

Jännitekoestuslaitteen koestusmenetelmän uusiminen

Antti Ollikainen

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Informaatio- ja mediatekniikka
Tunnistenumero:	3947
Tekijä:	Antti Aku Erik Ollikainen
Työn nimi:	Jännitekoestuslaitteen koestusmenetelmän uusiminen
Työn ohjaaja (Arcada):	DI Kim Rancken
Toimeksiantaja:	Prysmian Cables & Systems Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Prysmian Cables & Systemsin jännitekoestuslaitteet ovat vanhoja eivätkä täytä SGS Fimkon vaatimuksia, eli tehtaan laitteista ei pysty määrittämään laukaisuvirtaa. Tämä ei ole SGS Fimkon mukaan tulevaisuudessa sallittua koska laukaisuvirta on oltava luettavissa. Työn tarkoituksena on saada tehtaan koestuslaitteet standardien mukaisiksi ja täten lisätä koestuksen luotettavuutta ja yhteneväisyyttä sekä poistaa riski inhimillisten erehdysten syntymiseen. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tehtaan vanhoja koestuslaitteita miten ne toimivat ja miten jännitekoestuslaitteesta saataisi SGS Fimkon standardien mukainen sekä mitä hyötyä uudistus toisi mukanaan. Työn rajaamiseksi keskityttiin riippukierrekaapeleiden vesi-koestukseen. Tehtaalla todettiin että ongelman ratkaisemiseksi jokaiselle kela-paikalle jännitekoestuspaikalla tarvittaisiin uudet mittalaitteet. Todettiin tarkastuksen tehtänee siten, että mittalaitteiden ja jännitesyötön välille rakennettaisiin kytkin jolla valittaisiin joko jännitekoestus tai laitteen toiminnantestaus. Tuloksena uudistuksesta mittaukset olisivat yhtenevät koska käytettäisiin samaa vakio-mittaobjektia jokaiseen mittaukseen. Todettiin myös että tehtaan muihin koestuskenttiin voidaan soveltaa samaa menetelmää kuin riippukierrekaapelitestikenttään.</p>	
Avainsanat:	Prysmian Cables & Systems, koestuslaite, kaapeli, standardi, laukaisuvirta
Sivumäärä:	55 + 1
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	17.12.2012

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och medieteknik
Identifikationsnummer:	3947
Författare:	Antti Aku Erik Ollikainen
Arbetets namn:	Jännitekoestuslaitteen koestusmenetelmän uusiminen
Handledare (Arcada):	DI Kim Rancken
Uppdragsgivare:	Prysmian Cables & Systems Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Prysmian Cables & Systems spänningstestutrustningar är gamla och uppfyller inte kraven ställda av SGS Fimko d.v.s. man kan inte bestämma utrustningens utlösningström. Detta är, enligt SGS Fimko, inte längre godkännbart i framtiden p.g.a. att utlösningströmmen bör vara avläsbar. Målet med arbetet är att få fabriken spänningstestutrustning uppdaterad så, att den uppfyller SGS Fimkos direktiv och som resultat av detta öka tillförlitligheten och enhetligheten hos mätningarna samt eliminera risken för mänskliga misstag. I detta examensarbete granskar man fabriken gamla spänningstestutrustningar hur de fungerar och hur man kunde få dem uppdaterade så att de skulle uppfylla SGS Fimkos krav samt vilken nytta man skulle ha av det uppdaterade systemet. För att avgränsa arbetet kommer man att fokusera sig på hängkablarna och vatten-testningsutrustningen. På fabriken kom man fram till den slutsatsen att för att lösa problemet borde man installera nya mätninginstrument för varje kabeltrummaplats. Det konstaterades att man skulle behöva en brytare mellan spänningsförsörjningen och mätinstrumenten med vilken man skulle endera utföra spänningstest eller testet på utrustningen. Som resultat av förnyandet av testsystemet skulle fabriken mätningar vara enhetliga p.g.a. man skulle använda sig av samma konstanta mätobjekt för varje test. Det konstaterades också att man kan tillämpa vatten-testpunktens resultat för att lösa samma problem vid de övriga testpunkterna på fabriken.</p>	
Nyckelord:	Prysmian Cables & Systems, spänningstest utrustning, kabel, standard, utlösningström
Sidantal:	55 + 1
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	17.12.2012

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Information and Media Technology
Identification number:	3947
Author:	Antti Aku Erik Ollikainen
Title:	Jännitekoestuslaitteen koestusmenetelmän uusiminen
Supervisor (Arcada):	M.Sc. Kim Rancken
Commissioned by:	Prysmian Cables & Systems Oy
<p>Abstract:</p> <p>Prysmian Cables & Systems voltage test equipment are old and don't fulfill the requirements set by the directives of SGS Fimko. The remark towards the factory was that the tripping current wasn't readable from the factory's voltage test equipment which will become mandatory in the future. The aim with the thesis is to get the test equipment up to date so that they will be in accordance with the new directives presented by SGS Fimko and by doing this increasing the reliability & coherency of the voltage tests and eliminating the possibility for human errors. In this thesis the function of the factory's old voltage test systems will be studied and how one could upgrade the existing equipment so that it would be in accordance with the directives presented by SGS Fimko. In addition the benefits with upgrading the equipment will be looked into. To restrict the thesis it will be concentrated on the aerial bundled self-supporting cables water testing. It was established that to solve the problem with the tripping current the new test equipment has to be built individually for every testing post. It was determined that the test has to be done by building a switch between the test equipment and the voltage supply with which one could either set for testing the test equipment tripping current or voltage test the cable connected to the testing post. As a result from the renewal of the equipment the test measuring would be convergent because of the use of an identical test object for every test carried out. It was also noted that the same procedure done to the aerial bundled self-supporting cables testing point could be implemented to the other testing locations in the factory.</p>	
Keywords:	Prysmian Cables & Systems, voltage test equipment, cable, standard, tripping current
Number of pages:	55 + 1
Language:	Finnish
Date of acceptance:	17.12.2012

Tiivistelmä

Sammandrag

Abstract

Alkusanat

SISÄLLYSLUETTELO

Kuvaluettelo

Taulukot

1	Johdanto	10
2	Prysmian Cables & Systems Oy	11
3	Standardointi	13
3.1	SFS 4880-standardi.....	13
3.1.1	<i>Harmonisointiasiakirja 605</i>	<i>14</i>
3.2	SFS 2200-standardi.....	15
3.2.1	<i>Harmonisointiasiakirja HD 626</i>	<i>16</i>
4	Kaapelityypit	17
4.1	Voimakaapelit	17
4.2	Häiriösuojatut voimakaapelit	26
4.3	Halogeenittomat voimakaapelit	30
4.4	Asennusvoimakaapelit	33
4.5	Palonkestävät voimakaapelit.....	35
4.6	Riippukierrekaapelit	37
5	Amka -kaapelien koestus	39
5.1	Nykylaitteisto	42
5.2	Vuotovirtaraja	45
6	Suunnitelma testimittauksen uusimisesta	46
6.1	Ehdotus mittausuudistuksen fyysiseksi toteutukseksi.....	48
6.2	Vaikutuksia uudistuksen seurauksena	50
6.3	Muita hyötyjä	51

7 Yhteenveto	52
Lähdeluettelo	54
Liitteet	

Kuvaluettelo

Kuva 1. Pikkalan tehdas.

Kuva 2. Prysmian Cables & Systemsin arvot.

Kuva 3. AXMK –kaapeli (ylempi) ja XMK –kaapeli (alempi).

Kuva 4. AXMK-PLUS kaapelin rakenne.

Kuva 5. AMCMK-XTTM 3+1 -kaapeli.

Kuva 6. AMCMK 4½-johdiminen -kaapeli.

Kuva 7. AMCMK 3½johdiminen -kaapeli.

Kuva 8. MCMK 3½-johdin -kaapeli.

Kuva 9. MCMK 4½-johdin -kaapeli.

Kuva 10. AMCCMKTM 3½-johdin -kaapeli.

Kuva 11. MCCMKTM 3½-johdin -kaapeli.

Kuva 12. AXCMK-HF -kaapeli.

Kuva 13. XCMK-HF -kaapeli.

Kuva 14. MCMK 2,3 ja 4-johdimiset -kaapelit.

Kuva 15. AFUMEX FRHF-EMC -kaapeli.

Kuva 16. AMKA kaapeli pitkittäisharjoineen.

Kuva 17. Riippukierrekaapelit valmiina vesikoestukseen.

Kuva 18. Riippukierrekaapelit veteen upotettuina.

Kuva 19. Riippukierrekaapelikoestuspaikan sähkökaapit.

Kuva 20. Tehtaan nykyinen testimenetelmä.

Kuva 21. Laukaisuvirtalaitteen säädöt.

Kuva 22. Nykyinen sähkökaavio.

Kuva 23. Uusi sähkökaavio lisätyllä kytkimellä ja vakioresistanssilla (R) sekä virtamittarilla (A).

Taulukot

Taulukko 1. AXMK ja XMK -kaapelit.

Taulukko 2. AXMK –kaapeli (ylempi) ja XMK –kaapeli (alempi).

Taulukko 3. AMCMK-XT -kaapelit.

Taulukko 4. AMCMK 3½-johtimiset -kaapelit.

Taulukko 5. AMCMK 4½-johtimiset -kaapelit.

Taulukko 6. MCMK 3½-johtimiset -kaapelit.

Taulukko 7. MCMK 4½-johtimiset -kaapelit.

Taulukko 8. AMCCMK 3½-johdin -kaapelit.

Taulukko 9. MCCMK 3½-johtimiset -kaapelit.

Taulukko 10. AXCMK-HF 4½-johtimiset -kaapelit.

Taulukko 11. XCMK-HF 4½-johtimiset -kaapelit.

Taulukko 12. MCMK kaksi-johdin -kaapelit.

Taulukko 13. MCMK kolmi-johdin -kaapelit.

Taulukko 14. MCMK neli-johdin -kaapelit.

Taulukko 15. AFUMEX FRHF-EMC -kaapelit.

Taulukko 16. AMKA -kaapelit.

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö tehtiin Prysmian Cables & Systems Oy:lle joka on Kirkkonummella sijaitseva maailmanlaajuisesti johtava telekaapeleitten ja energiakaapeleitten valmistaja. Olen ollut tehtaalla C2 hallin paikkausosastolla paikkaamassa vikajohtimia ja kaapeleita joten tämän opinnäytetyön yhteydessä sain tutustua kaapeleiden jännitekoestuslaitteeseen perusteellisesti.

Haluan kiittää Prysmian Cables & Systems Oy:tä kiinnostavasta ja haastavasta aiheesta. Iso kiitos myös Jussi Mäelle ja Pauli Tammisselle jotka ovat olleet tehtaan puolesta mukana asiantuntevina ohjaajina työssä. Lopuksi haluan vielä kiittää Arcadan DI Kim Ranckenia hänen neuvoistaan ja asiantuntevasta avusta työn ohessa sekä kaikkia muita henkilöitä jotka ovat olleet auttamassa.

Kirkkonummella, 30.11.2012

Antti Ollikainen

1 JOHDANTO

Prysmian Cables and Systems Oy on kansainvälisesti johtava energiakaapeleitten sekä telekaapeleitten valmistaja. Prysmian Cables and Systems Oy myös räätälöi asiakkailensa omat kaapelijärjestelmänsä valmiiksi toimitettuna ja asennettuna. /1/ Prysmian Cables and Systems Oy markkinoi energia- ja telekaapeleita kaapelijärjestelmien lisäksi, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään energiakaapeleihin koska Suomen Pikkalan tehtaalla valmistetaan pääasiassa energiakaapeleita.

Kaikki tuotannosta tulevat kaapelit joutuvat läpikäymään rutiinijännitelujuustestin, jonka testijännite riippuu kaapelityypistä, esim. sertifioiduille kaapeleille, joiden nimelliskäyttöjännite on 450 V/750 V, on rutiinitestin testijännite 2500 VAC ja testiaika 5 min. /2/ Läpikäymällä rutiinijännitelujuustestin yhtiö voi taata asiakkailleen turvallisen kaapelin joka ei aiheuta vaaraa rakennuksille eikä ihmisille.

Prysmian Cables and Systems Oy:n Pikkalan tehdas Kirkkonummella on vanha, se aloitti tuotantonsa jo 1960-luvulla. /3/ Ikänsä takia tehtaalla jännitekoestuslaitteet ovat vanhoja eivätkä enää täytä kaikkia tarvittavia standardeja. Pikkalan tehtaalla jännitekoestuslaitteen toiminnan testaus tapahtuu nykyään kytkemällä laitteen jännitesyöttö maahan. Laitteen pitäisi näin ilmaista oikosulku. Uusien direktiivien myötä suora oikosulku ei enää ole hyväksyttävää koska laukaisuvirta pitäisi olla tiedossa, mikä suoralla oikosululla tehtynä ei ole mahdollista. Kuvassa 1 on nähtävissä Pikkalan tehdasalue.
/4/



Kuva 1. Pikkalan tehdas.

