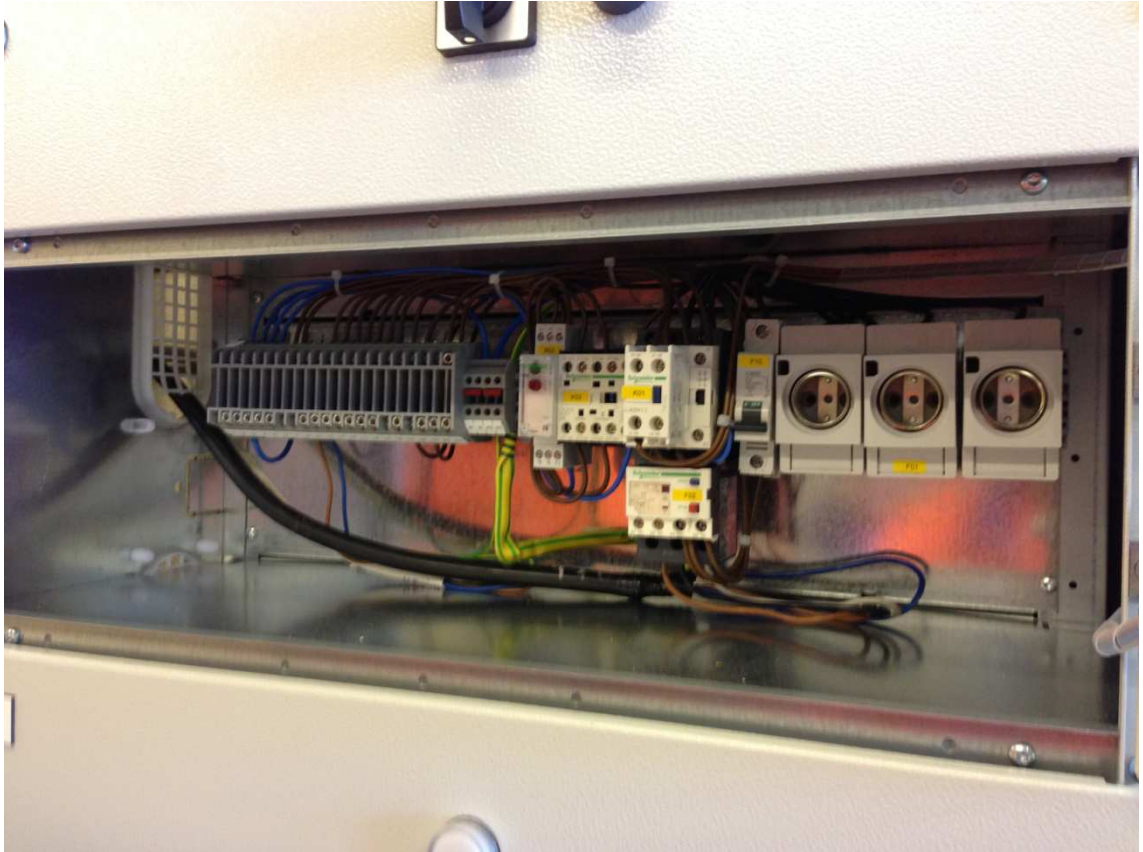
Varmistetaan suoja-, erotus-, kytkentä- ja ohjauslaitteiden oikea valinta ja asennus. Tarkastellaan toteutetun ylijännitesuojauksen toteutusta ja toimivuutta. (ST 33, 12.)

Asennuksia tehtäessä tarkastetaan johdinvärien oikea ja standardien mukainen käyttö sekä liitoksien pitävyys ja tekotapa. Lisäksi vielä tarkastetaan, että niihin pääsee käsiksi myös myöhemmin. Asennusvaiheessa varmistetaan myös siitä, että yksinapaiset kytkimet on asennettu äärijohtimiin ja vaihejohtimiin.

Varmistetaan sähkölaitteiden tarvitsemien käyttö- ja ohjauslaitteiden sijainti, huollon aikana mahdollisesti tarvittavat poiskytkentälaitteet sekä mahdolliset hätäkytkentälaitteet. Lisäksi näiden tarvitsemat kilvet ja käyttömerkinnät. Tarkastetaan, että dokumentit, arvo- sekä varoituskilvet yms. ovat kohteessa helposti saatavilla. Tarkastetaan käytettävissä sekä sähkölaitteiston turvallinen ja virheetön käyttö on mahdollista. (ST 33, 12.)

