



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

MAAKAAPELIEN VIAT JA NIIDEN TUNNIS- TAMINEN

Ossi Rahkonen

Opinnäytetyö
Tammikuu 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Sähkövoimatekniikka

RAHKONEN, OSSI:
Maakaapeleiden viat ja niiden tunnistaminen

Opinnäytetyö 25 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Tammikuu 2018

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa Tampereen Aikuiskoulutuskeskukselle kattava maakaapelien vianhakukenttä. Tavoitteena oli rakentaa monipuolinen kenttä, jossa opiskelijat voivat harjoitella vikojen tunnistamista, paikantamista ja vianhakulaitteiston käyttöä.

Vanhan maakaapelikentän kaapelit ja niissä olevat viat dokumentoitiin, ja niiden rinnalle rakennettiin uusia kaapeliyhteyksiä. Kaapeleihin rakennettiin vikoja, joita oikeastikin ilmenee, jotta mittausharjoituksista saataisiin mahdollisimman todenmukaisia. Osa kaapeleista jätettiin ehjiksi kaapeleiden tunnistamisharjoituksia varten. Ehjiin kaapeleihin voidaan myös tarvittaessa rakentaa lisää vikoja tulevaisuudessa.

Työssä käsiteltiin myös yleisimpien mittalaitteiden ominaisuuksia ja toimintaa. Mittausmenetelmät riippuvat aina käytettävissä olevasta laitteistosta. Markkinoille tulee jatkuvasti uusia mittalaitteita, mutta niiden toimintaperiaatteet ovat pysyneet samoina jo vuosikausia. Uudet laitteet helpottavat mittaustulosten käsittelyä sisäisen muistin sekä gps-paikannuksen avulla.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

OSSI RAHKONEN

Fault identification of underground cables

Bachelor's thesis 25 pages, appendices 1 pages
January 2018

The purpose of this thesis was to design and build a diagnostics field for underground cables for Tampere Adult Education Centre. The goal was to build a versatile field where students can practice the identification and tracing of faults and the use of cable fault locating equipment.

The cables from the old diagnostics field and the associated faults in them were documented and new cables were built alongside them. Real life faults were built into the cables to make measurements as realistic as possible. Some of the cables were left intact for cable identification exercises. More faults can be built into the intact cables in the future.

This thesis also includes the features of the most common measuring devices. The measuring methods always depend on the available equipment. New equipment is constantly entering the market, but the operating principles have remained the same for many years. New devices make handling of measurement results easier with internal memory and GPS positioning.

Key words: underground cable, diagnostics field, GPS positioning

SISÄLLYS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | MAAKAAPELEIDEN TYYPILLISIMMÄT VIAT | 7 |
| | 2.1 Maasulku..... | 8 |
| | 2.2 Oikosulku..... | 8 |
| 3 | VIANHAKUMENETELMÄT | 10 |
| | 3.1 Kaapelin paikallistaminen kaapelitutkalla | 10 |
| | 3.1.1 Palloantennin paikallistaminen | 12 |
| | 3.2 Mittasillat | 13 |
| | 3.3 Vaippavian paikallistaminen vikahaarukalla | 15 |
| | 3.4 Vian paikallistaminen TDR -mittarilla | 16 |
| | 3.5 Vian paikallistaminen syöksyjännitegeneraattorilla | 17 |
| 4 | VIANHAKUKENTÄN RAKENTAMINEN..... | 18 |
| 5 | POHDINTA..... | 23 |
| | LÄHTEET | 24 |
| | LIITTEET | 25 |
| | Liite 1. Carunan tiedote maakaapeloinnin hyödyistä | 25 |

ERITYISSANASTO

| | |
|--------------|---|
| TDR | Time domain reflectometer, johtimien tutkimiseen käytettävä mittaustekniikka, joka hyödyntää heijastuneita aaltomuotoja |
| Vikahaarukka | Kaapelinhakulaitteeseen kytkettävä lisälaitte vaippavikojen paikallistamiseen |

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksen, Tampereen Ammattikorkeakoulun, 3M:n sekä REKA:n kanssa.

Sähkömarkkinalain tiukentuessa verkkoyhtiöt muuttavat ilmajohtolinjoja säävarmemmiksi maakaapelilinjoiksi. Maakaapeloinnista hyötyvät sähkön käyttäjät sekä maanomistajat (Liite 1), mutta maakaapeleissa ilmeneviä vikoja on vaikeampi paikantaa. Vikapaikkojen nopea ja tehokas paikantaminen vähentää kaapelien korjauksiin kuluvaa aikaa ja korjauskustannuksia. Teknologian kehittyessä markkinoille tulee jatkuvasti uusia laitteita maakaapeleiden vikojen paikantamiseen.

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin yleisimpien laitteiden käyttöön ja vianhakukentän rakentamiseen. Tämän vianhakukentän tarkoitus on toimia koulutuspaikkana vianhakumenetelmien harjoituksissa.