Tämän insinööriyön päätarkoituksena on selvittää jännitekoestuslaitteiston toiminnan testaus ja miten laitteiston jännitekoestustesti voidaan suorittaa siten että laukaisuvirta on tiedossa, mikä myös oli SGS Fimkon vaatimus. Toinen tärkeä näkökohta on tehdä laitteiston jännitekoestustestistä (laitteiston testistä) niin yksinkertainen että kaapelityypin vaihtoon ei kuluisi liian paljon aikaa koestuslaitteiston testin takia.

2 PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS OY

Vuonna 1912 perustettiin Suomen punomatehdas, jonka ensimmäisiä tuotteita olivat metallista, kumista sekä langasta tehtyjä sähköjohtoja. Myöhemmin Suomen Kaapelitehdas perustettiin jatkamaan punomatehtaan toimintaa. /5/ Yhtiö on läpikäynyt monta nimenvaihtoa ennen kuin siitä tuli vuonna 2005 yrityskaupan kautta Prysmian Cables & Systems Oy, omistajana sijoitusyhtiö Goldman Sachs Capital. /6/

Prysmian Cables and Systems kehittää, suunnittelee, valmistaa, toimittaa sekä asentaa energia- ja telekaapeleita ja kaapeliratkaisuja. Lyhyesti sanottuna Prysmian Cables and Systems toimittaa asiakkailleen räätälöityjä ratkaisuja aina kaapelin valmistuksesta valmiiseen kaapelijärjestelmään. /1/

Prysmian Cables & Systems Oy toimittaa pääasiassa kaapeleita sähkölaitoksille, urakoitsijoille, tukkukaupalle, asentajille sekä teollisuudelle. Prysmian-konsernin liikevaihto oli vuonna 2010 n. 7 miljardia euroa. Yhtiö toimii 50 eri maassa ja sillä on 98 tehdasta ja 22 tutkimus- sekä tuotekehityskeskusta globaalisesti. Yhtiön palveluksessa on n. 22 000 työntekijää. /1/ Yhtiön arvot ovat mm. avoimuus, inspiointi, oma-aloitteisuus, tulevaisuuden näkymä jne. Prysmian Cables & Systems Oy:llä on tavoitteena toimia esikuvana kaapelinvalmistajana ja toimittaa laatua ja luotettavuutta kilpailukykyiseen hintaan, kuten kuvasta 2 näkyy. /7/ Yhtiö on syystäkin yksi maailman suurimpia energia- ja telekaapeleiden toimittaja.



Kuva 2. Prysmian Cables & Systemsin arvot.

3 STANDARDOINTI

Standardisoinnin idea voisi tarkoittaa ratkaisua yhteensovittamisongelmaan. Esimerkkinä voisi olla että asiakas ostaa kaupasta sähköjohdon missä ei ole minkäänlaisia merkauksia ja aikoo asentaa sen kotona jolloin huomataan että johto ei sovi pistorasiaan. Standardisoidussa sähköjohdossa olisi ollut merkintöjä mistä olisi voinut nähdä jos kyseessä oleva sähköjohto sopii juuri Sinun pistorasiaan. Standardisoinnin tavoite on auttaa yhtiöitä sekä kuluttajia olla riippumatta yksittäisistä tavarantoimittajista oli sitten kyse yhteensopivuudesta, yhteentoimivuudesta, turvallisuudesta, testauksesta tai laadusta. Standardin olemassaolo ei suoraan tarkoita sen olevan oikea tai käyttökelpoinen koska se että tuote on leimattu standardinumerolla ei tarkoita, että tuote itsessään olisi tarkoitettu johonkin tiettyyn tarkoitukseen. Henkilöt jotka käyttävät, huoltavat tai määrittävät tuotteet joutuvat varmistamaan tuotteen määräystenmukaisuuden sekä käyttämään tuotetta oikein. Soveltuvuuden vahvistaminen on tämän vuoksi välttämätöntä. /8/

3.1 SFS 4880-standardi

SFS 4880-standardi on Suomen Standardisoimisliiton julkaisema asiakirja joka seuraa CENELEC:n laatimia standardeja. SFS 4880-standardi määrittelee konsentristen tai sektorin muotoisten 0,6/1,0 kV PVC-eristeisten ja –vaippaisten kaapelien rakenteen, testi-vaatimukset sekä mittasuhteet. /9/ Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin suurimalta osalta SFS 2200 standardin mukaisiin jännitetestausvaatimuksiin koska SGS Fimkon huomautus koski pääasiassa 0,6/1,0 kV riippukierrekaapeleiden jännitekoestuskenttää.

3.1.1 Harmonisointiasiakirja 605

prHD 605.S1 harmonisointiasiakirjassa selvennetään miten jännitelujuustesti tulisi tehdä yksijohdin ja monijohdinkaapeleille sekä eristykselle ja vaipalle. Jännitteen ja testiajan on oltava SFS 4880-standardin mukaiset kyseessä olevalle kaapelille. Tässä harmonisointiasiakirjassa on kerrottu että korkeajännitetestin on oltava 10 kV DC ja testiajan 15 minuuttia tai 3 kV AC ja 5 minuuttia. Kaapelin on siis kestävä 10 kV DC 15 minuutin ajan tai 3 kV AC 5 minuutin ajan jotta se voidaan todeta turvalliseksi. Kaapeli ei läpäise jännitelujuustestiä mikäli siinä on reikä, jolloin kaapeli paikataan ja testataan ”sparktesterin” avulla. ”Sparksteri” eli kipinätestilaite ilmoittaa, mikäli paikkaus kestää määrätyn jännitteen. Jos se kestää niin kaapeli joutuu uusintakoestukseen, minkä jälkeen kaapeli on valmis myytäväksi, mikäli se läpäisee uusintajännitelujuustestin. Tässä harmonisointiasiakirjassa vaaditaan myös että kaapelin vaihejohtimet ajetaan sparktesterin läpi tuotannossa, jotta mahdolliset reiät huomataan ja paikataan ennen kuin vaihejohtimet kerrataan yhteen. Sparktesti vaaditaan myös kaapelin ulkovaipalle, eli kuin vaihejohtimet on kerrattu yhteen ja ajettu puristimesta läpi niin kaapeli ajetaan sparktesteristä läpi joka ilmoittaa mahdollisista rei’istä ulkovaipassa. Tämä sama toimenpide pätee yksijohdinkaapeleissa.

Kaapelille tehdään myös HD 605 asiakirjan vaatimia sähkön karakteristisia tyyppikoikeita. Yksi näistä kokeista on johtimien resistanssimittaus. Resistanssimittaus tehdään jokaiselle vaihejohtimelle erikseen jos vaihejohtimia on enemmän kuin yksi. Maksimaalinen resistanssi mitataan + 20 °C asteen lämpötilassa HD 605 harmonisointiasiakirjan mukaan jolloin johtimen resistanssi saa olla maksimaalisesti johtimen poikkileikkauksesta ja materiaalista riippuen 1,9 Ω/km – 0,0291 Ω/km alumiinijohdinkaapeleille ja 1,9 Ω/km – 0,206 Ω/km kuparijohdinkaapeleille.

HD 605 harmonisointiasiakirjassa alapykälässä 3.2 on vielä mainittuna että sähköinen testi asennuksen jälkeen ei ole vaatimuksena mutta asiakkaan vaatiessa sitä se on tehtävä. Testijännite on tässä tapauksessa jännitteestä riippuen 10 kV 15 min ajan DC:llä ja 3 kV 3 min ajan AC:llä. Tässä testissä on samanlaiset vaatimukset kuin aiemmin mainitussa jännitelujuustestissä tuotannosta tulleille kaapeleille. Testi on hyväksytty jos läpilyöntiä ei ilmene testin osoittamana aikana.

SFS 4880 standardin harmonisointiasiakirjaan HD 605 kuuluu myös muita testejä joita tehdään rutiinina 10 % osalle tuotannosta tulleista kaapeleista tai vähintään yksi testi jokaista tuotantoerää kohden. Mainitut testit tehdään osien 1 ja 5 alakohtien 2.2 ja 6.3 mukaan mm. johtimien rakenteelle, johtimien eristykselle, kaapelin ulkovaipan paksuudelle sekä monia muita testejä. /9/

3.2 SFS 2200-standardi

SFS 2200-standardi määrittelee 0,6/1 kV merkittyjen ABC-kaapeleiden testaus-, rakenne- sekä mitoitusvaatimuksia. ABC-kaapelin suomalainen nimi on AMKA ja se koostuu säänkestävistä polyeteenieristeisistä alumiinijohtimista jotka ovat kierrettyjä eristämättömän alumiiniseoksesta valmistetun kannattimen ympärille. Kannattimen virka riippuu kaapelin rakenteesta, eli jos kyseessä on kaksi- tai nelijohdinkaapeli kannatin toimii PEN-johtimena ja viisijohdinkaapelissa kannatin toimii suojajohtimena. /10/

3.2.1 Harmonisointiasiakirja HD 626

HD 626 harmonisointiasiakirjassa listataan riippukierrekaapelin rakennevaatimuksia. Ensimmäisenä kerrotaan miten merkinnän tulisi olla kaapelissa joka on selvennetty HD 626 osassa 1 alakohdassa 3.1, jossa vaaditaan merkinnän olevan painettuna eristyksen pinnalle tai vaihtoehtoisesti kohopainettuna. Toiseksi vaaditaan että valmistajan nimi on luettavissa kaapelin eristyksessä. Viimeisenä vaatimuksena on että valmistusvuosi on painettuna kaapelin eristykseen. Kun esim. valmistaja, valmistusajankohta tai kaapelin nimi on painettuna eristykseen on seuraavien samanlaisten merkintöjen oltava $\leq 0,55$ m päässä edellisistä. HD 626 osassa 1 alakohdassa 3.3 on myös mainittuna että merkinnän on oltava kestävä minkä takia merkintä on painettuna kaapelin eristykseen eikä maalattuna sen pintaan, johtuen siitä että riippukierrekaapelit ovat asennettuna ulkona minkä vuoksi ne joutuvat sään vuoksi kovemmalle koetukselle kuin muut sisälle asennetut kaapelit. Luettavuudesta on vielä maininta HD 626 osassa 1 alakohdassa 3.4, jossa vaaditaan, että merkinnät ovat selkeästi luettavissa paljaalla silmällä. Rakennevaatimuksen loppuosassa on kerrottu että metrimerkinnät ovat valinnaisia eikä niitä ole sen vuoksi Prysmian Cables & Systemsin riippukierrekaapeleissa luettavissa. Viimeisenä on vielä mainittu että pelkkä AMKA-merkintä kaapelissa ei riitä, eli nimen lisäksi on vielä merkittävä vaihejohtinten määrä, vaiheiden poikkipinta, kannattimen poikkipinta ja jänniteluokka, esim. AMKA 3 x 120 + 95 mm² 1 kV. /10/

4 KAAPELITYYPIT

Prysmian Cables & Systems Oy jakaa tuotteensa kahteen eri kategoriaan, energiakaapeleihin sekä telekaapeleihin. Tässä työssä keskitytään 1 kV energiakaapeleihin. Energiakaapelit jaetaan 8:aan eri alaryhmään; asennuskaapelit, avojohdot, laivakaapelit, palonkestävät kaapelit, riippukierrekaapelit, taipuisat kaapelit, vesistökaapelit sekä voimakaapelit. /11/ Näistä kaapeliryhmistä jää pois vesistökaapelit ja laivakaapelit sekä muista ryhmistä joitakin kaapelityyppejä jotka eivät kuulu 1 kV jänniteluokkaan.

4.1 Voimakaapelit

1 kV voimakaapeli-tuoteperheeseen kuuluvat alumiiniset sekä kupariset 1-johdin-kaapelit sekä 3 ½ - 4-johdinkaapelit. Voimakaapelien vaippa on joko UV-kestoista PEX-muovia tai lyijytöntä PVC-muovia. /12/ Tuoteperheeseen kuuluvat seuraavat kaapelityypit:

AXMK ja XMK 1-johdiminen -kaapeli

AXMK-PLUS 4-johdiminen (aurattava) -kaapeli

AMCMK-XT 3+1-johdimiset (aurattava) -kaapeli

AMCMK 3 ½-johdiminen -kaapeli

AMCMK 4 ½-johdiminen -kaapeli

MCMK 3 ½-johdiminen -kaapeli

MCMK 4 ½-johdiminen -kaapeli

AXMK ja XMK 1-johtiminen

AXMK ja XMK ovat 1-johtimisia 1 kV voimakaapeleita jotka voidaan asentaa joko sisälle tai ulos. AXMK on PEX-eristeinen alumiinijohdin kuin taas XMK on PEX-eristeinen kuparijohdin. AXMK ja XMK voimakaapelit koostuvat taulukon 1 mukaisista tuotteista.

Taulukko 1. AXMK ja XMK -kaapelit.