Varmistetaan maadoituselektrodin olemassaolo ja määräystenmukaisuus sekä suojajohdinten poikkipinnat ja olemassaolo. Tämä tehdään myös niissä asennuksissa, joissa sitä ei ensiasennuksen yhteydessä oteta käyttöön, mutta varaudutaan tulevaisuudessa mahdollisesti toteutettaviin muutoksiin. (ST 33, 13.)

Usein asennusten tarkastuksia ei voida suorittaa yhdellä kertaa, vaan ne on suoritettava heti kunkin työvaiheen jälkeen. Eri työvaiheet voivat ajoittua varsin kauaskin toisistaan. Osa työstä voidaan tehdä esim. kuukausien päästä ja lopullinen asennusten kuntoon saattaminen jää vielä myöhemmäksi. On tärkeää, että jo alkuvaiheen asennuksistakin tehdään asialliset ja tarpeelliset tarkastukset sekä riittävät merkinnät tarkastuspöytäkirjaan, jotta ne ovat käytössä myös tilaajalle luovutettaessa. Tyypillisiä tarkastettavia asioita ovat mm. kaapelin eheys, mekaaninen suojaus ja merkinnät. (ST 33, 13.)



Kuva 11. Aistinvarainen tarkastus

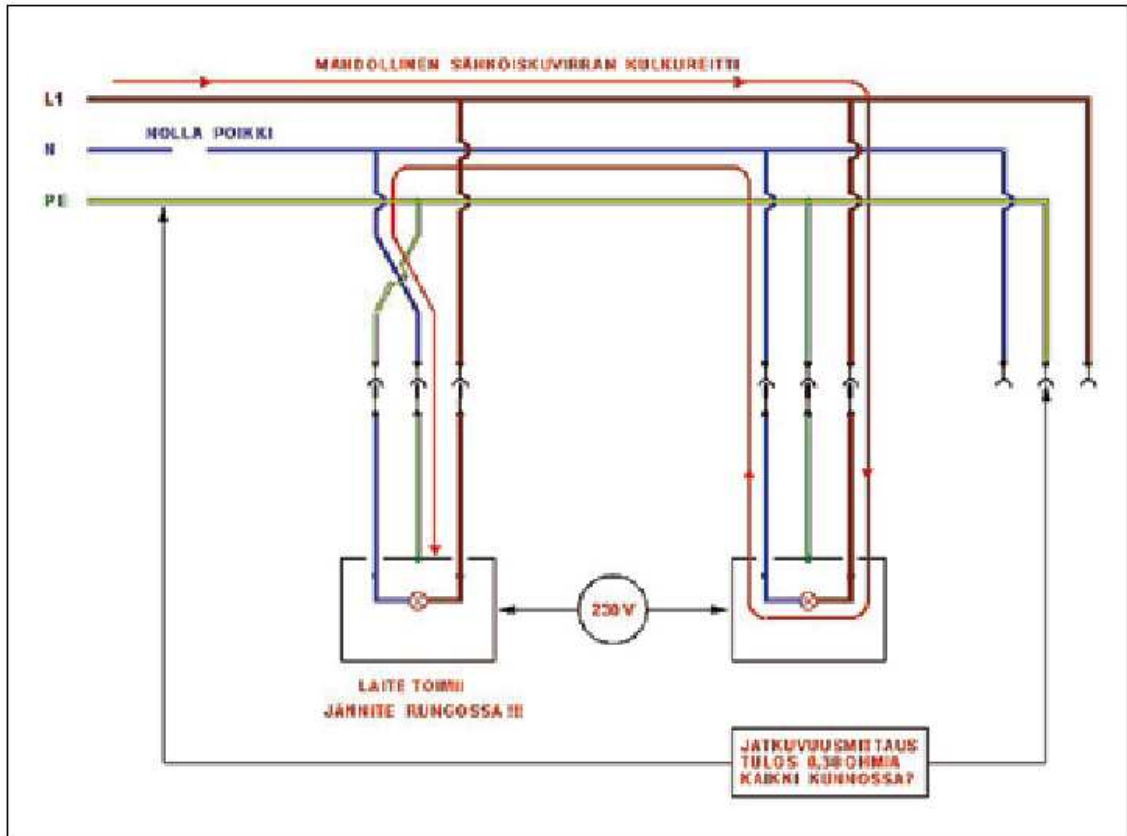
8.2 Mittaukset

Käyttöönottotarkastukseen kuuluvat mittauksetkin on tehtävä ennen kuin sähkölaitteistoon kytketään jännite ensi kerran, jotta varmistetaan sähkölaitteiston riittävä turvallisuus. Tällaisia jännitteettömään sähkölaitteistoon kohdistuvia mittauksia ovat suojajohtimien jatkuvuusmittaukset pienohmimittauksella, asennusten eristysresistanssimittaukset, SELV-, PELV- piirien tai suojaerotettujenpiirien erotusmittaukset, lattia- ja seinäpintojen resistanssimittaukset sekä maadoituselektrodin resistanssin mittaukset. Suojajohtimien jatkuvuusmittaukset ja asennusten eristysresistanssimittaukset ovat kattavia mittauksia, eli niitä ei voida kohdistaa vain osaan asennuksista, ikään kuin pisto-koeluonteisesti. (ST 33, 18.)