Tampereen Aikuiskoulutuskeskuksella oli ennen tämän työn aloittamista jo maakaapelikenttä maakaapeleiden vikojen paikannusta varten, mutta tämä kenttä oli puutteellinen eikä siitä ollut tehty dokumentointia. Tavoitteena on täydentää olemassa olevan maakaapelikentän vikoja sekä luoda kaikista vioista ja kaapeleista selkeä dokumentaatio, jotta kyseistä kenttää voitaisiin käyttää vianhakulaitteiston koulutuspaikkana.

Vikojen paikantamiseen käytettiin Dynatel 2550E kaapelinhakulaitetta, Vivax Metrotech vLoc-9800 kaapelinhakulaitetta sekä Senter ST612 TDR-mittaria.

2 MAAKAAPELEIDEN TYYPILLISIMMÄT VIAT

Maakaapeleiden viat aiheutuvat yleensä kaapelin virheellisestä asennuksesta, varastoinnin tai kuljetuksen aikana vahingoittuneesta kaapelista, vääränlaisesta jatkosta tai ulkoisesta voimasta. Kaapelissa esiintyviä vikoja kannattaakin etsiä ensin tunnetuista jatko- ja liitoskohdista sekä kaapeliyhteiden lähellä olevista kaivupaikoista.

Kaapelia on käsiteltävä siten, että se ei vahingoitu varastoinnin, kuljetuksen tai asentamisen aikana. Kaapelien valinnassa ja käsittelyssä on otettava huomioon kaapelin asennustapa, esim. asennus maahan aauraamalla, saman kaapelin asennus sekä maahan että kaapelihyllylle ja vaatimukset kaapelin palo-ominaisuuksille. On noudatettava kaapelin valmistajan antamia ohjeita sallituista vetovoimista, käsittelylämpötilasta, taivutussäteistä ja vastaavista (SFS 6000, 814.4).

Maahan asennettaessa kaapelit tulee sijoittaa riittävän syväälle tai suojata mekaanisesti erikseen. Asennussyvyys riippuu paikallisista olosuhteista, kuten maan laadusta ja sen routimisesta, maan omistussuhteista ja käyttötarkoituksesta (esim. käytetäänkö maata viljelykseen), mahdollisen liikenteen määrästä ja luonteesta ja vastaavista tekijöistä. Kaapeli suositellaan yleensä asennettavaksi vähintään 0,7 m syvyyteen. Olosuhteista ja kaapelin lisäsuojauksesta riippuen voidaan metallivaipallisilla kaapeleilla käyttää asennuksen tekijän ja haltijan harkinnan mukaan pienempää asennussyvyyttä (Sähköasennusopas 2014, 118).

Kaapelien suojauksen tarve riippuu kaapelin rakenteesta. Metallisella kosketussuojalla varustetun kaapelin vahingoittuminen kaapelin sisään tunkeutuvan vieraan esineen takia esim. kaivutöiden aikana aiheuttaa yleensä vian äärijohtimen ja maadoitetun metallisen kosketussuojan välillä. Yleensä tämä vika kytkeytyy nopeasti pois eikä aiheuta pitkäaikaista sähköiskun vaaraa. Ilman metallista kosketussuojaa olevissa kaapeleissa kaapelin sisään tunkeutuva vieras esine voi jäädä jännitteiseksi koska siitä ei aina aiheudu poiskytkettyä vikaa. Tämän takia ilman metallista kosketussuojaa olevan kaapelin suojaukselle asennussyvyyden tai erillisen suojuksen avulla on annettu tiukempia vaatimuksia kuin metallisella kosketussuojalla varustetulle kaapelille (SFS 6000, 814.5).

Sähköturvallisuuslain (Sähköturvallisuuslaki) mukaan maakaapelin saa asentaa sähköalan ammattihenkilö, jos työtä ohjaa ja valvoo sähkötöiden tekemisen edellytykset täyttävä toiminnanharjoittaja, joka vastaa maakaapeliasennuksen kokonaisuudesta.

2.1 Maasulku

Maasulku on käyttömaadoittamattoman virtajohtimen ja maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan osan väliseksi eristysviaksi. Kaksoismaasulku on kyseessä silloin, kun verkon kahdessa eri vaiheessa ja eri kohdissa verkkoa esiintyy samanaikaisesti eristysvika (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, luku 8)

Maasulku on yleisin vika maakaapeleissa. Maasulussa yksi tai useampi johtimista on yhteydessä maahan. Yleisimmät maasulkujen aiheuttajat ovat kaapeliin kohdistuva ulkopuolinen rasitus ja huono kaapelijatkos, jossa jatkon sisään on päässyt kosteutta. Suuri-resistanssisia maasulkuvikoja on hankala havaita, sillä kaapeliyhteys saattaa toimia normaalisti kuivalla säällä.

Maasulkuvikaa kannattaa lähteä etsimään ensimmäisenä tunnetuista jatkopaikoista sekä kaapelin lähellä suoritetuista kaivuutöistä. Myös kaapelin nousukohtat ovat yleisiä vika- paikkoja.