AXMK 1x300 1 kV AN	AXMK 1x800 1 kV	XMK 1x185 1 kV AN	XMK 1x300 1 kV AN
-----------------------	--------------------	----------------------	----------------------

AXMK-kaapeli koostuu tiivistetystä pyöreästä alumiinijohtimesta joka on tyypistä riippuen joko alumiinijohdinta tai hehkutettua alumiinijohdinta (AN) mikä tarkoittaa että johdin on kuumennettu jotta siitä tulisi vielä kovempi ja kestävämpi kuin normaali alumiinijohdin.

Esim. merkintä 1x300 tarkoittaa että kaapeli on rakennettu yhdestä johtimesta joka on halkaisijaltaan 300 mm². Kaikki AXMK sekä XMK kaapelit ovat rakennettuja toistensa ympärille kierrettyistä monista eri alumiini- tai kuparilangoista. Sekä AXMK että XMK kaapelit kuuluvat 1 kV jänniteluokkaan.

AXMK ja XMK kaapeleitten eristys on mustaa PVC-muovia ja ulkovaippa taas on mustaa PEX-muovia, johon myös kaapelin tarvittavat seuraavat merkinnät tulevat: valmistajan nimi, kaapelin nimi, valmistuspäivämäärä, materiaalimerkintä (PVC), metrilukemat sekä nimellisjännite $U_0/U = 0,6/kV$, $U_m = 1,2 kV$. /13/ AXMK ja XMK-kaapelien rakenne näkyy kuvassa 3.



Kuva 3. AXMK –kaapeli (ylempi) ja XMK –kaapeli (alempi).

Aurattavat AXMK-PLUS 4-johtimiset kaapelit

AXMK-PLUS 4-johtimiset kaapelit kuuluvat halogeenittomiin 1 kV voimakaapeleihin jotka voidaan asentaa sisälle, ulos tai maahan. Alumiininen AXMK-PLUS -kaapelin vaippa on musta UV-kestoista sekä palosuojattua PE -muovia. AXMK-PLUS -kaapelit on esitetty taulukossa 2.

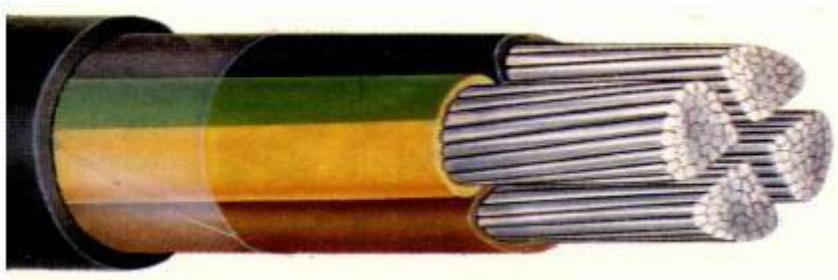
Taulukko 2. AXMK-PLUS -kaapelit.

AXMK-PLUS 4G16 RM 1kV	AXMK-PLUS 4G25 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G35 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G50 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G70 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G95 AN 1kV
AXMK-PLUS 4G120 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G150 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G185 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G240 AN 1kV	AXMK-PLUS 4G300 AN 1kV	

AXMK-PLUS voimakaapelit ovat hehkutettua alumiinia (AN) jotka koostuvat neljästä eri sektorinmuotoisesta johtimesta. AXMK-PLUS 4G16 on poikkeus koska tämä ohut kaapeli on tehty pyöreästä tiivistetystä alumiinijohtimesta mikä ei myöskään ole hehkutettua alumiinia kuten AXMK-PLUS -sarjan muut kaapelit. AXMK-PLUS -kaapelit on saatavissa 16 – 300 mm² paksuisena kuten taulukosta 2 ilmenee.

AXMK-PLUS -kaapelit koostuvat neljästä johtimesta; ruskea, musta, harmaa ja keltavihreä (PEN-johdin). Johdinten eristys on tehty mustasta UV-kestoisesta PEX-muovista joka on värjätty joko ruskeaksi, mustaksi, harmaaksi tai keltavihreäksi eli kaikkien johtimien pohjamuovi on mustaa PEX-muovia joka saa valmistusvaiheessa johtimelle tarkoitetun oman värinsä.

AXMK-PLUS -kaapelit ovat yhtiön menestyneimpiä tuotteita. AXMK-PLUS -kaapeli onkin korvannut AXMK:n ja AXMK-PE:n koska AXMK-PLUS on luja ja aurauksen kestävä kaapeli jota pystyy asentamaan jopa -20 asteen pakkasessa ilman että kaapeli jäykistyy liiaksi, mikä on erinomaista Pohjoismaissa joissa lämpötila voi helposti laskea pakkasen puolelle. AXMK-PLUS on siitäkin erinomainen kaapeli että se on palonkestävä (itsestään sammuva) halogeeniton sekä ympäristöystävällisempi kuin AXMK jolla on PVC-vaippa. /14/ Kuvassa 4 näkyy AXMK-PLUS -kaapeli vaihejohtimineen.



Kuva 4. AXMK-PLUS kaapelin rakenne.

Aurattavat AMCMK-XT™ 3+1-johtimiset kaapelit

AMCMK-XT™ -kaapelit ovat PE-eristettyjä alumiinijohdinkaapeleita. AMCMK-XT™ -kaapelit valmistetaan kolmesta eri sektorinmuotoisesta PVC-eristetyistä johtimesta. Paksu PE -ulkovaippa tekee tästä kaapelista säänkestävän eli se voidaan asentaa ulos, maahan auringon säteilyä sekä sisälle. AMCMK-XT™ -kaapelit koostuvat taulukossa 3 näkyvistä tuotteista.

Taulukko 3. AMCMK-XT -kaapelit.

AMCMK-XT 3x25Al/16Cu AN 1 kV	AMCMK-XT 3x50Al/29Cu AN 1 kV	AMCMK-XT 3x95Al/57Cu AN 1 kV	AMCMK-XT 3x150Al/88Cu AN 1 kV
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

AMCMK-XT™ -kaapelit valmistetaan tiivistetystä ja hehkutetusta alumiinista. AMCMK-XT™ -kaapelit koostuvat kolmesta johtimesta sekä PEN-johtimena toimivista kuparilangoista.

AMCMK-XT™ kaapelit ovat joko 25 mm², 50 mm², 95 mm² tai 150 mm² halkaisijaltaan ja PEN -johdin koostuu joko 16, 29, 57 tai 88 kuparilangasta. Al tarkoittaa johdinten olevan alumiinista ja AN että johdinten materiaali on hehkutettua alumiinia.

AMCMK-XT™ -kaapelien ulkovaippa on PE-muovia kun taas johdinten eristys on lyijytöntä PVC muovia. Ulkovaipan alla on PEN -johtimen kuparilangat sekä kuparivastakierre. Kuparilankakerroksen alla on johtimet jotka tässä tapauksessa koostuvat kolmesta johtimesta: ruskeasta, mustasta sekä harmaasta. Kaapelin ulkovaippaan tulevat normaalit merkinnät: yhtiön nimi, valmistusajankohta, materiaalimerkintä sekä metrimerkintä ja nimellisjännite $U_0/U = 0,6/1$ kV, $U_m = 1,2$ kV. Kuvasta 5 ilmenee AMCMK-XT -kaapelin rakenne kuparilankoineen. /15/



Kuva 5. AMCMK-XT™ 3+1.

AMCMK 3½ - 4½-johdimiset kaapelit

AMCMK -kaapelit ovat PVC -eristettyjä alumiinijohdin kaapeleita. AMCMK -voimakaapelit koostuvat 3½ sekä 4½-johdin kaapeleista jotka ovat itsestään sammuvia ja paloa levittämättömiä. AMCMK -kaapelit ovat nähtävissä taulukoissa 4 ja 5.

Taulukko 4. AMCMK 3½-johdimiset -kaapelit.

AMCMK 3x25Al/16Cu AN 1 kV	AMCMK 3x35Al/16Cu AN 1 kV	AMCMK 3x50Al/16Cu AN 1kV	AMCMK 3x70Al/21Cu AN 1 kV	AMCMK 3x95Al/29Cu AN 1 kV
AMCMK 3x120Al/41Cu AN 1 kV	AMCMK 3x150Al/41Cu AN 1 kV	AMCMK 3x185Al/57Cu AN 1 kV	AMCMK 3x240Al/72Cu AN 1 kV	AMCMK 3x300Al/88Cu AN 1 kV

Taulukko 5. AMCMK 4½-johdimiset -kaapelit.

AMCMK 4x25Al/16Cu AN 1 kV	AMCMK 4x35Al/16Cu AN 1 kV	AMCMK 4x50Al/16Cu AN 1 kV	AMCMK 4x70Al/21Cu AN 1 kV	AMCMK 4x95Al/29Cu AN 1 kV
AMCMK 4x120Al/41Cu AN 1 kV	AMCMK 4x150Al/41Cu AN 1 kV	AMCMK 4x185Al/57Cu AN 1 kV	AMCMK 4x240Al/72Cu AN 1 kV	AMCMK 4x300Al/88Cu AN 1 kV

AMCMK -kaapelit on rakennettu tiivistetyistä alumiinijohtimista jotka ovat sektorin muotoiset muodostaen näin pyöreän kaapelin. 3½-johdimisessa AMCMK -kaapelissa on kolme johdinta kun taas 4½-johdimisessa kaapelissa on neljä johdinta.

Taulukossa 4 näkyvät kaapelien merkinnät kertovat kaapelin rakenteesta. Esim. AMCMK 4x185Al/57Cu AN 1 kV kertoo että kyseessä on PVC-vaippainen 4-johdin -kaapeli joka on 185 mm² paksu. 57 Cu tarkoittaa PEN-johtimen (maadoituksen) olevan vaihejohtinten ympärille kierretyistä 57 kuparilangasta. Viimeiset merkinnät AN ja 1 kV tarkoittaa alumiinijohdinten olevan hehkutettua alumiinia sekä kuuluvan 1 kV jänniteluokkaan.

AMCMK -kaapelien eristys ja ulkovaippa ovat mustaa lyijytöntä PVC-muovia. Ulkovaippaan tulevat yhtiön merkinnät: yhtiön nimi, voimakaapelin nimi, valmistusajankohdta, PVC materiaalimerkintä, pituusmerkinnät sekä nimellisjännitemerkintä joka tässä tapauksessa on $U_0/U = 0,6/1$ kV, $U_m = 1,2$ kV. Kaapeli on rakennettu seuraavasti: mustan ulkovaipan alle on laitettu suojakalvo jonka alle tulevat sekä PEN -johtimen kuparilankakierros että kuparivastakierre. Johdinten ja PEN -johtimen väliin tulee vielä toinen suojakalvo minkä alla on viimeisenä johtimet: ruskea, musta ja harmaa AMCMK 3½-johtimiselle ja ruskea, musta, harmaa sekä sininen (nollajohdin) AMCMK 4-johtimiselle. Kuvassa 6 on AMCMK 4½-johtiminen alumiinijohdinkaapeli ja kuvassa 7 on AMCMK 3½-johtiminen alumiinijohdinkaapeli. /16/



Kuva 6. AMCMK 4½-johtiminen -kaapeli.



Kuva 7. AMCMK 3½-johtiminen -kaapeli.

MCMK 3½ - 4½-johtimiset kaapelit

MCMK 3½ ja MCMK 4½-johtimiset ovat paloa levittämättömiä sekä itsestään sammuvia PVC-eristettyjä kuparisia voimakaapeleita. 3½ sekä 4½-johtimiset MCMK-kaapelit näkyvät taulukoista 6 ja 7.

Taulukko 6. MCMK 3½-johtimiset -kaapelit.

MCMK 3x25/16 AN 1 kV	MCMK 3x35/16 AN 1 kV	MCMK 3x50/25 AN 1 kV
MCMK 3x70/35 AN 1 kV	MCMK 3x95/50 AN 1 kV	MCMK 3x120/70 AN 1 kV
MCMK 3x150/70 AN 1 kV	MCMK 3x185/95 AN 1 kV	MCMK 3x240/120 AN 1 kV

Taulukko 7. MCMK 4½-johtimiset -kaapelit.

MCMK 4x25/16 AN 1 kV	MCMK 4x35/16 AN 1 kV	MCMK 4x50/25 AN 1 kV
MCMK 4x70/35 AN 1 kV	MCMK 4x95/50 AN 1 kV	MCMK 4x120/70 AN 1 kV
MCMK 4x150/70 AN 1 kV	MCMK 4x185/95 AN 1 kV	MCMK 4x240/120 AN 1 kV

MCMK -voimakaapelit ovat rakennettuja tiivistetyistä ja hehkutetuista sektorinmuotoisista kuparijohtimista. MCMK 3½-johtimisissa kaapeleissa on kolme yhteen kerrattua vaihejohtinta kun taas MCMK 4½-johtimisissa on neljä yhteen kerrattua vaihejohtinta.