8.2.1 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus

Suojajohtimiksi luokitellaan maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, potentiaalintasausjohtimet ja PEN- johtimet. Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan laitekohtaisesti,

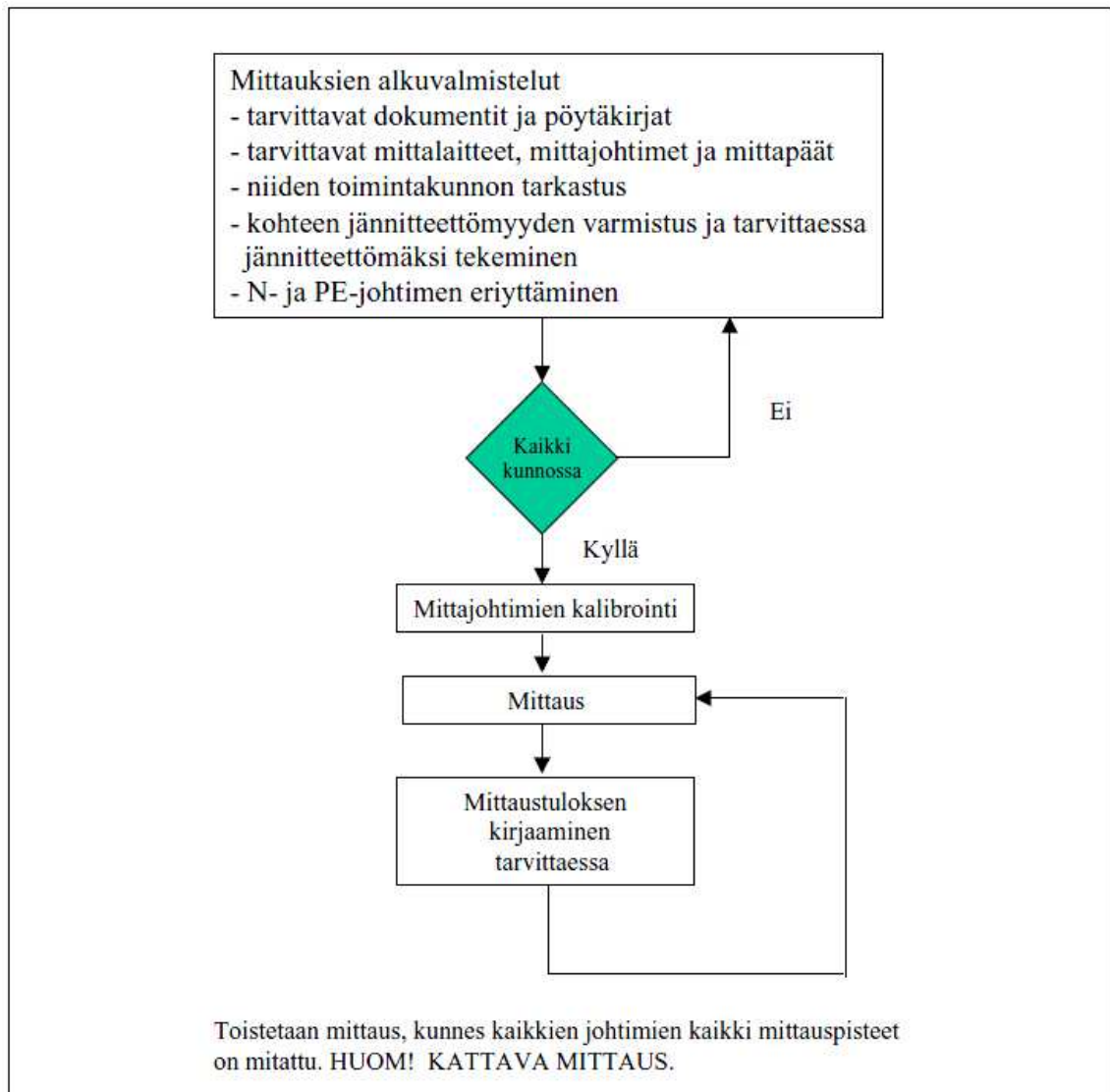
jolloin esim. suojajohtimenjatkuvuus on varmistettava ketjutetussa pistorasiaryhmässä jokaisesta pistorasiasta. Virheellisen kytkennän aiheuttama hengenvaara, jos suojajohtimenjatkuvuusmittaus on tehty vain ketjutetun ryhmän lopusta (kuvio 7). (ST 33, 18.)