Maasulussa maasulkuvirran itseisarvo voidaan laskea kaavalla (1)(Lakervi & Partanen 2009,195)

$$I_f = \frac{3\omega C}{\sqrt{1 + (3\omega CR_f)^2}} U \quad (1)$$

jossa C on verkon yhden vaiheen maakapasitanssi, ω on $2\pi f$, R_f on vikaresistanssi ja U on verkon pääjännite.

2.2 Oikosulku

Oikosulut ovat maakaapeleissa hieman harvinaisempia kuin maasulut, koska yleensä kaapeliin kohdistunut ulkoinen voima on rikkonut kaapelin vaipan. Oikosulussa kaksi tai

useampi kaapelin johtimista ovat yhteydessä. Tämä voi tapahtua mm. huonosti tehdyssä jatkossa tai kaapelin joutuessa puristukseen Oikosulut ovat vaikeampia löytää kuin maasulut, koska maahan ei vuoda virtaa. Oikosulutilanteissa vikaresistanssi on yleensä hyvin pieni, joten oikosulkuvirta laukaisee oikosulkusuojauksen nopeasti.

Kolmivaiheinen oikosulkuvirta I_f lasketaan kaavalla (2)(Oikosulkuvirran laskenta)

$$I_f = \frac{U}{\sqrt{3}(Z_L + Z_M)} \quad (2)$$

, jossa U on verkon pääjännite, Z_L on vaihejohtimen impedanssi ja Z_M on muuntajan impedanssi.

Yksivaiheinen oikosulkuvirta I_f lasketaan kaavalla (3)(Oikosulkuvirran laskenta)

$$I_f = \frac{U}{\sqrt{3}(Z_L + Z_M + Z_{PE})} \quad (3)$$

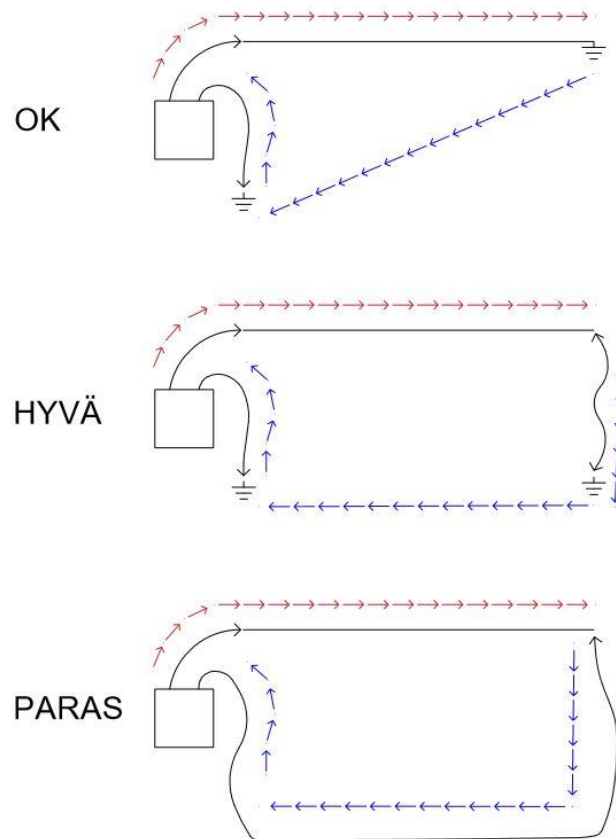
, jossa U on verkon pääjännite, Z_L on vaihejohtimen impedanssi, Z_M on muuntajan impedanssi ja Z_{PE} on maadoitusjohtimen impedanssi.

3 VIANHAKUMENETELMÄT

Ennen kaapelivian paikantamista täytyy selvittää millainen vika kaapeliyhteydessä on. Jotta välttyttäisiin laiterikoilta ja saataisiin tarkkoja mittaustuloksia mittauksia kaapelin molemmat päät kytketään irti ennen mittauksia. Vianhakumenetelmät riippuvat käytettävissä olevasta laitteistosta. Maakaapeleiden vikojen hakuun käytettävät keskeisimmät laitteet ovat asennustesteri, jolla voidaan mitata kaapelin eristysvastukset, kaapelitutka, jonka avulla löydetään kaapelireitti sekä maavuotokohdat vikahaarukan avulla, syöksyjännitegeneraattori, jonka avulla löydetään lähes kaikki viat pois lukien pieniresistanssiset oikosulut sekä TDR-mittari, jonka avulla löydetään kaapelireitistä maa- ja oikosulkujen lisäksi kaapelijatkokset sekä alkavat viat.