Taulukko 5 kertoo kaapelien johdinten olevan kuparia sekä eristyksen olevan PVC-muovia (MCMK). Merkintä esim. 3x150/70 AN 1 kV tarkoittaa kaapelin rakentuvan kolmesta kuparisesta johtimesta jotka ovat 150 mm² halkaisijaltaan ja PEN-johtimen koostuvan 70 kuparilangasta jotka on kierretty vaihejohtinten ympärille. AN tarkoittaa kuparin olevan hehkutettua mikä tarkoittaa sen olevan helposti taivutettavissa.

MCMK -kaapelit voidaan asentaa sisälle, ulos sekä maahan. Kaapeli koostuu lyijyttömästä PVC -muovista, jonka alla on PEN -johdin eli maadoitus joka on tehty kuparilankakerroksesta sekä kuparivastakierteestä. PEN -johtimen alla on PVC -eristetyt kuparijohtimet jotka ovat MCMK 3½-kaapeleissa ruskea, musta sekä harmaa ja MCMK 4½-kaapeleissa ruskea, musta, harmaa sekä nollajohdin joka on sininen. Kaapelin ulkovaippaan tulevat tarvittavat merkinnät kuten yhtiön nimi, kaapelityyppi, valmistusaika, materiaalimerkintä (PVC) sekä pituusmerkinnät. Ulkovaipassa näkyy myös nimellisjännitemerkintä joka tässä tapauksessa on $U_o/U = 0,6/1$ kV, $U_m = 1,2$ kV. MCMK 3½-johdin kaapeli näkyy kuvassa 8 ja MCMK 4½-johdin kaapeli on kuvassa 9. /17/



Kuva 8. MCMK 3½-johdin -kaapeli.



Kuva 9. MCMK 4½-johdin -kaapeli.

4.2 Häiriösuojatut voimakaapelit

Häiriösuojattuihin voimakaapeleihin kuuluvat sekä alumiiniset että kupariset 3½-johdotimet kaapelit. Häiriösuojattuja kaapeleita voidaan asentaa sisälle, ulos ja maahan jossa vaatimuksena on EMC-suojattu kaapeli. Häiriösuojattuihin kaapeleihin kuuluu kaksi eri kaapelityyppiä:

AMCCMK™ 3½-johdotin

MCCMK™ 3½-johdotin

AMCCMK™ 3½-johdotin 1 kV voimakaapeli

AMCCMK™ 3½-johdotimet ovat PVC-eristettyjä itsestään sammuvia sekä paloa levittämättömiä alumiinijohdinkaapeleita. Kaapelin kuparifolio tekee AMCCMK-kaapelista häiriösuojatun koska se suojaa ympäristöä poistamalla kaapelista tulevia sähkömagneettisia häiriöitä. AMCCMK™-3½-johdotintuotepähe koostuu taulukosta 8 nähtävistä tuotteista.

Taulukko 8. AMCCMK 3½-johdotin -kaapelit.

AMCCMK 3x35Al/16Cu AN 1 kV	AMCCMK 3x50Al/16Cu AN 1 kV	AMCCMK 3x70Al/21Cu AN 1 kV	AMCCMK 3x95Al/29Cu AN 1 kV
AMCCMK 3x120Al/41Cu AN 1 kV	AMCCMK 3x150Al/41Cu AN 1 kV	AMCCMK 3x185Al/57Cu AN 1 kV	AMCCMK 3x240Al/72Cu AN 1 kV

AMCCMK -häiriösuojakaapeleitten johtimet ovat tiivistettyä ja hehkutettua alumiinia. Sektorin muotoiset johtimet on eristetty lyijyttömästä PVC-muovista ja kerrattu yhteen yhdeksi pyöreäksi kaapeliksi.

Taulukosta 6 näkee että AMCCMK -kaapelit ovat aina kolmijohdinkaapeleita. AMCCMK -kaapeleita on saatavissa 35 mm² - 240 mm² väliltä. Al tarkoittaa kaapeli-johtimien olevan alumiinia ja 16 Cu tarkoittaa että PEN-johdin, joka on kierretty johdinten ympärille koostuu 16:sta eri kuparilangasta. Kaksi viimeistä merkintää AN ja 1 kV tarkoittaa alumiinin olevan hehkutettua ja kaapelin kuuluvan 1 kV jänniteluokkaan.

AMCCMK 3½-johtimiset kaapelit voidaan asentaa kiinteästi sisälle, ulos sekä maahan. Kaapelin ulkovaippa sekä vaihejohtinten eristys on lyijyttöntä PVC -muovia. Ulkovai-pan alla on musta suojanauha jonka alle tulee PEN-johtimen kuparilankakerros sekä ku-parinauha/kuparifolio. Kuparifolion alla on vaihejohtimet jotka on kerrattu yhteen. Vai-hejohtimet ovat AMCCMK-kaapeleissa ruskeat, mustat sekä harmaat. Kaapelin ulko-vaippaan tulevat merkinnät: yhtiön nimi, tuote, valmistusaika, materiaalimerkintä ja pi-tuusmerkintä sekä nimellisjännite $U_0/U = 0,6/1$ kV, $U_m = 1,2$ kV. Kuvassa 10 on AMCCMK 3½-johdin kaapeli jossa näkyy häiriösuojana toimiva kuparifolio. /18/



Kuva 10. AMCCMKTM 3½-johdin -kaapeli.

MCCMK™ 3½-johdimiset 1 kV voimakaapelit

MCCMK™ 3½-johdimiset ovat PVC-vaipattuja paloa levittämättömiä ja itsestään sammuvia kuparijohdinkaapeleita. MCCMK tuoteperhe on häiriösuojattu, mikä tarkoittaa että johdinten ympärille asennettu kuparifolio estää haitallisten sähkömagneettisten häiriöiden pääsemistä ympäristöön. MCCMK™ 3½-johdimisiin kuuluvat taulukosta 9 nähtävät kaapelit.

Taulukko 9. MCCMK 3½-johdimiset -kaapelit.

MCCMK 3x25/16 AN 1 kV	MCCMK 3x35/16 AN 1 kV	MCCMK 3x50/25 AN 1 kV
MCCMK 3x70/35 AN 1 kV	MCCMK 3x95/50 AN 1 kV	MCCMK 3x120/70 AN 1 kV
MCCMK 3x150/70 AN 1 kV	MCCMK 3x185/95 AN 1 kV	MCCMK 3x240/120 AN 1 kV

MCCMK-kaapelit koostuvat kolmesta sektorinmuotoisesta hehkutetusta kuparijohtimesta. Vaihejohtimet ovat PVC-eristettyjä ja yhteen kerrattuja muodostaen näin pyöreän kaapelin.

Taulukosta 7 näkee että MCCMK-tuoteperheeseen kuuluvat yhdeksän eri kaapelia jotka eroavat toisistaan johdinten poikkipinnoista riippuen $25 \text{ mm}^2 - 240 \text{ mm}^2$ sekä kuparilankojen lukumäärästä 16 – 120:een. AN tarkoittaa kuparijohdinten olevan hehkutettua kuparia ja 1 kV merkintä tarkoittaa kaapelin kuuluvan 1 kV jänniteluokkaan.

MCCMK -kaapelit voidaan asentaa kiinteästi joko sisälle, ulos tai maahan. Kaapelin ulkovaippa on lyijytöntä PVC -muovia jonka alle tulee suojanauha. Johdinten päälle tulee PEN -johtimen kuparilangat sekä kuparifolio joka toimii häiriösuojana kaapelissa. Vaihejohtimet ovat ruskeita, mustia sekä harmaita, nämä ovat myös valmistettu lyijytöntä PVC -muovista kuten kaapelin ulkovaippa. Vaippaan tulevat merkinnät: yhtiön nimi, tuotteen nimi, valmistusaika, materiaalimerkintä sekä pituus merkinnät. Nimellisjännite näkyy myös kaapelin ulkovaipassa joka on merkitty $U_0/U = 0,6/1 \text{ kV}$, $U_m = 1,2 \text{ kV}$. Kuvassa 11 on kuparinen MCCMKTM 3½-johdiminen häiriösuojattu kaapeli. /19/



Kuva 11. MCCMKTM 3½-johdin -kaapeli.

4.3 Halogeenittomat voimakaapelit

Halogeenittomiin voimakaapeleihin kuuluvat AXCMK-HF 4½-johtimiset alumiinijohdinkaapelit sekä XCMK-HF 4½-johtimiset kuparijohdinkaapelit. Halogeenittomia kaapeleita voidaan asentaa sisälle tai ulos. Halogeenittomia kaapeleita käytetään yleensä paikoissa joissa on paljon ihmisiä, esim. kaupoissa, ravintoloissa ja kouluissa, koska halogeenittomat kaapelit eivät palaessa muodosta myrkyllisiä kaasuja jotka ovat haitallisia ihmisille.

AXCMK-HF 4½-johtimiset voimakaapelit

AXCMK-HF -kaapelit ovat 4-johtimisiä paloa levittämättömiä sekä itsestään sammuvia alumiinijohdinkaapeleita. AXCMK-HF -kaapeleitten vaippa on musta halogeeniton polyolefiini mikä käytännössä tarkoittaa että kaapeli ei muodosta myrkyllisiä kaasuja sen syttyessä palamaan. AXCMK-HF kaapeleita on esillä taulukossa 10.

Taulukko 10. AXCMK-HF 4½-johtimiset -kaapelit.

AXCMK-HF 4x35Al/16Cu AN 1 kV	AXCMK-HF 4x50Al/16Cu AN 1 kV	AXCMK-HF 4x70Al/21Cu AN 1 kV	AXCMK-HF 4x95Al/29Cu AN 1 kV
AXCMK-HF 4x120Al/41Cu AN 1 kV	AXCMK-HF 4x150Al/41Cu AN 1 kV	AXCMK-HF 4x185Al/57Cu AN 1 kV	AXCMK-HF 4x240Al/72Cu AN 1 kV

AXCMK-HF -kaapelit koostuvat neljästä sektorin muotoisesta alumiinijohtimesta jotka ovat yhteen kerrattuja. Vaihejohtimet ovat PEX-muovista toisin kuin vaippa joka on halogeenitonta polyolefiinia.

AXCMK-HF -tuoteperheeseen kuuluu kahdeksan eri kaapelityyppiä, jotka eroavat toisistaan ainoastaan halkaisijaltaan sekä kuparilankamäärältään. AXCMK-HF -kaapelin merkinnät kertovat kaapelista ja sen rakenteesta, esim. AXCMK-HF 4x95Al/29Cu AN 1 kV tarkoittaa kaapelin johtimien olevan halkaisijaltaan 95 mm² sekä alumiinista (Al). 29 Cu tarkoittaa että johdinten ympärille on kierretty 29 kuparilankaa (PEN-johdin). AN tarkoittaa alumiinijohdinten olevan hehkutettua kuparia ja 1 kV kertoo mihin jänniteluokkaan kaapeli kuuluu.

AXCMK-HF -kaapeli rakentuu mustasta halogeenittomasta polyolefiinista jonka alle tulee suojamuovi joka suojaa kuparilankoja sekä kuparivastakierrettä. Kuparilankojen ja sen alla olevan toisen suojamuovin alle tulevat kolme vaihejohdinta sekä nollajohdin jotka ovat kierretty yhteen. AXCMK-HF -kaapelin vaihejohtimet ovat ruskeita, mustia, harmaita sekä nollajohdin joka on sininen. Kaapelin ulkovaippaan tulevat merkinnät: yhtiön nimi, tuote, valmistusaika ja pituusmerkintä. AXCMK-HF -kaapelin rakenne näkyy alla olevassa kuvassa 12. /20/



Kuva 12. AXCMK-HF -kaapeli.

XCMK-HF 4½-johdimiset voimakaapelit

XCMK-HF 4½-johdimiset kaapelit ovat paloa levittämättömiä ja itsestään sammuvia kuparijohdin kaapeleita joissa on musta halogeeniton polyolefiinivaippa. XCMK-HF -kaapeleita nähdään taulukossa 11.

Taulukko 11. XCMK-HF 4½-johdimiset -kaapelit.

XCMK-HF 4x16Cu/16Cu RM 1 kV	XCMK-HF 4x25Cu/16Cu AN 1 kV	XCMK-HF 4x35Cu/16Cu AN 1 kV	XCMK-HF 4x50Cu/25Cu AN 1 kV	XCMK-HF 4x70Cu/35Cu AN 1 kV
XCMK-HF 4x95Cu/50Cu AN 1 kV	XCMK-HF 4x120Cu/70Cu AN 1 kV	XCMK-HF 4x150Cu/70Cu AN 1 kV	XCMK-HF 4x185Cu/95Cu AN 1 kV	XCMK-HF 4x240Cu/120Cu AN 1 kV

XCMK-HF -kaapelit koostuvat neljästä sektorin muotoisesta kuparilankajohtimesta, poikkeuksena XCMK-HF 4x16Cu/16Cu RM 1 kV joka koostuu neljästä pyöreästä kuparijohtimesta. Kuten AXCMK-HF kaapeleissa XCMK-HF -kaapeleitten johtimet ovat nekin PEX-eristettyjä johtimia toisin kuin vaippa joka on halogeenitonta polyolefiinia.