Kuvio 7. Virheellisen kytkennän aiheuttama hengenvaara. (ST 33, 19.)

Jatkuvuusmittauksien takia, ei suojajohtimia yleensä tarvitse irrottaa kytkennästä. Sen sijaan TN-S -järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimen yhdistys on irrotettava jatkuvuusmittausten ajaksi. Mikäli mittauksia tehdään ryhmäjohtotasolla, riittää keskustasta syöttävän nousujohdon nollajohtimen irtikytkentä. Ellei näin tehdä, ei nolla- ja suojamaadoitusjohtimen mahdollista vaihtumista keskenään voida mittauksinkaan havaita. Normaalin mittaustavan, voi nähdä suojajohtimen mittauksen normaalista mittauksesta (kuvio 8) (ST 33, 18.)

Jatkuvuusmittauksessa mitataan yleisimmin, kuparijohtimen resistanssia ja tästä syystä mittaustulokset ovat arvoltaan varsin pieniä. Yleisesti mittaustulokset vaihtelevat arvoissa 0– 2 Ω . Vain poikkeuksellisen pitkillä johdinpituuksilla voi arvo ylittää 2 Ω :a (ST 33, 18.)

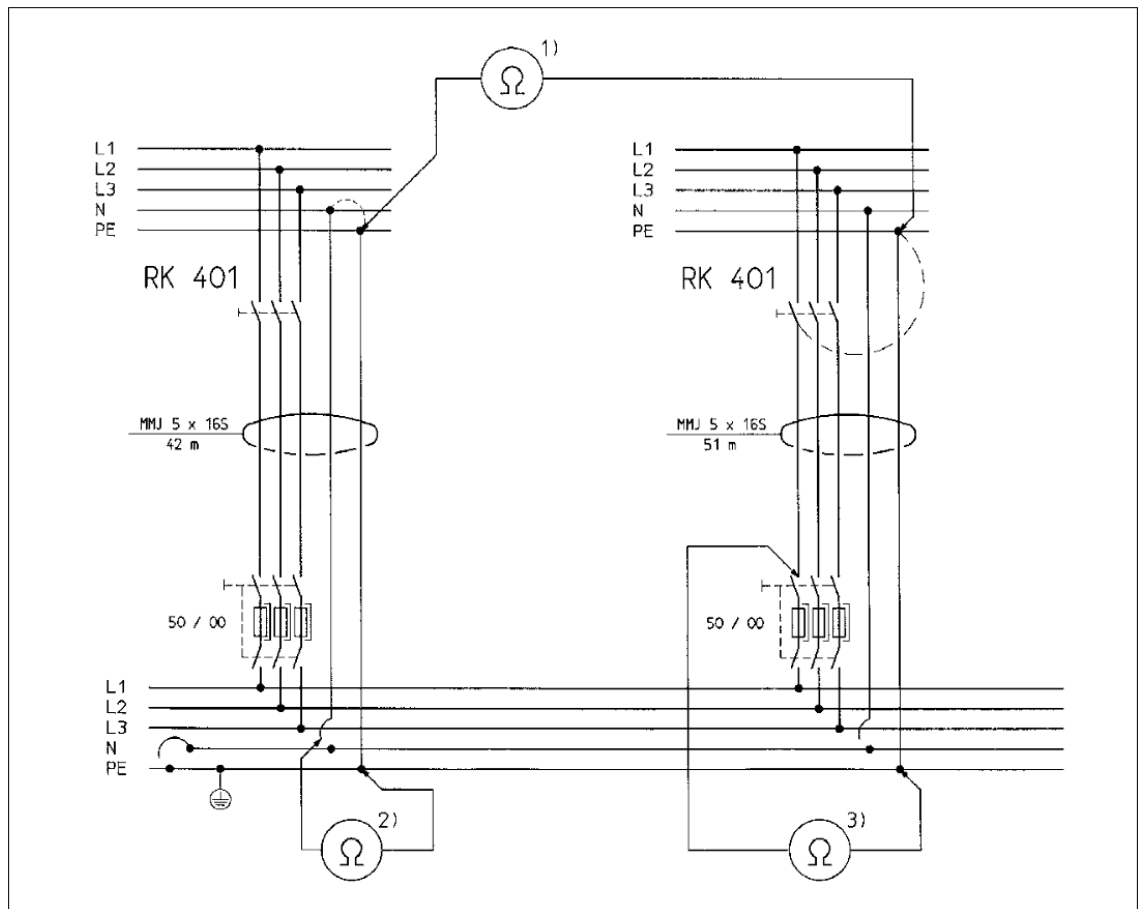


Kuvio 8. Lohkokaavio, suojajohtimen jatkuvuus, normaalimittaus (ST 33, 20.)