3.1 Kaapelin paikallistaminen kaapelitutkalla

Mikäli kaapelireittiä ei ole merkitty riittävän tarkasti karttoihin, on se paikallistettava ennen varsinaisen vian etsimistä. Kaapelireitti paikallistetaan kaapelinhakulaitteella, joka koostuu lähettimestä ja vastaanottimesta. Lähettimellä syötetään kaapeliin suuritaajuista vaihtovirtaa, joka palautuu lähettimeen maan tai erillisen paluujohtimen kautta (kuva 1). Mikäli paluusignaali kulkee etsittävän kaapelin sisällä tai lähellä, signaalivirta ja paluusignaali kumoavat toisensa eikä kaapelia voi paikallistaa.



Kuva 1. Lähettimen kytkeminen haettavaan kaapeliin

Lähetintä voidaan myös käyttää induktiomenetelmällä. Induktiomenetelmässä lähettimen johtimia ei kytketä mihinkään ja lähetin asetetaan suoraan haettavan kaapelin päälle. Lähettimen pohjassa oleva kela indusoi haettavaan kaapelin hakusignaalin. Induktiomenetelmää käytettäessä ei voida estää signaalin indusoitumista väärään kaapeliin ja signaalin voimakkuus on heikompi.

Lähetin mittaa kytkennän resistanssin ja sen perusteella voidaan valita käytettävä signaalin taajuus. Pienet taajuudet aiheuttavat vähemmän häiriötä muissa maassa menevissä kaapeleissa. Pienet taajuudet myös kantavat pidemmälle. Suuret taajuudet toimivat parhaiten, jos kaapelin pää on tulpattu tai kokonaan poikki. Suuritaajuisten vaihtovirran synnyttämä sähkömagneettinen kenttä indusoi etsintäkelaan jännitteen, jonka suuruus riippu kelan asennosta etsittävään kaapeliin nähden (Mörsky 1992, 405-406). Nykyisissä vastaanottimissa on useita etsintäkeloja eri asennoissa, joiden eri yhdistelmillä voidaan mitata kaapelin sijainti, suunta ja syvyys.

Kaapelireitti paikallistetaan kulkemalla oletettua kaapelireittiä pitkin ja heiluttamalla vastaanotinta maanpinnan yläpuolella tasaisella korkeudella. Vastaanottimen näyttö kertoo kaapelireitin suunnan ja signaalin voimakkuuden.

3.1.1 Palloantennin paikallistaminen

Palloantenneilla merkitään maanalaisia kohteita, kuten kaapelijatkoksia, liitoksia, kieppejä, venttiilejä, teiden alituksia yms. Palloantennit toimivat täysin passiivisesti ilman ulkoista virtalähdettä. Suomessa on käytössä 7 eri kohteisiin tarkoitettua palloantennia, sähkö, vesi, viemäri, puhelin, kaasu, kaapeli-TV ja yleiskäyttö. Jokaisella antennityypillä on oma tunnusväri ja taajuus. Joissakin palloantenneissa on RFID-siru, jonka avulla palloantenniin voidaan tallentaa tarkempia tietoja merkittävästä kohteesta.

Palloantenneja voidaan hakea palloantennien hakuun tarkoitettulla hakulaitteella. Hakulaitteiden lisäksi joillakin kaapelinhakulaitteilla voidaan hakea palloantenneja mm. Dynatel 2550E (kuva 2).



Kuva 2. Dynatel 2550E kaapelinhakulaite (3M Dynatel Putken/Kaapelin Hakulaite 2550E-U12.)

Dynatel 2550E kaapelinhakulaitteeseen voidaan tallentaa tietokoneella kirjoituspohjia ohjelmoitavia palloantenneja varten. Kirjoituspohjia voidaan myös luoda ja muokata itse kaapelinhakulaitteessa. Kirjoituspohjat ladataan palloantenneihin kaapelinhakulaitteella.

Palloantennien suurin asennussyvyys on 1,5 metriä. Hakulaite asetetaan hakemaan tiettyä palloantennityyppiä. Dynatel 2550E hakulaitteella voidaan hakea kahta eri pallotyyppiä samanaikaisesti. Hakulaite hälyttää palloantennin kohdalla äänellä ja visuaalisesti palkilla näytössä. Palloantennin kohdalla vastaanottimella voidaan lukea palloantennin tiedot ja syvyys. Viiden palloantennin tiedot voidaan tallentaa hakulaitteeseen.

3.2 Mittasillat

Erilaisia mittasiltoja kuten Murray-, Graf- ja Wheatstone-siltoja on käytetty vuosikymmeniä vian laadun ja likimääräisen paikan selvittämiseen. Kehittyvä tekniikka ei ole syrjäyttänyt tätä perinteistä menetelmää, vaan näiden laitteiden merkitys on kasvamassa. Tosin menetelmä vaatii jatkuvan vian. (Mörsky 1992, 408)

Murray-mittasillan käyttö soveltuu sekä peni- että suuriresistanssisten vikojen paikannukseen. Mikäli tehonlähteenä käytetään suurjännitegeneraattoria, voidaan jopa 100 MΩ eristysvial paikantaa helposti. Murray-kytkennän merkitys on kasvanut etenkin muovikaapeleiden vianpaikannuksessa. (Mörsky 1992, 408)

Kolmivaihekaapelin yksivaiheisen maasulun (kuva 3) etäisyys kaapelin alusta (L_x) saadaan laskettua sillan aseteltavien resistanssien avulla kaavalla (4).