XCMK-HF -tuoteperheessä on kymmenen eri kaapelityyppiä. Kuten AXCMK-HF -kaapeleissa nämä tuotteet eroavat toisistaan vain johtimen paksuudessa eli 16 mm²- 240 mm² sekä kuparilankamäärässä. Poikkeuksena tästä on XCMK-HF 4x16Cu/16Cu RM 1 kV joka koostuu pyöreistä johtimista sekä hehkuttamattomasta kuparista. 4x16Cu/16Cu tarkoittaa kaapelin koostuvan kolmesta vaihejohtimesta sekä nollajohtimesta jotka ovat kuparisia. /16Cu tarkoittaa että PEN-johdin koostuu 16:sta eri johtimesta ja RM että johtimet ovat muodoiltaan pyöreät. Kaikki yhdeksän muuta XCMK-HF -tyyppiä on AN -tyyppiä, mikä tarkoittaa johtimien olevan hehkutettua ja helposti taivutettavaa kuparia.

XCMK-HF -kaapeli on rakennettu seuraavasti: ulkovaippa on mustaa halogeenitonta polyolefiinia jonka alla on kuparilangat sekä kuparivastakierre suojakalvoineen. Viimeisinä tulevat vaihejohtimet jotka ovat ruskeita, mustia ja harmaita sekä sininen nollajohdin (kuva 12). XCMK-HF -kaapeleihin tulevat samat merkinnät kuin AXCMK-HF -kaapeleihin eli yhtiön nimi, tuotteen nimi, valmistusajankohta ja pituusmerkintä. XCMK-HF -kaapelin rakenne on sama kuin AXCMK-HF -kaapelissa kuten kuvassa 13 näkyy. /21/



Kuva 13. XCMK-HF -kaapeli.

4.4 Asennusvoimakaapelit

1 kV asennuskaapelit muodostuvat MCMK -kaapeleista. Tähän ryhmään kuuluvat kaksi-, kolmi- ja nelijohdinkuparikaapelit. 1 kV MCMK -asennuskaapeleiden tuoteperheet näkyvät taulukoista 12, 13 ja 14.

Taulukko 12. MCMK -kaksi-johdin -kaapelit.

MCMK 2x1,5/1,5 RE 1 kV	MCMK 2x2,5/2,5 RE 1 kV	MCMK 2x6/6 RE 1 kV	MCMK 2x10/10 RE 1 kV
------------------------------	------------------------------	--------------------------	----------------------------

Taulukko 13. MCMK kolmi-johdin -kaapelit.

MCMK 3x1,5/1,5 RE 1 kV	MCMK 3x2,5/2,5 RE 1 kV	MCMK 3x6/6 RE 1 kV	MCMK 3x10/10 RM 1 kV	MCMK 3x16/16 RM 1 kV
------------------------------	------------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------

Taulukko 14. MCMK neli-johdin -kaapelit.

MCMK 4x1,5/1,5 RE 1 kV	MCMK 4x2,5/2,5 RE 1 kV	MCMK 4x6/6 RE 1 kV	MCMK 4x10/10 RM 1 kV	MCMK 4x16/16 RM 1 kV
------------------------------	------------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------

MCMK -maakaapelin johtimet ovat hehkutettua kuparia ja koostuvat joko yhdestä langasta tai monista toistensa ympärille kierretyistä langoista. Paksummat kaapelit kuten esim. MCMK 3x10/10 RM 1 kV koostuvat monilankaisista johtimista kun taas ohuemmat kaapelit kuten MCMK 2x2,5/2,5 RE 1 kV koostuvat ainoastaan yhdestä ns. langasta per johdin.

Merkinnät MCMK -kaapelissa kertovat kaapelin rakenteesta, esim. MCMK 2x6/6 RE 1 kV. 2x6/6 tarkoittaa että kaapeli on rakennettu kahdesta kuparisesta johtimesta joiden paksuus on 6 mm². RE tarkoittaa että johtimet ovat yksilankaisia ja paksumpien kaapelien merkintä RM taas tarkoittaa johtimien olevan monilankaisia. Viimeisenä 1 kV merkintä kertoo meille mihin jänniteluokkaan kyseinen kaapeli kuuluu.

MCMK -kaapelien vaippa on musta lyijytön PVC muovi johon on myös painettu kaapelin seuraavat merkinnät: yhtiön nimi, tuotteen nimi, valmistuspäivämäärä, käytetty muovi sekä nimellisjännite joka tässä tuoteperheessä on 0,6/1 kV. Vaippakerroksen alla on suojamaa joka koostuu kaapelin ympärille kierretyistä langoista. Tämän kuparisen suojamaan sekä ulkovaipan väliin on lisätty suojakalvo. Johtimet ovat samaa materiaalia kuin ulkovaippa sekä koostuvat riippuen johtimien määrästä sinisistä, ruskeista, mustista ja harmaista johtimista. Kaksijohdinkaapelissa on sininen sekä ruskea johdin (SI-RU), kolmijohdinkaapelissa ruskea, musta ja harmaa (RU, MU, HA), nelijohdinkaapelissa sininen, ruskea, musta ja harmaa (SI, RU, MU, HA). Johtimet ovat näissä tuotteissa aina konsentriset eli pyöreät kuten kuvassa 14 näkyy. /22/



Kuva 14. MCMK 2,3 ja 4-johtimiset -kaapelit.

4.5 Palonkestävät voimakaapelit

Palonkestävät kaapelit on kaapeliryhmä jonka tehtävänä on toimia palon aikana kriittisimmissäkin olosuhteissa. Tulipalon sattuessa palonkestävät kaapelit varmistavat turvallisuusjärjestelmien toimivuuden ja ehkäisevät siten taloudellisten tappioiden tai vaarallisten tilanteiden syntymistä. Palonkestäviä kaapeleita asennetaan mm. hälytysjärjestelmiin, sprinklerijärjestelmiin, savuilmajärjestelmiin, hätäuloskäyntiopasteisiin ja muihin muihin kohteisiin.

AFUMEX FRHF-EMC -kaapeli

AFUMEX FRHF-EMC -tuotteet ovat palonkestoisia ja halogeenittomia kuparijohdin-kaapeleita joissa on oranssi halogeeniton polyolefiinivaippa. Kaapelista tulee palonkestoinen koska kuparijohtimet ovat kiillennauhaan kierrettyjä. Kiillennauha on eristävä eikä syty palamaan eli tulipalon sattuessa vaihejohtimet eivät mene oikosulkuun kiillennauhan palonkestoisuuden sekä eristyvyyden takia. Kaapeli on palonkestoisuuden lisäksi myös häiriösuojattu EMC -kaapeli koska eristettyjen vaihejohtinten päälle on lisätty kuparinauha sekä kuparilankakerros. AFUMEX FRHF-EMC -kaapelit voidaan asentaa mitä vaativimpiin olosuhteisiin näiden ominaisuuksiensa ansiosta. AFUMEX FRHF-EMC -kaapelit on lueteltuna taulukossa 15.

Taulukko 15. AFUMEX FRHF-EMC -kaapelit.

AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x2,5/2,5	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x6/6	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x10/10	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x16/16	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x25/16
AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x35/16	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x50/25	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x70/35	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x95/50	AFUMEX FRHF-EMC 1 kV 4x120/70

AFUMEX FRHF-EMC -kaapelit koostuvat neljästä pyöreästä tai sektorin muotoisesta kuparilankajohtimesta. AFUMEX FRHF-EMC -kaapeleitten vaippa on oranssia halogeenitonta polyolefiinia kun taas johtimet ovat päällystetty kierrettyllä kiillenuhalla ja lopuksi PEX -muovieristettyjä.

AFUMEX FRHF-EMC -tuoteperheeseen kuuluu kymmenen kaapelityyppiä. Neljä ensimmäistä ohutta kaapelityyppiä koostuu neljästä pyöreästä kuparijohtimesta kun taas loput ovat sektorin muotoisia. FRHF-EMC tarkoittaa kaapelin olevan palonkestoinen sekä häiriösuojattu (Fire resistant halogen free - Electromagnetic compatibility). AFUMEX FRHF-EMC -johtimien halkaisija on kaapelityypistä riippuen 2,5 mm²-120 mm².

AFUMEX FRHF-EMC -kaapeli on rakennettu seuraavasti: ulkovaippa koostuu oranssista halogeenittomasta polyolefiinista jonka alle tulee suojakalvo. Suojakalvon alle tulee suojaus eli kuparinauha sekä kuparilankakerros. Viimeisenä tulee kiillenuha ja PEX -eristetyt ja suojakalvon päällystämät johtimet jotka ovat kierretty yhteen. AFUMEX FRHF-EMC -kaapelin vaihejohtimet ovat sinisiä, ruskeita, mustia sekä harmaita. Kaapeliin tulevat merkinnät: yhtiön nimi, tuotteen nimi, valmistusaika sekä metrimerkintä. FRHF-EMC -kaapelin tunnistaa helposti kuvasta 15 sen oranssista ulkovaipasta. /23/



Kuva 15. AFUMEX FRHF-EMC –kaapeli.

4.6 Riippukierrekaapelit

Riippukierrekaapelit ovat 1960-luvun jälkeen olleet eniten käytettyjä ilmajohtoja paljaslankaisiin avojohtoihin verrattuna. Riippukierrekaapelit ovatkin taloudellisempia, luotettavampia sekä turvallisempia. Ennen riippukierrekaapeleitten kehittämistä käytettiin avojohtoja jotka olivat turvallisuusriski etenkin pihapiirissä rakennusten korjaustoissa sekä muitten ylläpitotoimenpiteiden aikana jolloin saatettiin nousta esim. tikkaille ja näin ollen joutua lähekkäin avojohtojen kanssa. Avojohtojen käytöstä onkin seurannut monta vakavaa sähkötapaturmaa. Riippukierrekaapelit ovat siksi erittäin turvallinen vaihtoehto vaikka niihin koskeminen ei ole suositeltavaa.

AMKA 1 kV -riippukierrekaapeli

AMKA -kaapeli on alumiinijohdinkaapeli joka koostuu kolmesta vaihejohtimesta sekä kannattimesta, mutta sitä tehdään myös nelijohtimisena jos halutaan ohjauskaapeliksi esim. katuvalaistukseen. AMKA -kaapelit ovat lueteltuna taulukossa 16.

Taulukko 16. AMKA -kaapelit.

AMKA 1x16+25	AMKA 3x16+25	AMKA 3x25+35	AMKA 3x35+50	AMKA 3x50+70
AMKA 3x70+95	AMKA 3x120+95	AMKA 4x16+25	AMKA 3x25+16+35	AMKA 3x35+16+50

AMKA -kaapelit koostuvat kolmesta tiivistetystä pyöreästä alumiinijohtimesta jotka ovat PE-muovieristettyjä. Poikkeuksena 16 mm² alumiinijohtimiset AMKA -kaapelit koostuvat ainoastaan yhdestä yksilankaisesta pyöreästä alumiinijohtimesta toisin kuin muut 25 mm² - 120 mm² johtimet. Vaihejohtimet ovat mustat eli johtimissa ovat 2, 3 tai 4 pitkittäisharjaa josta pystyy erottamaan nämä toisistaan, poikkeuksena on nelijohdin AMKA- kaapeli jonka lisäjohtimessa ei ole harjamerkintää.

AMKA -tuoteperheeseen kuuluu kymmenen eri tyyppiä jotka ovat halkaisijaltaan 16 mm² - 120 mm² ja kannattimien koko 25 mm² - 95 mm². Kolme viimeistä AMKA-tyyppiä ovat lisäjohtimella varustettuja; AMKA 4x16+25, AMKA 3x25+16+35 ja AMKA 3x35+16+50.

AMKA -kaapeli on rakennettu siten että mustat PE -eristetyt vaihejohtimet ovat kierretty eristämättömän suoran kannatinlangan ympärille. Toisin kuin muihin kaapeleihin AMKA -kaapeleihin tulevat vain merkinnät: yhtiön nimi sekä valmistusvuosi. Kuvasta 16 näkee AMKA -kaapelin rakenteen sekä harjamerkinnät. /24/



Kuva 16. AMKA -kaapeli pitkittäisharjoineen.