Keskuskohtaisista mittaustuloksista on suositeltavaa kirjata, ainakin suurin esiintyvä arvo. Kirjaustieto mittauspaikan suhteen on tehtävä sillä tarkkuudella, että mittauspöytäkirjassa olevien tietojen perusteella voidaan myöhemminkin tehdä mittaus samasta pisteestä vertailutiedon saamiseksi. Yleinen käytäntö on, että kaikki testauksien tulokset on tarvittaessa annettava laitteistonhaltijalle. Hyvä tapa on kirjata aina kaikki mittaustulokset, mikä tallentavilla mittalaitteilla onkin järkevä menettelytapa. (ST 33, 20.)

Jotta saadut mittaustulokset voidaan yhdistää jälkikäteen oikeaan mittaushetkeen, on jo mittausten suunnitteluun samoin kuin itse mittausten suorituksiinkin kiinnitettävä huomiota. Esimerkiksi jälkikäteen mittaustuloksia tarkasteltaessa havaitaankin jonkin mittaustuloksen olevan poikkeuksellisen suuri, on voitava helposti toteuttaa uusintamittaus juuri oikeasta paikasta. Mikäli tehtyjä mittauksia ei voida kohdistaa varmuudella oike-

aan kohtaan, on äärimmäisessä tapauksessa tehtävä kaikki kohteen jatkuvuusmittaukset uudelleen. Mittauspöytäkirjasta näkee suojajohtimen jatkuvuusmittauksien tulokset (liite 10). (ST 33, 21.)



Kuvio 9. Suojajohtimen jatkuvuusmittauksen esimerkkejä (ST 33, 22.)

Vaihtoehtoisia tapoja mitata suojajohtimen jatkuvuus (kuvio 9):

Vaihtoehto 1: Mittaus käyttäen hyväksi kahden lähekkäin sijaitsevan jakokeskuksen nousujohtojen suojajohdinta.

Vaihtoehto 2: Mittaus käyttäen hyväksi nousujohdon nollajohdinta, tämä edellyttää tilapäistä kytkentää eli nollajohtimen kytkentää väliaikaisesti PE- johtimeen nousukeskuksessa.

Vaihtoehto 3: Mittaus käyttäen hyväksi yhtä nousujohdon vaihejohdinta, tämä edellyttää tilapäistä välijohtinta vaiheen ja PE- kiskon välille nousukeskuksessa.

8.2.2 Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen

Ennen vikavirtapiirin impedanssinmittausta, on mitattava suojajohtimien jatkuvuus. Tilanteessa, jossa mitataan vikavirtapiirin impedanssi, on mittaus suoritettava piirin nimellistaajuudella. Mittauksen ei välttämättä tarvitse olla kattava. Laajaa mittausta joudutaan harvoin tekemään, vaan mittauksia isoissakin kohteissa tulee keskuskohtaisesti vain muutamia, mutta kattava mittaus on aina luotettavampi. (ST 33, 31.)

Mittauksen suorittamista jokaisesta keskuksesta ja muutamaa mittausta kunkin keskuksen epäedullisimmiksi arvioiduista pisteistä on peruslähtökohtana. Epäedullisin piste on yleensä pitkä ja johdin poikki pinnaltaan pieni ryhmäjohto. Mittausten perusteella voidaan päätellä, tarvitaanko lisää mittauksia vai voidaanko jo tehtyjen mittausten avulla päätellä nopea poiskytkentä tapahtuvaksi kaikissa asennuksen kohdissa. Keskuksista mitattujen arvojen avulla, voidaan myös tulevaisuudessa helposti päätellä, miten mahdolliset lisäykset ja laajennukset voidaan toteuttaa. (ST 33, 31.)

Mitatun vikavirtapiirin impedanssin on oltava TN- järjestelmässä sellainen, että syötön poiskytkentä tapahtuu standardin edellyttämässä ajassa. Lisäksi tulee ottaa huomioon lämpötilannoususta johtuva, resistanssin suureneminen vikatapauksessa. Tämä on käytännössä otettu huomioon siten, että mittaamalla saatu vikavirtapiirin impedanssi saa olla korkeintaan $4/5$ laskennallisesta impedanssiarvosta. Edelleen tästä seuraa, että taulukoissa yleisimmin käytettyä suojalaitteen toimintarajavirran arvoa tulee korottaa niin, että mittauksessa vaadittu arvo saadaan kertomalla laskennallinen arvo $5/4$:lla. Näin mittaamalla saaduksi oikosulkuvirran arvoksi vaaditaan 1,25-kertainen virta-arvo toimintarajavirtaan verrattuna. (ST 33, 31.)