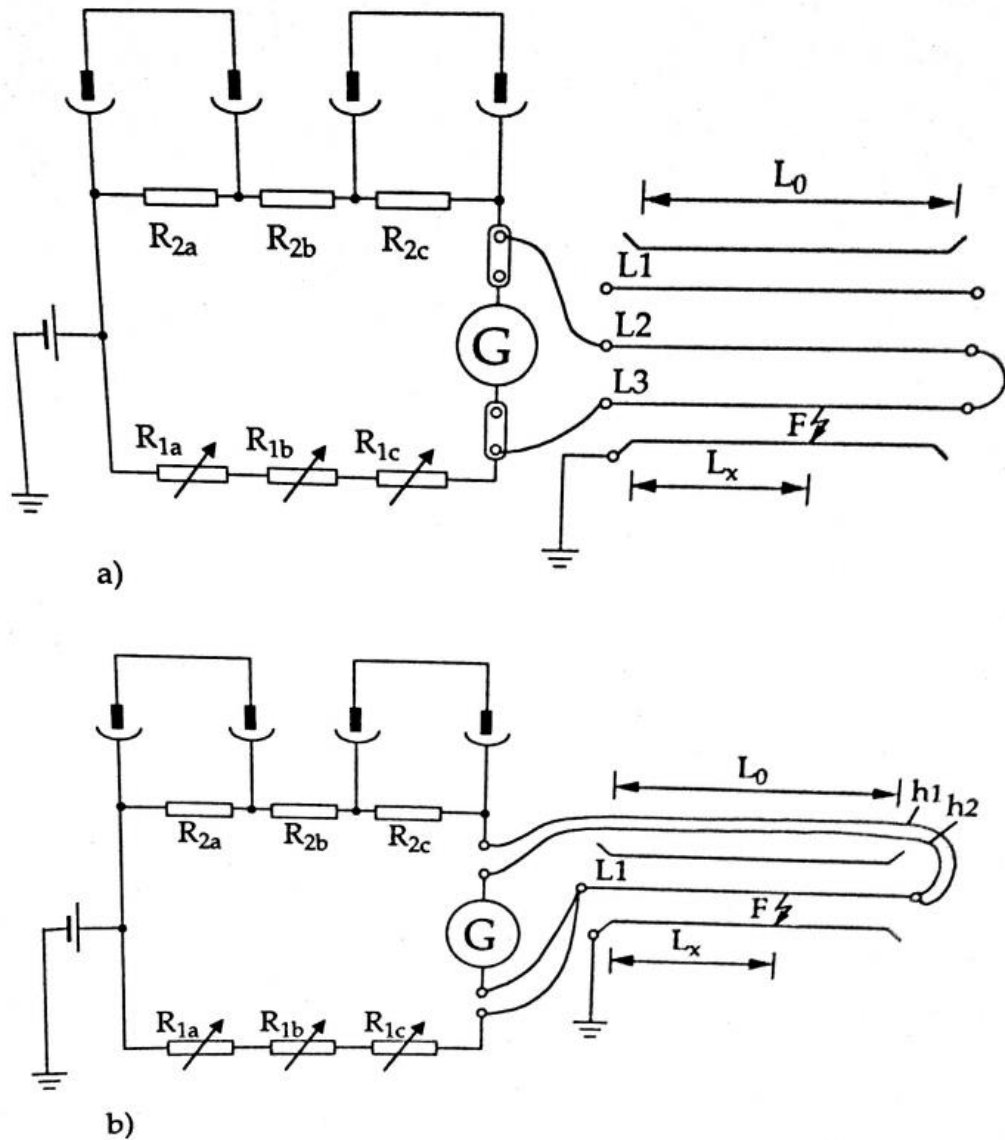
$$L_x = \frac{R_1}{R_1 + R_2} 2L_0 \quad (4)$$

, jossa R_1 on säädettävä vastus, R_2 on kiinteäresistanssinen vastus ja L_0 on kaapelin pituus.

Kuvassa 3b esitetyllä yksivaihekaapelin Murray-siltamittauksella saadaan selville yksisijohtimellisen muovikaapelin vaipan korroosiovian paikka sijoittamalla sillan resistanssien arvot ja kaapelin pituus kaavaan 5. (Mörsky 1992, 408)

$$L_x = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_h} 2L_0 \quad (5)$$

, jossa R_1 on säädettävä vastus, R_2 on kiinteäresistanssinen vastus, R_h on mittajohtimen resistanssi ja L_0 on kaapelin pituus.