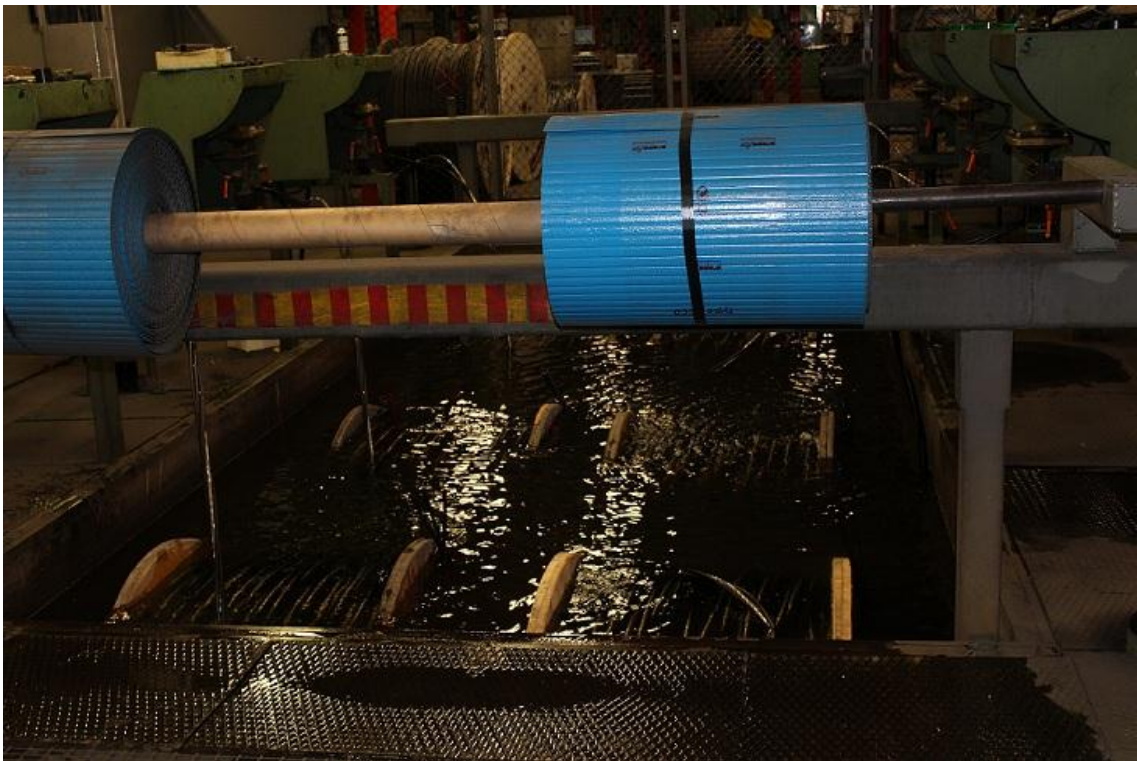
5 AMKA -KAAPELIEN KOESTUS

Riippukierrekaapeleitten koestus suoritetaan siten että valmiiksi puolatut kaapelikelat vieritetään puolauksen jälkeen ns. ”amka-kaivolle” missä on tilaa 3 - 6 kaapelikelalle ja keloja voidaan koestaa 3 samaan aikaan siten että kelat paikoilla 1, 3 ja 5 koestetaan ensin ja sitten koestetaan kelat paikoilla 2, 4 ja 6, mikäli kaivon mahtuu täydet kuusi keloja (kuva 17). Koestus tapahtuu siten, että kaapelin vaihejohtimiin kytketään jännite ja riippukierrekaapelin kannatin maadoitetaan. Riippukierrekaapeleitten koestuksen valmistuttua linjan ajuri laskee kaapelikelat kaivon pohjalle siten että kaapelia ympäröi vesi ja vain kelan kiintopäät ovat veden yläpuolella. Kuvasta 17 voidaan nähdä kuinka koestaja on vierittänyt kelat kaivolle ja tehnyt tarvittavat kytkennät ennen kelojen upottamista veteen.



Kuva 17. Riippukierrekaapelit valmiina vesikoestukseen.

Tämän jälkeen linjan ajuri kytkee vaihejohtimet jännitesyöttöön ja maadoittaa kannattimet. Kuvasta 20 on tarkemmin nähtävissä mihin ajuri kytkee vaihejohtimet sekä kannattimet. Ensin koestaja kytkee kannattimen kuvassa 20 näkyvään oranssin värisen alakahvan vieressä olevaan reikään minkä jälkeen koestaja kytkee riippukierrekaapelin vaihejohtimet puristamalla ne paineilmalla jännitesyöttöön kuvassa 20 näkyvään oranssin värisen yläkahvan sekä vastapäätä olevan mustan kahvan väliin. Musta kahva toimii paineilman kytkimenä päälle ja pois. Kuvasta 18 näkee kuinka kaapeli on upotettuna veteen ja että vain kiintopäät sekä pieni osa irtopäistä on ilmassa.



Kuva 18. Riippukierrekaapelit veteen upotettuina.

Tämän jälkeen koestajan tehtäviin kuuluu valita koestusaika, koestusjännite sekä mitkä koestuspaikat koestetaan seuraavaksi. Riippukierrekaapelit koestetaan 2,5 kV jännitteellä ja koestusaika on 5 minuuttia jonka jälkeen kuuluu hälytysääni joka ilmoittaa koestuksen olevan valmis ja että seuraavat kelat voidaan koestaa.

Kuvasta 19 voi nähdä sähkökaapit josta koestaja säätää koestusjännitteen, aikarajan sekä mittaa vuotovirran. Vuotovirtaa on vesikoestuksessa aina koska vesi johtaa sähköä ja eristyksessä käytettävässä vaippamateriaalissa on nokea, mikä tarkoittaa että ulkovaipan ja veden välille tulee muodostumaan pieni potentiaali, mikä siis ei heti tarkoita eristyksessä olevan reikä. Kuvassa 19 on nähtävissä riippukierrekaapeleitten koestuskaapit.

Sähkökaapeissa olevat numerot kertovat mitkä kaapit ovat vastuussa tietyistä koestuspaikoista, eli oikealta ensimmäinen kaappi ohjaa kelapaikkoja 1 ja 2 kun seuraava ohjaa paikkoja 3 ja 4 ja viimeinen vasemmalla ohjaa paikkoja 5 ja 6.



Kuva 19. Riippukierrekaapelikoestuspaikan sähkökaapit.

5.1 Nykylaitteisto

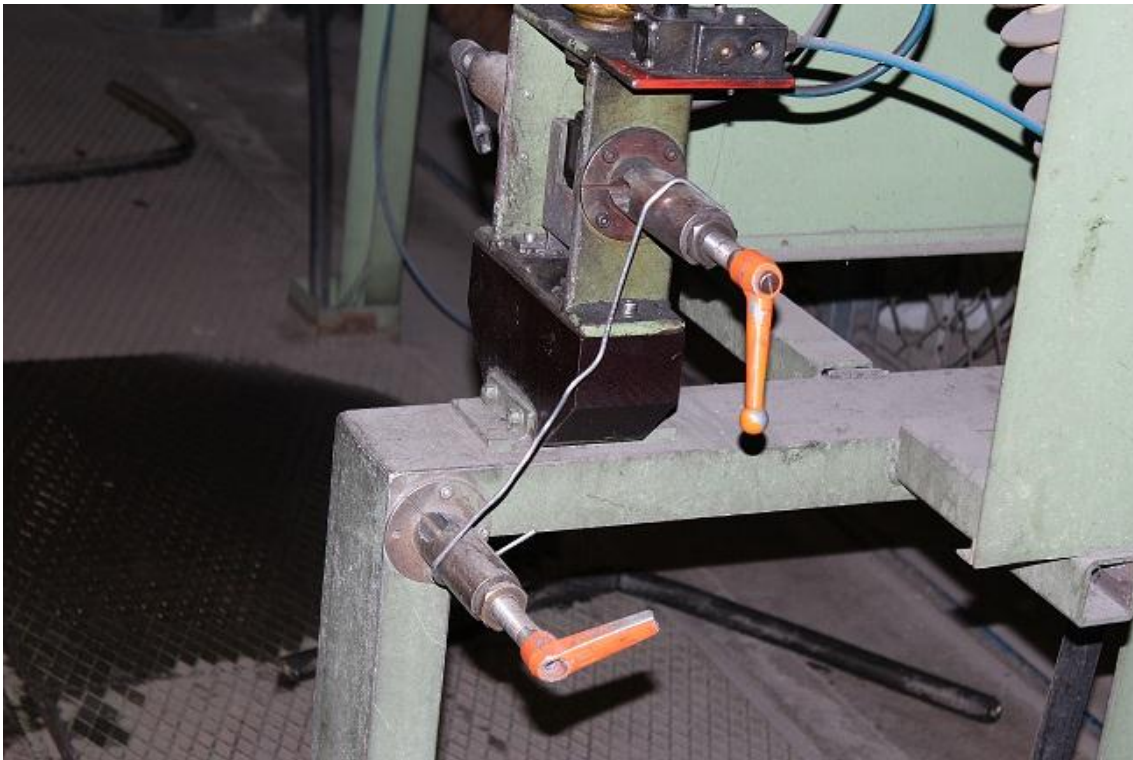
Nykyinen vanha laitteisto käytännössä vain katkaisee virran järjestelmästä jos laukaisuvirta ylittyy ja jos virta ei ylity niin koestus jatkuu normaalisti. SGS Fimkon mukaan tämä vanha menetelmä ei enää ole sallittu tulevaisuudessa koska laukaisuvirran on oltava luettavissa laitteesta. Tämä uudistus takaisi sen että järjestelmä ilmoittaisi aina viasta tietyn virtarajan ylityessä, kun taas vanhassa järjestelmässä ei pystytty tarkalleen määrittämään laukaisuvirran suuruutta. Nykyisessä menetelmässä koestaja kokeilee laitteen toimivuutta kytkemällä koestuspäät yhteen eli oikosulkemalla koestuspäät minkä jälkeen laitteen tulisi laueta ja katkaista virran syöttö ja jos laite toimii niin koestaja voi ruveta koestamaan valmiita kaapeleita.

Kuvasta 20 näkee että kytkentäpaikan runko ei ole pelkästään suoja vaan toimii maadoituksena koestuksessa. Ylempänä oleva oranssin värinen kahva toimii jännitesyöttönä ja on eristettyä alakahvasta (maadoituksesta) kuvan keskellä näkyvästä mustalla eristyskappaleella. kuvan oikeassa yläkulmassa on nähtävissä pieni osa jännitesyötön eristimestä, joka on kiinnitetty koestuspaikan runkoon suojakuoren alle.

Koestaja kokeilee laitteen toimivuutta oikosululla käyttäen alumiinisäiettä. Säie kytketään koestuspisteen jännitesyötön ja koestusaltaan, eli maadoituksen välille. Kuvassa 20 on nähtävissä että yläkahva on kytketty jännitesyöttöön ja alakahva toimii maadoituksena altaassa. Koestaja laittaa ylä- ja alakahvan väliin vain jonkun sähköä johtavan objektin mitä hän käyttää oikosulkeakseen mittapäät. Tämä ei ole luotettava tapa suorittaa laitteen toiminnantestaus koska koestajan käyttämä objekti saattaa vaihtua ajan myötä objektin kulumisen tai hajoamisen myötä mikä merkitsee sitä, että koestaja joutuu etsimään ympäristöstä uuden mittaobjektin, mikä saattaa erota hänen alkuperäisestä käyttämästään mittaobjektista huomattavasti koskien sen paksuutta, pituutta, materiaalia ja sähkönjohtavuutta. Tästä johtuen tehtaan nykyinen menetelmä johtaa siihen että kaikki tehdyt jännitekokeet eivät ole yhteneväisiä eivätkä välttämättä ole testattuja samalla laukaisuvirtarajalla kuin esim. edellisen päivän erä riippukierrekaapeleita.

Koska jännitekoestuslaitteisto sijaitsee koko paikan ympäröivässä aitauksessa, ei ylä- eikä alakahvoja ole erikseen jännitesuojattuja. Laitteistoon ei myöskään ole mahdollista kytkeä jännitettä, ellei koestuskentän liukuovia ole suljettu koestuksen ajaksi.

Tehtaan nykyisessä menetelmässä inhimillisten erehdyksien riski on suuri johtuen siitä että koestaja joutuu itse kytkemään mittausobjektin jännitesyötön ja maadoituksen väli-
le, mikä voi johtaa siihen että mittaobjekti on laitettu virheellisesti paikoilleen mikä taas voi pahimmassa tapauksessa johtaa siihen että viallisia kaapeleita voidaan koestaa ja todeta toimiviksi.



Kuva 20. Tehtaan nykyinen testimenetelmä.

Riippukierrekaapelikoestuspisteellä laukaisuvirtapiirin asetuksia on säädetty sähkökaapeista siten, että jokaisella koestuspaikalla on samat asetukset. Kuvasta 21 on nähtävissä mitkä asetukset on valittu riippukierrekaapeleille.



Kuva 21. Laukaisuvirtalaitteen säädöt.

Kuvasta 21 näkee että nimellisvirta I_n on 5 A, kerroin 1,6 on asetettu oikealle ja ajaksi on valittu 0,3 s vasemmalla asteikolla. Tämä tarkoittaa että laite sallii virtapiikin koestuksessa joka on 6 kertaa isompi kuin I_n . Laite sallii siis 30 A virtapiikin koestuksen alkaessa koska korkean häiriövirtapiikin ilmaantuessa koestuksen alkuvaiheessa laite ilmoittaisi koestajalle että kaapelin eristyksessä olisi vikaa eikä kaapeli läpäisisi jännitelujuustestiä. Vian välttämiseksi hyväksytään lyhytkestoinen vikavirtapiikki, mikä käytännössä tarkoittaa että kaapeli ei turhan takia joutuisi paikkaukseen ja uusintakoestukseen vikavirtapiikin seurauksena. Kuvan mukaan vuotovirtakertoimeksi on valittu 1,6 mikä tarkoittaa että sallittu pysyvä vuotovirta on $1,6 \times 5 \text{ A}$ eli 8 A.