Käytännössä mittalaitteet mittaavat vikavirtapiirin impedanssiarvoa. Nimellisjännitteen arvoa hyväksikäyttäen, sitten joko lasketaan vikatilanteessa syntyvän oikosulkuvirran arvo. Monipuolisimmissa testilaitteissa testeri itse, suorittaa automaattisesti tarvittavat laskutoimitukset, ilmoittaen saadun mittaustuloksen niin silmukkaimpedanssi- kuin oikosulkuvirta-arvonakin. Saatua virta-arvoa sitten verrataan suojalaitteentaulukkoarvoon, joka on kyseisen suojalaitteen vaatima oikosulkuvirta-arvo, jolla suojalaite toimii vaaditussa ajassa. (ST 33, 32.)

Taulukko 2. Pienimmät johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja niiden vaadittu mitattu arvo (ST 33, 33.)

Nimellisvirta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Taulukko 3. Pienimmät gG- sulakkeiden toimintavirrat ja niiden vaadittu mitattu arvo (ST 33, 33.)

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	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	287	359	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	10625	5100	6375

Annettuja suojalaitteen toiminta-aika-arvoja on normaalisti tulppa- ja kahvasulakkeilla pienjänniteverkossa kaksi, 0,4 ja 5 sekuntia. Saavuttaakseen lyhyemmäntoiminta-ajan, tulee tulppa- ja kahvasulakkeilla olla huomattavasti suurempi oikosulkuvirranarvo, kuin mitä pidemmällä toiminta-ajalla vaaditaan (taulukko 3). Johdonsuojakatkaisijaa käytet-

täessä käytettävällä aika-arvolla ei ole siinä mielessä merkitystä, että suojalaitteen vaatima oikosulkuvirta-arvo on sama molemmilla aika-arvoilla (taulukko 2). (ST 33, 32.)

Laukaisuaika sulakkeille määritetään seuraavasti, 5 sekunnin laukaisuaikaa saadaan käyttää jakokeskuksia syöttävillä johdoilla. Muissa tapauksissa laukaisuajan, tulee olla maksimissaan 0,4 sekuntia. (ST 33, 32.)

8.2.3 Eristysresistanssin mittaus

Vaikka standardissa eristysresistanssin mittaus onkin mainittu, tehtäväksi suojajohtimen jatkuvuusmittausten jälkeen, on pienemmissä kokonaisuuksissa järkevää tehdä eristysresistanssimittaus ensimmäisenä mittauksena. (ST 33, 22.)

Jos eristysresistanssimittaus tehdään ensimmäisenä mittauksena, tulee varmistaa, että nolla- ja PE- johtimet on eriytetty toisistaan, niin kuin suojajohtimen jatkuvuuden mittauksessa. Eristysresistanssi on mitattava, kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä. TN-S- järjestelmässä myös nollajohdin katsotaan jännitteiseksi johtimeksi. TN-C- järjestelmässä PEN- johdinta pidetään osana maata. Mittauksen aikana äärijohtimet ja nollajohtimet saa kytkeä yhteen (rinnan). Tällöin voidaan selvittää jopa yhdellä ainoalla mittauksella. (ST 33, 22.)

Vikaantumisvaara tai testitulosten muuttuminen käytettäessä 500 V:n mittausjännitettä, voidaan joissain tapauksissa estää kytkemällä äärijohtimet ja nollajohtimet mittauksen ajaksi yhteen (rinnan). Mittausjännitteen suuruus on muistettava, ettei tämä toimenpide varmuudella estä elektronisten laitteiden vikaantumista. Sopivan virhekytkennän sattuessa, saattavat elektroniset laitteet vioittua edellä mainitusta ääri- ja nollajohtimien yhteen, kytkennästä huolimatta. (ST 33, 22.)

Mikäli releen tai kontaktorin koskettimet voidaan sulkea esim. painamalla ruuvimeisselillä, näin voidaan menetellä. Mittaukset suoritetaan sulkien yksi kontaktori kerrallaan. Muu asennus voi olla mittauksessa mukana, jos saadut mittaustulokset ylittävät vaaditun arvon. Tällainen kuitenkin merkittävä jokainen mittaussarvo niin, että jälkepäin voidaan selvittää, mikä rele tai kontaktori kulloinkin on ollut kiinni. Nykyisin on käytössä myös, sellaisia releitä ja kontaktoreja, joita ei mekaanisesti voida sulkea. Tällöin on

releen tai kontaktorin jälkeinen asennus on mitattava erikseen. Näissä tilanteissa on syytä muistaa, että ennen relettä tai kontaktoria tehdyt äärijohtimien ja nollajohtimien yhdistykset eivät enää vaikuta. (ST 33, 22.)