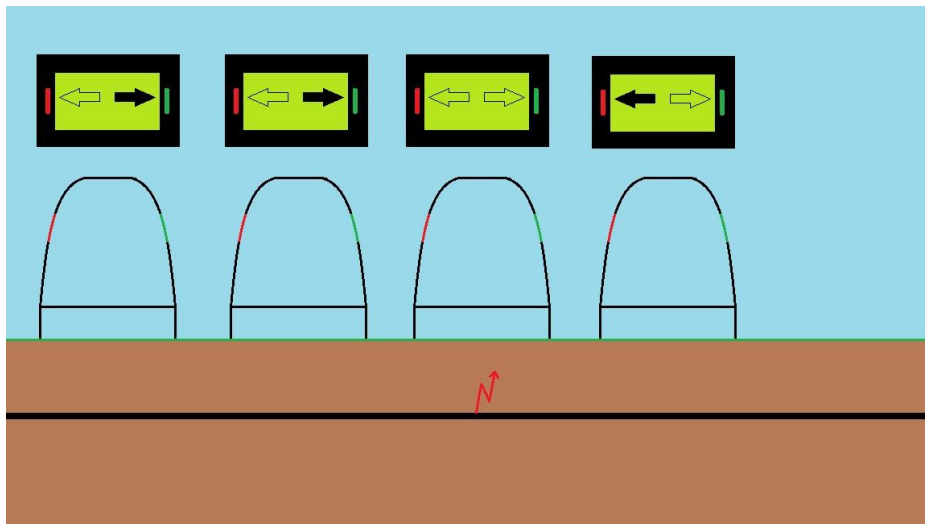
Kuva 3. Murray-siltamittaus. a) Kolmijohdinkaapeli, b) yksijohdinkaapeli. (Mörsky 1992, 409)

Jos yksijohdinkaapelijärjestelmän muut vaiheet ovat jääneet ehjiksi, voidaan näitä kaapeleita käyttää ulkoisina mittajohtoina (kuva 3)(Mörsky 1992, 409).

3.3 Vaippavian paikallistaminen vikahaarukalla

Kaapelitutkiin on saatavilla lisävarusteena maavuotojen paikantamiseen suunniteltu vikahaarukka. Vaippavian paikallistamisessa lähetin kytketään vikaantuneeseen johtimeen sekä yhdensuuntaisesti kaapelireitin kanssa asetettuun maadoitussauvaan (kuva 3). Lähettimestä valitaan vikatoiminto. Lähetin lähettää vikaantuneeseen kaapeliin kahta taa-juutta samanaikaisesti (577 HZ ja 33 kHz). Vastaanottimella voidaan täten paikantaa kaapelireittiä ja vikaa vuoroittain käymättä välillä lähettimen luona.

Vikahaarukka painetaan maahan noin metrin päähän vikaantuneen kaapelin suuntaisesti ja signaalin voimakkuus tallennetaan vastaanottimeen referenssisitasoksi. Tämä referenssitaso kertoo signaalin voimakkuuden vikapaikassa. Tämän jälkeen kuljetaan kaapelireittiä pitkin painamalla vikahaarukka välillä maahan. Vastaanottimen näytön palkit kertovat vikapaikan suunnan (kuva 4).



Kuva 4. Hakulaitteen näytön nuolet osoittavat maavuotokohdan suunnan.

Vikapaikka sijaitsee vikahaarukan keskellä, kun vastaanottimen nuolet vaihtavat suuntaa. Vikahaarukkaa käännetään 90 astetta ja vikapaikka paikannetaan uudestaan. Jotta vika-

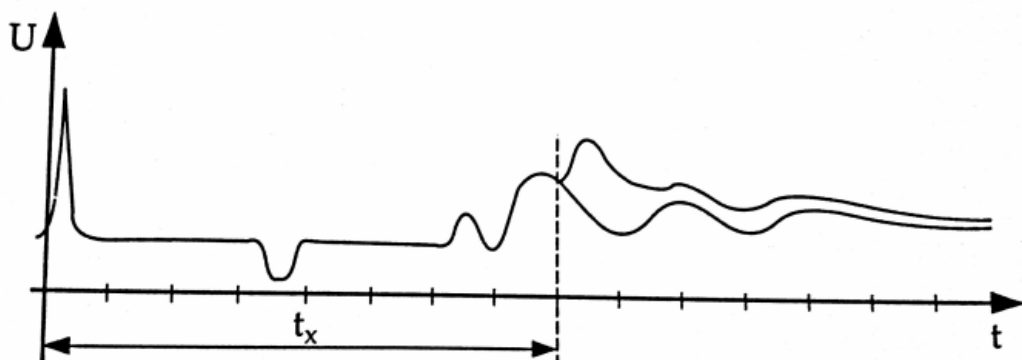
paikka saadaan tarkennettua, työnnetään vikahaarukan toinen piikki paikannettuun vikapaikkaa ja pyöritetään vikahaarukkaa tämän jalan ympäri työntäen toinen jalka välillä maahan. Vastaanottimen nuolien tulisi osoittaa vikapaikkaa kohti.