5.2 Vuotovirtaraja

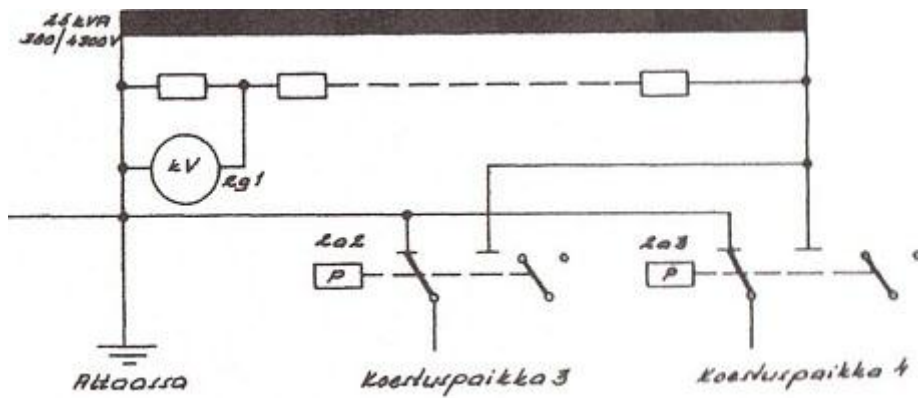
Vuotovirta on valittu korkeaksi koska tehtaan laitteet ovat vanhoja ja laitteet ovat suurimmaksi osaksi mekaanisia mikä tarkoittaa että oikeiden säätöjen tekeminen jokaiselle erilaiselle kaapelille kestäisi liian kauan. Tämän takia vuotovirta on säädetty paksuimpien tämän koestuspisteen koestettavien kaapeleitten mukaan, jolloin pienempien kaapeleitten vuotovirtamittaus ei mittaa kriittisiä arvoja, vaan sallii ylisuuren marginaalin. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma koska riippukierrekaapelikoestuksen tarkoituksena on pääasiallisesti tarkistaa vaihejohdinten eristyksen toimivuus eikä vuotovirran suuruutta. Koestuskentän vuotovirta on valittu suureksi jotta koestajalla olisi helppo tehtävä tietää milloin kaapelissa on vikaa. Tällä menetelmällä voidaan myös huomata eristyksen johdattavuusvikoja koska jos suuri vuotovirtaraja ylittyy eikä reikää löydy paikkauspisteellä voidaan olla varmoja että kaapelin eristysmassassa on vika, ja kaapeli joutuu kuorintaan ja se eristetään sekä koestetaan uudestaan. Riippukierrekaapelikoestuksessa voidaan käyttää suurta vuotovirtarajaa kaikille kaapeleille. Jos esim. oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi että on kaksi kaapelia joista yksi on kaksi kertaa paksumpi kuin toinen ja vuotovirtarajaksi on asetettu 8 A ja paksumpi kaapeli vuotaa 8 A ja ohuempi vuotaa 4 A, niin pienempi kaapeli joutuu kovemmalle koestuksessa koska sillä on puolet pienempi pinta-ala kuin paksummalla kaapelilla, eli se vuotaa käytännössä yhtä paljon kuin paksumpi kaapeli. Tämä tarkoittaa periaatteessa sitä että ohuemmalle kaapelille sallitaan 16 A vuotovirta ja paksummalle 8 A vuotovirta. Vuotovirtarajasta ei kuitenkaan muodostu

ongelmaa koska ohuemman kaapelin vuotaessa enemmän se ei suoraan tarkoita että kaapelissa olisi reikä. Lopputulos on että voidaan olla varmoja siitä että kaapelissa ei ole reikää mikäli vuotovirtarajaa ei ylitetä.

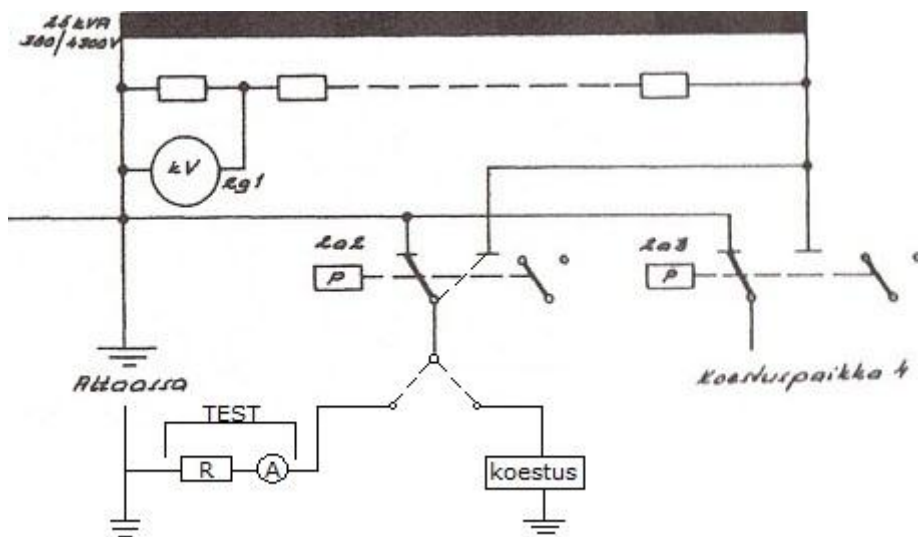
6 SUUNNITELMA TESTIMITTAUKSEN UUSIMISESTA

Tehtaan mittalaitteiston uusimisessa jouduttiin miettimään kuinka testaus voitaisiin käytännössä tehdä niin että koestajalta ei menisi tarpeettomasti aikaa jokaisen koestuspaikan testaamiseen. Kelojen koestuspaikat olivat kuitenkin niin rakennettuja, että kaikki sähköjohdot olivat suojassa peltikuoren sisällä kuten kuvasta 18 voi nähdä. Tämä tarkoitti sitä että järkevin tapa olisi rakentaa jokaiselle kelapaikalle oma testiobjekti joka vastaisi laukaisuvirtaa. Ajatuksena on, että peltikuoren alle rakennettaisiin yhtenevät mittapiirit jotka kytkettäisiin valmiisiin koestuspaikkoihin. Laite toimisi siten, että maadoituksen eli kaivon/altaan ja koestuspaikan välille asennettaisiin resistanssi mikä vastaisi laitteen laukaisuvirtaa sekä ”measure and hold” tyyppinen virtamittari joka jatkuvasti mittaisi laitteen läpi kulkevaa sähkövirtaa. Laukaisuvirran ylittyttyä jännitteensyöttö koestuskenttään loppuisi ja virtamittariin jäisi lukema joka saisi vikavirtasuojan laukeamaan. Vakioresistanssin tilalle olisi voitu laittaa myös potentiometri jolloin saataisiin tarkalleen määritettyä laukaisuvirrat jokaiselle kaapelityypille, mutta huomioonottaen työpisteen työmäärä tähän tuhlaantuisi liikaa aikaa koska mittaus jouduttaisiin tekemään aina uudestaan kaapelityypin vaihtuessa, minkä takia päädyttiin siihen tulokseen että paras ratkaisu olisi käyttää vakioresistanssia joka olisi mitoitettu suurimpien kaapelien mukaan.

Kuvissa 22 ja 23 näkyvät koestuspaikkojen 3 ja 4 sähkökaaviot, edellinen nykyisestä kytkennästä ilman suunniteltua laukaisurajamittaria ja jälkimmäinen jossa uusi mittauspiiri on piirretty kuvaan mukaan.



Kuva 22. Nykyinen sähkökaavio.



Kuva 23. Uusi sähkökaavio lisättyllä kytkimellä ja vakioresistanssilla (R) sekä virtamittarilla (A).

Kuvassa 23 nähdään yllä mainittu ratkaisu siitä miten laukaisuvirta tulisi mitata tulevaisuudessa, eli altaan ja koestuspaikan välille asennetusta kiinteästä resistanssista joka vastaisi koestuksessa käytettävää laukaisuvirtaa. Tämä resistanssi olisi kytkettynä sarjakytkennällä virtamittariin joka olisi yllä mainitusti ”measure and hold” tyyppinen virtamittari. Uudistuksen myötä koestajan tulisi tulevaisuudessa valita koestuspaikalla joko

kaapelin normaalin koestuksen tai laukaisuvirtalaitteen toiminnan testaus. Tämä toimisi siten että koestaja valitsee koestuspaikkaan rakennetusta kytkimestä joko koestuksen tai toiminnan testauksen. Mikäli valittu toiminto on toiminnantestaus, niin koestaja kytkee koestuskenttään koestuksen päälle ja odottaa kunnes laukaisuvirtalaite laukeaa. Tämän jälkeen koestaja kävelee kaivolle katsomaan testipiirin virtamittarin lukemaa ja jos mittarin arvo vastaa laukaisuvirtalaitteeseen asetettua virtaa niin laukaisuvirtalaite toimii ja koestaja voi kytkeä kytkimen ”koestus” -asentoon ja koestaa kaapelin normaalisti. Vakiomittaobjektin rakentamista varten käytiin tehtaan koestuspaikalla katsomassa käynnissä olevaa riippukierrekaapelikoestusta jotta saataisi suuntaa-antava arvo resistanssille. Seuraavat mittaustulokset kirjattiin: 2,8 kV koestusjännite oli asetettu vaikka jännitteen tulisi olla 2,5 kV, mutta koska laitteistot ovat vanhoja ja ollakseen varmoja siitä että kaapelit koestetaan vähintään 2,5 kV:lla koestaja valitsee aina hieman korkeamman arvon. Vuotovirraksi luettiin 7,6 A eli se oli sallitun rajan alapuolella. Käyttämällä Ohmin lakia $R = U / I$ saatiin suuntaa antavasti laskettua vakiomittaobjektille arvo sen rakentamista varten. Arvoksi saatiin $\sim 330 \Omega$, joka siis perustui senhetkisen mittauksen tietoihin. Asia tulee varmistaa tutkimalla useampien mittausten tuloksia sekä myös laukaisutapauksia. /25/

6.1 Ehdotus mittausuudistuksen fyysiseksi toteutukseksi

Ajatuksena on, että rakennettava mittapiiri asennettaisi jokaiselle kaapelikelapaikalle koestuskentällä, eli tarvittaisiin 6 samanlaista mittapiiriä. Tultiin siihen tulokseen että koska nykyinen laitteisto on hyvin suojattu koko koestuskenttää ympäröidyllä aitauksella, mikä estää ulkopuolisten pääsyn koestuskentälle sekä itse kelapaikan laitteisto on kokonaan suojattu peltikuorella, niin testipiiri olisi hyvä asentaa suojakuoren alle.

Mittalaitteiston olisi hyvä rakentaa peltikuoren alle oranssin värisen yläkahvan viereiseen peltikuoriseinämään, mikä näkyy kuvassa 20. Se tulisi myös asentaa sille puolelle josta koestetut kaapelit vieritetään ulos koska sähkökaapit, mistä koestaja valitsee koestettavat kelapaikat sekä muut koestukseen tarvittavat asetukset ovat sillä puolella mikä tarkoittaa että koestajalla on helppo nähdä mitkä kelapaikat ovat koestuksessa. Tarkoituksena olisi että laitteisto rakennettaisi turvallisuussyistä ylä- ja alakahvan puoleiseen peltikuoriseinämään niin syvälle että laitteisto olisi kosketusetäisyyden ulkopuolella va-

hinkojen välttämiseksi. Laitteisto asennettaisi 1, 3 ja 5 paikoille edestäpäin katsottuna oikealle puolelle ja paikoille 2, 4 ja 6 laitteisto asennettaisi edestäpäin katsottuna vasemmalle puolelle. Rakennettavan laitteiston kytkin asennettaisiin kaapelin jännitesyötön ja peltikuoreen rakennetun mittapiirin välille. Kytkin asennettaisi yläkahvan ja jännitesyötön väliin sekä jännitesyötön ja mittapiirin välille. Kytkimellä valitaan jos jännitesyöttö ohjataan mittapiiriin jolloin kuvassa 21 olevalle laukaisuvirtamittarille suoritetaan toiminnantestaus, tai jos jännitesyöttö ohjataan kelapaikalla olevaan kaapeliin jolloin kaapelille tehdään normaali jännitekoestus.