Taulukko 4. Eristysresistanssi pienimmät sallitut arvot (SFS6000-6-61, 5.)

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	≥ 1,0
Yli 500 V	1 000	≥ 1,0

Eristysresistanssille on määrätty pienimmät sallitut arvot (taulukko 4), jos koko laitteiston mittauksessa ei saavuteta, taulukon mukaista eristysresistanssin arvoa. Mittauksia tulee tehdä pienempiryhmä kerrallaan niin, että taulukon antama minimiarvo saavutetaan. Yksittäistä ryhmäjohtotasoja pienemmäksi ei mitta-alueita saa kuitenkaan pienentää. Jos tällöinkään ei vielä saavuteta standardin mukaista eristysresistanssinarvoa, tulee syy selvittää ja poistaa vika. Vianpoiston on tapahduttava ennen jännitteen kytkemistä sähkölaitteistoon, jos katsotaan vian luonne sellaiseksi, että siitä voi jännitteen kytkemisen seurauksena syntyä vaaraa. Vika on kuitenkin poistettava aina, ennen kuin kohde luovutetaan varsinaiseen käyttöön. (ST 33, 24.)

8.3 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Jokainen vikavirtasuojaja on tarkastettava. Tarkastukseen kuuluu vikavirtasuojassa olevan testipainikkeen toiminnan tarkastus. Lisäksi tulee mittaamalla varmistua, että laite toimii omalla määrätyllä nimellistoimintavirrallaan (10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA tai 500 mA). Poiskytkentäaika suositellaan mitattavaksi kaikissa tapauksissa, mutta se on tehtävä aina, kun käytetään aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia tai olemassa olevien asennusten muutos- ja laajennustöissä, joissa olemassa olevia vikavirtasuojia käytetään muutos- ja laajennusosien poiskytkentälaitteina. Lisäksi tehdään aina, kun vikavirtasuojaa käytetään vikasuojaukseen ja lisäsuojaukseen.

Tyypillisiä tällaisia testauksia ovat, niin sanottu ramppitesti ja vikavirtasuojakytkimen jälkeisen nollapiirin erillään pysymisen mittaaminen muista nollapiireistä. Ramppitestin avulla saadaan selvitettyä yleensä vikavirtasuojakytkimen todellinen toimintavirta. Mi-

käli nämä arvot mitataan, on niiden kirjaaminen pöytäkirjaan järkevää mahdollisia myöhemmin tehtäviä tarkastuksia varten. Ramppitestillä voidaan myös varmistua siitä, ettei vikavirtasuojakytkin ole liian herkkätoiminen. Laitestandardin mukaan vikavirtasuojakytkimen toimintavirta, tulee olla puolet tai saman suuruinen nimellistoimintavirtaansa nähden. Mittaamalla vikavirtasuojakytkimen jälkeisen nollan erillään pysyminen muista nollapiireistä, voidaan estää vikavirtasuojakytkimen välitön laukeaminen aiheettomasti vikavirtasuojakytkimen jälkeisiä ryhmiä käyttöön otettaessa. (ST 33, 34.)

9 POHDINTA

Selvitys ja suunnittelu olivat melko aikaa vieviä, koska en ollut aikaisemmin lukenut paljon sähkökuvia ja piirikaaviota. Tästä syystä piirtäminen oli jonkin verran haastavaa. Koulussa opiskellut sähkö- ja automaatio suunnittelun kurssi antoi kyllä hyvää pohjaa tähän opinnäytetyön tekemiseen. Työn edetessä suunnitelman tarkkuuden tärkeys selventyi ja työtä toteuttaessa se korostui entisestään. Suunnitelman piiri- ja johdotuskaavioiden tekoon todella pikkutarkkaa hommaa, ellei ole sellaista ohjelmaa, joka tekee paljon työvaiheita itsestään. Esimerkiksi kuinka kaikki riviliittimenpaikat pitää olla merkittynä tarkasti oikein, jokaiselle suunnitelman sivulle ja lehdelle.