Kun vika on löydetty, vikahaarukka työnnetään noin metrin päähän vikapaikasta vian suuntaan päin. Jos vastaanotin näyttää signaalin voimakkuudeksi 12 dB tarkkuudella referenssiarvoa, pääasiallinen vika on löytynyt. Jos lukema poikkeaa referenssiarvosta, kaapelissa on voi olla useita vikoja.

Dynatel 2550E kaapelinhakulaitteeseen voidaan tallentaa viiden vikapaikan tiedot signaalivahvuuksien vertailemista varten.

3.4 Vian paikallistaminen TDR -mittarilla

Mikäli vioittunut kaapeliyhteys on pitkä, tai kaapelissa ei ole maavuotoa, vikaa voidaan paikantaa TDR-mittarilla. TDR-mittari lähettää kaapeliin signaalin, joka heijastuu vikapaikasta takaisin mittariin. Mittari laskee heijastukseen kuluvan ajan ja pääättelee siitä kaapelin pituuden sekä vikapaikat. Laadukkaalla mittarilla vikakohdat voidaan paikantaa jopa 10 cm tarkkuudella. Heijastuneen signaalin muodosta voidaan päätellä vian tyyppi.



Kuva 5. TDR-mittarin mittauskäyrä oikosulutilanteessa (Mörsky 1992, 411)

TDR-mittaria käytettäessä tarkasti on tiedettävä signaalin etenemisnopeus kohdekaapelissa. Etenemisnopeus vaihtelee riippuen kaapelityypistä, mutta on yleensä noin 220m/ns.

Signaalin etenemisnopeus saadaan tarkasti selville mittaamalla TDR-mittarilla ehjä kaapeli, jonka pituus tiedetään. Uusiin TDR-mittareihin voidaan tallentaa signaalin etenemisnopeudet usealle eri kaapelityypille.

3.5 Vian paikallistaminen syöksyjännitegeneraattorilla

Syöksyjännitemenetelmä on kaikkein käytetyin menetelmä vikojen tarkkaan paikannukseen. Menetelmä perustuu syöksyaallon lähettämiseen kaapeliin. (Mörsky 1992, 413)

Syöksyjännitemenetelmässä tasajännitteellä varataan kondensaattorit, joiden energia puetaan kipinävälin kautta johdolle, jolloin vikapaikasta kuuluu läpilyönnin pamahdus. Tätä ääntä paikallistetaan maamikrofonin ja kuulokkeiden avulla. (Mörsky 1992, 413).

Nykyaikaiset maamikrofonilaitteistot (kuva 6) havaitsevat syöksyaallon äänen lisäksi myös sähkömagneettisesti, minkä vuoksi laite osaa kertoa vikapaikan suunnan.



Kuva 6. Nykyaikainen maamikrofonilaitteisto. (Seba Digiphone Plus, complete)

Syöksyjännitegeneraattoria käytettäessä on noudatettava valmistajan ohjeita tarkasti, sillä käytettävät jännitetasot voivat olla vaarallisia terveydelle ja lähellä oleville sähkölaitteille. Syöksyjännitteen vaarallisuuden vuoksi syöksyjännitegeneraattoria on syytä käyttää ainoastaan vianhakukentän keinokipinävälillä.

4 VIANHAKUKENTÄN RAKENTAMINEN

Vianhakukenttä suunniteltiin yhdessä vianhaun ammattilaisten kanssa kattamaan yleisimmät maakaapeleissa havaitut viat, jotka ovat maasulut, oikosulut, kaapelin katkeaminen sekä asennusvirheet. Maakaapelikentällä oli ennen tämän opinnäytetyön aloittamista jo keinokipinäväli, ristiin kytketty kaapeli, vaippavikainen kaapeli sekä kokonaan poikki leikattu kaapeli. Vianhakukenttään lisättiin ehjiä kaapeleita tunnistamisharjoituksiin sekä viallisia kaapeleita vikojen tunnistamis- ja paikantamisharjoituksiin. Vianhakukenttään asennettiin myös palloantenneja kaapelikaivoihin.

Vianhakukentän rakentamisessa pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman paljon jo olemassa olevia keskuksia sekä komponentteja. Kaapelit kytkettiin kentällä oleviin jakokeskuksiin (kuva 7), joihin lisättiin tarvittava määrä kaapelilähtöjä. Kaapelien rakentamiset sisällytettiin Aikuiskoulutuskeskuksen opiskelijoiden harjoituksiin (Kuva 8).