Peltikuoren alle rakennetulle mittapiirille olisi hyvä rakentaa myös kosketussuoja jotta ei tapahtuisi tapaturmia unohtamatta inhimillisiä erehdyksiä toiminnan testauksessa tai jännitekoestuksessa. mittauslaitteen koteloinnissa olisi hyvä muistaa tehdä virtamittarille oma läpinäkyvä ikkuna jotta koestuskentän koestaja saisi virtamittarin lukeman nopeasti luettua ilman että hänen tarvitsisi ensin irrottaa kosketussuoja päästäkseen lukemaan mittaria. Testilaitteiston kytkimelle olisi myös hyvä rakentaa kosketussuoja koska kytkintä ei kannata rakentaa niin että se olisi kosketusetäisyyden ulkopuolella. Tämä sen takia jotta koestuksen tai toiminnantestauksen valitsemiseen ei menisi turhan paljon aikaa. Kytkimen voisi esimerkiksi asentaa peltikuoren takaseinämään mikä tarkoittaisi että kytkin olisi suojattuna kosketukselta ja inhimillisiltä erehdyksiltä mutta kuitenkin helposti tavoitettavissa käden ulottuvilla. Kytkimelle olisi silti kuitenkin hyvä rakentaa jonkun tyyppinen kosketussuoja koska koestaja liikkuu aika ajoin koestuspaikkojen takana. Kytkimelle olisi myös syytä tehdä selvät merkinnät jotta koestajan olisi helppo nähdä mille toiminnalle kytkin on säädetty, esim. ”TESTAUS” -teksti toiminnantestaukselle ja ”KOESTUS” -teksti kaapelinkoestustoiminnolle. Riippukierrekaapelikoestuspaikka on vesikoestuspaikka mikä tarkoittaa sitä että kaikki yllämainitut kosketussuojaratkaisut olisi hyvä saada roiskeenkestäviksi jotta voidaan olla varmoja siitä että laitteisto ei vahingossakaan pääse kostumaan.

6.2 Vaikutuksia uudistuksen seurauksena

Työn alussa oli mainittu että SGS Fimko teki vuosiauditoinnin Prysmian Cables & Systems Oy:n Pikkalan tehtaalla, missä he huomauttivat tehtaan koestuslaitteiden olevan vanhentuneita eivätkä enää täytä SGS Fimkon laitevaatimuksia. Standardissa vaadittiin että laitteitten testausten yhteydessä on laukaisuvirran oltava luettavissa, mikä ei Pikkalan tehtaalla ollut mahdollista. Työn rajaamiseksi keskityttiin riippukierrekaapeleitten koestuskenttään mikä kuului SGS Fimkon huomautettavien laitteiden joukkoon. Koska tehtaan kaikkien koestuslaitteiden toimintaperiaate on sama kuin riippukierrekaapeleitten koestuseriaate vesikoestusta lukuun ottamatta, on selvää että esiteltyä ratkaisua voi toteuttaa jatkossa kaikissa koestuskentissä tehtaalla. Tämä johtaa siihen että tehdyn työn tuloksia voidaan käyttää muitten laitteiden uusimisessa minkä tuloksena on ajan, työn ja rahan säästäminen koska ei jouduta rakentamaan erilaisia uudistuksia joka koestuskentälle.

Prysmian Cables & Systems Oy:n Oulun tehdas oli myös saanut tietää tekeillä olevasta työstä ja koska heidänkin koestuslaitteensa ovat vanhoja eivätkä täytä SGS Fimkon tekemiä vaatimuksia olivat he myös kiinnostuneita työn tuloksista. Tämä tarkoittaisi sitä, että Prysmianin Cables & Systems Oy:n Pikkalan tehtaassa tehtyjä muutoksia voitaisiin myös soveltaa Oulun tehtaan koestuskenttiin. /25/

Työn aikana Prysmian Cables & Systems Oy laajeni yritysfuusion seurauksena. Prysmian Cables & Systems Oy, Draka NK Cables Oy ja Draka Comateq Finland Oy yhdistyivät Prysmian Finland Oy:ksi. Uusi yhtiö aloitti toimintansa 1. lokakuuta 2012 jolloin vanhojen yhtiöiden toiminta loppui ja uusi yhtiö otti hoitaakseen vanhojen yhtiöiden toiminnat. Tässä työssä tehtyä koestuslaitteen parannusta voidaan siis mahdollisesti käyttää myös uuden yhtiön muissa osissa.

6.3 Muita hyötyjä

Uudistuksen jälkeen kaikki laitteiden laukaisuvirtatestit tehdään vakiomittaobjektilla, mikä johtaa siihen että kaikki kaapelit saadaan koestettua tarkalleen samoilla asetuksilla. Tämän ansiosta virheitä tai muita vikoja ei tule syntymään ainakaan yhtä helposti kuin aiemmalla koestusmenetelmällä. Uudella koestusmenetelmällä saadaan myös karistua kaikki mahdolliset inhimilliset erehdykset koska koestaja ei enää joudu itse kytkemään laitetta oikosulkuun testatakseen laitteen toimivuutta.

Tuloksena testimittausten uusimisesta on testattujen kaapeleitten yhteneväisyys sekä luotettavuus koska kaikki kaapelit tullaan tulevaisuudessa koestamaan samalla tavalla ilman oikosulkupäätteiden vaihtelua.

Kuvasta 20 on nähtävissä kuinka tehdas ennen suoritti testauksen vain laittamalla koestuspäät oikosulkuun käyttämällä johtimesta revittyä alumiinisäiettä. On ymmärrettävää, että testitulokset eivät ole yhteneväiset tai suoritettuja samalla tavalla jos koestaja käyttää vain jotain sähköä johtavaa objektia mittauksen suorittamiseen. Koska kaikki mekaaniset osat kuluvat, on tämä nykyinen testausmenetelmä huono koska mittausobjektin vaihtuessa vaihtuvat myös osan ominaisuudet kuten esim. sähkön johtavuus. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat koekappaleen pituus, paksuus ja muoto./25/

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena on saada tehtaan riippukierrekaapelikoestus päivitettyä SGS Fimkon asettamien standardien mukaiseksi. Tehtaan vanhassa laitteistossa laukaisuvirran suuruutta ei pystytty määrittämään, sitä testattaessa suoralla oikosululla. Tarkoituksena oli myös löytää suhteellisen edullinen ratkaisu koska tehtaan laitteet ovat vanhoja ja isojen muutosten tekeminen tulisi kalliiksi.

Päädettiin siihen tulokseen että laukaisuvirta olisi helpointa mitata asentamalla virtamittari vakioresistanssilla jännitesyötön ja altaan (maadoituksen) välille jokaiselle kelan-koestuspaikalle, eli 6 kappaletta. Laukaisuvirtalaitteen lauettua virtamittariin jäisi lukema joka vastaisi laukaisuvirtalaitteen laukaisuvirtaa. Työssä pohdittiin mm. miten testi-piiri tulisi rakentaa koestuspaikoille sekä fyysisesti että sähköisesti. Tultiin siihen tulokseen, että jos rakennettaisiin kytkin jännitesyötön ja altaan (maadoituksen) välille niin pystyttäisiin valitsemaan joko kaapelin normaalin koestuksen kytkemällä kytkin normaalisti koestettavan kaapelin ja maadoituksen välille tai laukaisuvirtalaitteen toiminnantestaus kytkemällä kytkin testipiiriin ja maadoituksen välille.

Työssä mietittiin vielä miten toiminnantestaus käytännössä tapahtuisi vakioresistanssilla koska riippukierrekaapelikoestuspisteellä koestetaan erisuuruisia kaapeleita, mikä johtaa siihen että vakioresistanssi vaihtuisi aina eri kaapeleiden mukaan. Todettiin ettei tämä ole ongelma koska jännitekoestuksessa tarkoituksena on pääasiassa vain tarkastaa kaapelin vaipan kunnon, eli todeta onko eristyksessä reikiä.

Tutkittiin vielä mitä muita hyötyjä uudistuksesta seuraisi ja todettiin että koska koestaja ei enää testaa laitteen toimintaa suoralla oikosululla voidaan todeta että kaikki kaapelit koestetaan samalla vakiomittaobjektilla sekä samalla vuotovirtarajalla. Tämä johtaa siihen, että kaikki koestukset ovat yhtenevät ja luotettavat sekä inhimillisten erehdyksien mahdollisuus häviää. Todettiin myös että koska koestuksessa on nyt käytössä vakiomittaobjekti niin koestukset ovat luotettavampia kuin ennen. Tämä johtuu siitä että koestaja ei enää käytä toiminnan testauksessa ”mitä käteen sattuu” niin sanotusti koska vakiomittaobjektin pituus, paksuus, materiaali ja muoto vaikuttavat eritavoin sähköön johtavuuteen.

Todettiin vielä, että SGS Fimkon huomautus koestuslaitteistosta ei ainoastaan koskenut riippukierrekaapelikoestuskenttää vaan tehtaan kaikkia koestuskenttiä. Tarkasteltua asiaa tarkemmin selvisi että riippukierrekoestuskenttään tarkoitettua testimittapiiriä voitaisiin soveltaa myös tehtaan muihin koestuskenttiin. Viimeiseksi saatiin tieto että SGS Fimkon asettamat vaatimukset koskivat myös Prysmianin Oulun tehtaan koestuskenttiä, mikä vielä lisäsi työn kannattavuutta.

Tätä insinööriä tulisi vielä jatkaa siten että tutkittaisi koestuspaikkojen vakioresistanssin suuruutta. Työssä laskettua vakiomittaobjektin suuruutta tulisi tarkastaa tarkemmin koska työpisteellä koestetaan erisuuruisia kaapeleita eli toimivan vakioresistanssin löytämiseksi olisi tehtävä monia testimittauksia.

Työstä teki haastavan sen että riippukierrekaapelikoestuspaikan asiantuntija oli juuri ehtinyt jäädä eläkkeelle eikä koestuskentän toista asiantuntijaa löydetty heti. Myöhemmin saatiin tieto henkilöstä joka tiesi laitteen toimintaperiaatteen sekä piirustusten olinpaikan. Työ jatkui sähköpiirustuksia ja laukaisuvirtalaitteen toimintaperiaatetta tutkien mikä kesti oman aikansa mutta mitään ylitsepääsemättömiä ongelmia ei ilmaantunut.

LÄHDELUETTELO

- /1/ Johtava kansainvälinen yritys.
<http://www.prysmian.fi/about-us/worldwide-player/> [haettu 29.3.2012]
- /2/ Production Control Specifications, ETL SEMKO SE-1005 kohta 2 a
- /3/ Lähes 100 vuotta kaapelin valmistusta suomessa.
http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Prysmian_Suomi_-_kronologia.pdf [haettu 1.4.2012]
- /4/ Factory inspection Procedures Harmonised Requirements, ohje CIG 021 kohta 4.4
- /5/ Yrityshistoria. <http://www.prysmian.fi/about-us/history.html> [haettu 1.4.2012]
- /6/ Prysmian Finland Oy syntyy. http://www.prysmian.fi/about-us/prysmian_country/history.html [haettu 2.4.2012]
- /7/ Prysmianin arvot. <http://www.prysmian.fi/people/values.html> [haettu 3.4.2012]
- /8/ Wikipedia – Standardization. <http://en.wikipedia.org/wiki/Standardisation>
[haettu 28.5.2012]
- /9/ SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS. SFS 4880 STANDARDI
- /10/ SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS. SFS 2200 STANDARDI
- /11/ Energiakaapelit. <http://www.prysmian.fi/energy/products/> [haettu 12.3.2012]
- /12/ Voimakaapelit. <http://www.prysmian.fi/energy/products/powercable.html>
[haettu 13.3.2012]
- /13/ AXMK ja XMK 1-johtimiset. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Powercables/axmk_xmk1_fi.pdf
- /14/ AXMK-PLUS 4-johtimiset. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Powercables/AXMK-PLUS_4_fi.pdf
- /15/ AMCMK-XTTM 3+1 –johtimiset. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Powercables/amcmk_xt_fi.pdf
- /16/ AMCMK 3½-johtimiset ja AMCMK 4½-johtimiset.
http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmianfiFI/attach/pdf/Powercables/amcmk3_fi.pdf,
http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmianfiFI/attach/pdf/Powercables/amcmk4_fi.pdf

- /17/ MCMK 3½-johtimiset ja MCMK 4½-johtimiset.
http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmianfiFI/attach/pdf/Powercables/mcmk3_fi.pdf
,
- /18/ AMCCMK™ 3½-johtimiset.
http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmianfiFI/attach/pdf/Powercables/mcmk4_fi.pdf
- /19/ MCCMK™ 3½-johtimiset. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Powercables/mccmk3_fi.pdf
- /20/ AXCMK-HF 4½-johtimiset. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Powercables/axcmk-hf_4_fi.pdf,
- /21/ XCMK-HF 4½-johtimiset. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Powercables/xcmk-hf_4_fi.pdf
- /22/ MCMK. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Installation/mcmk_pienet_fi.pdf
- /23/ AFUMEX® FRHF-EMC 1 kV. http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Fireproof/afumex_frhf_emc_1kV_fi.pdf
- /24/ AMKA.
http://www.prysmian.fi/export/sites/prysmian-fiFI/attach/pdf/Aerial/amka_fi.pdf
- /25/ Kokous Pikkalan tehtaalla Kim Rancken, Jussi Mäki ja Pauli Tamminen
[suullinen] 31.8.2012 klo. 09:00
- /26/ http://www.prysmian.fi/about-us/prysmian_country/index.html
[haettu 15.11.2012]