Keskuksen rakentamisvaiheessa korostui esimerkiksi kustannustehokkuus kaapeleiden mitoittamisessa, jos mitoittaa kaapelin liian pitkäksi se voi tulla kalliiksi, jos kaapeli on suuri poikkipinnaltaan. Suuret syöttökaapelit eivät ole kovinkaan halpoja. Liian lyhyeksi kaapelireitin arviointi tulee maksamaan myös, kun kaapelia pitää jatkaa.

Sain olla myös mukana keskuksen asennuksessa, joka oli hyvä asia kun itselläni ei ole aikaisempaa sähköasentajan taustaa. Asentajan näkökulma toi paljon uusia asioita, mitä pitää ottaa huomioon suunnittelussa. Kaikki pienet ja mitättömimmätkin materiaalit pitää muistaa ottaa huomioon. Mikäli suunnittelijan tekemästä materiaaliluettelosta uupuu, vaikka sulakepohjat, niin työ voi viivästyä päivänkin. Tällaiset viivästykset tulevat kalliiksi, työlle tulee lisää kuluja ja työn kate kärsii. Jos työ tehdään urakalla, niin kärsijän rooliin joutuu asentajat.

Työnsuorittaminen ja suunnittelu onnistuivat kaiken kaikkiaan hyvin. Tarjouslaskentaankin laskettu urakka piti paikkansa melko hyvin ja asentajat pääsivät vielä kohtuullisille palkkioille hyvin tehdystä työstä. Loppudokumentointi oli helppo tehdä, kun sai olla mukana keskuksen asennuksessa ja punakynä kuvat tulivat tehtyä, niin kuin pitääkin.

LÄHTEET

- ABB 2000. TTT-Käsikirja Luku 7: Oikosulkusuojaus. 7.2000.
- Autio, Ismo 2003. Sähköurakoitsijan jakokeskusopas. Espoo: Suomen Sähkö- ja te-
leurakoitsijaliitto.
- Fortum Oy 2013. Fortum vesivoimalaitokset. Hakupäivä 5.3.2013
<<http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/vesivoima/vesivoima/pages/default.aspx/>>
- Fortum Power and Heat Oy 2011. Lämpökuvausraportti.
- Huotari, Kari & Partanen Jarmo 1998. Teollisuusverkkojen oikosulkuvirtojen laskemi-
nen. Opetusmoniste. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu.
- Infradex Oy. Lämpösäteily ja infrapuna. Hakupäivä 20.4.2013
<<http://infradex.com/teoria.html/>>
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta
17.12.1999/1193.
- Kauppinen, Timo & Paloniitty, Sauli 2006. Rakennusten lämpökuvaus. Rakennusteolli-
suuden Kustannus RTK Oy.
- Määttä, Harri, suunnittelupäällikkö & Pohjola, Kimmo, resurssivastaava, Fortum Power
and Heat Oy, Pällin keskus OBJB06, 13.2.2013.
- SFS600, 2007. Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus, SFS 6000-4-41
- SFS600, 2007. Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus, SFS 6000-5
- SFS- käsikirja 16 2003. Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluk-
sia enintään 1000V moottorikäyttöille. 3.2003.
- ST- kortisto 2002. ST- käsikirja 35. Tilat ja asennusreitit
- ST- kortisto 2004. ST 53.14 Ohjeet perinteisten sulakkeiden valinnasta ja käytöstä, alle
1000V:n sähköjärjestelmät. 15.4.2004
- ST- kortisto 2006. ST 52.51.02 Sähkönlaatu. Jännitteenaleneman minimoiminen.
15.5.2006
- ST- kortisto 2007. ST- käsikirja 33 Rakennusten sähköasennusten tarkastukset.
- ST- kortisto 2008. ST 53.52 Ohjeet vikasuojauksessa TN- järjestelmässä <1000V.
15.2.2008
- ST- kortisto 2008. 53.13 Kiinteistön sähköverkon suojaus selektiivisyys. 15.2.2008
- ST- kortisto 2008. 53.52 Ohjeet kiinteistöjen johtojen mitoituksesta ja suojauksesta
<1000V. 15.5.2008
- Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410
- Ympäristö 2010. Oulujoen valjastaminen. Hakupäivä 4.2.2013
<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=25623&lan=fi>>

LIITTEET

- LIITE 1. K12 Piirikaavio
- LIITE 2. Keskuksen tarjouskyselyaineisto (3)
- LIITE 3: Laskut (6)
- LIITE 4. Työselostus oikosulkuvirroista Pällin voimalaitos (3)
- LIITE 5. Loppukuvat (15)
- LIITE 6. ABB kojevalintataulukko
- LIITE 7: Kaapeliluettelo
- LIITE 8: Työselostus (23)
- LIITE 9: Tarjouslaskenta
- LIITE 10: Mittauspöytäkirja