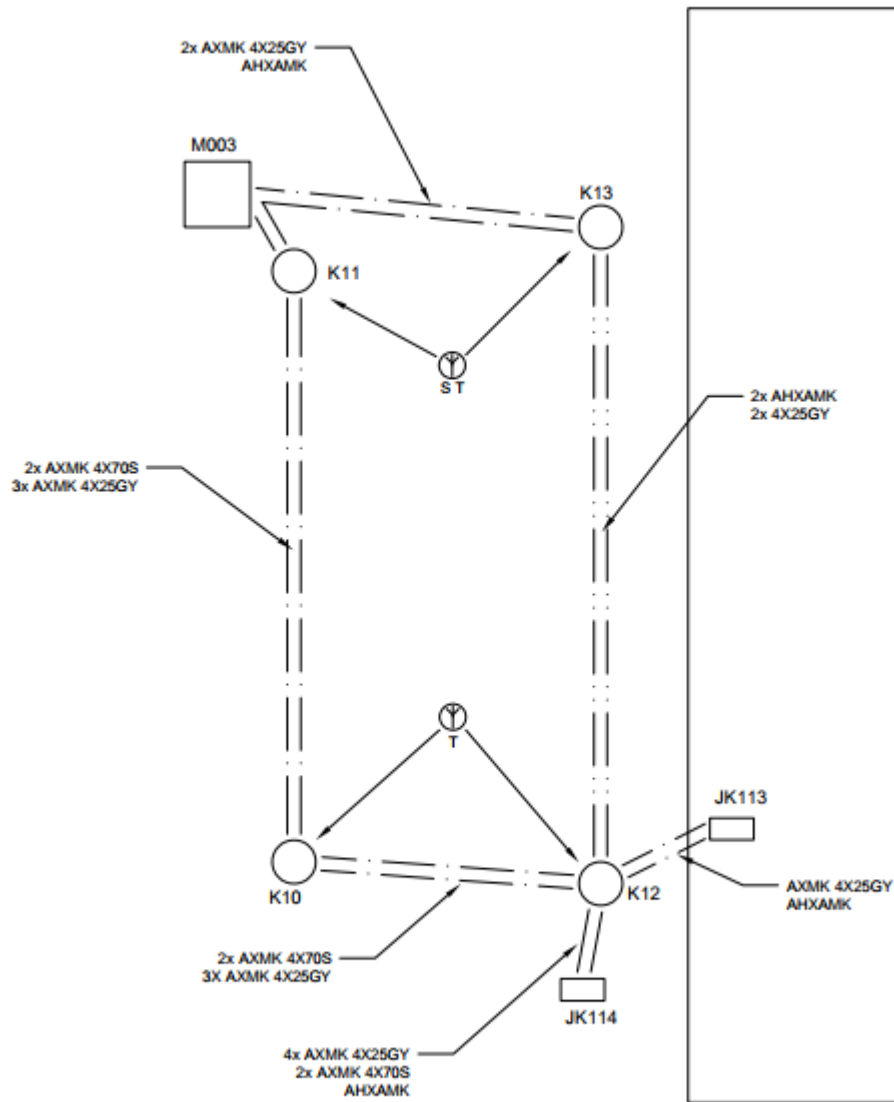


Kuva 7. osa muuntajan M003 kaapelilähdöistä.



Kuva 8. Opiskelijat kytkemässä kaapelilähtöjä jakokeskukseen.

Kaapelikaivojen kautta menevät kaapelit merkattiin samaan karttaan palloantennien kanssa (Kuva 9). Loput kaapelit merkattiin karttaan (Kuva 10).



Kuva 9. Kaapelikaivojen kautta menevät kaapelit sekä kaivoissa olevat palloantennit. Kaapelikaivojen K12 ja K13 välistä osuutta ei ole putkitettu.

TAULUKKO 1. Vianhakukentän kaapelit

| JK113 | Kaapelireitti | Viat | Mittaus | K10 | K11 | K12 | K13 | |
|---------------|---------------|--|---------------------------------|---------------|-----|-----|-----|--|
| 1 AXMK 4x95S | M003,2 | L1-PE kipinäväliille, L2 poikki | Syöksyjännite | | | | | |
| 2 AXMK 4x25S | M003.1 | Kytetty ristiin | TDR-mittaus | | | | | |
| 3 AXAL-TT | M003.11 | Vaippavika, vaihe poikki | Maasulku | | | | | |
| 4 AMCMK 4x240 | | Poikki | Maasulku | | | | | |
| 5 AHXAMK | K13 | Päätetty kaivoon | | | | X | X | |
| 6 AXMK 4x25GY | M003.5 | L1-PE 1k L2-L3 100k | TDR-mittaus | | | X | X | |
| JK114 | | | | | | | | |
| 1 AXMK 4X70S | M003.3 | Vaippaviat 1k ja 100k | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 2 AXMK 4X70S | M003.4 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 3 AXMK 4X25GY | M003.6 | | Maasulku | | | X | X | |
| 4 AXMK 4X25GY | M003.9 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 5 AXMK 4X25GY | M003.8 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 6 AXMK 4X25GY | M003.7 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 7 AHXAMK | M003.10 | | | | | X | X | |
| M003 | | | | | | | | |
| 1 AXMK 4X95S | JK113.2 | Kytetty ristiin | TDR-mittaus | | | | | |
| 2 AXMK 4X25S | JK113.1 | | L1-PE kipinäväliille, L2 poikki | Syöksyjännite | | | | |
| 3 AXMK 4X70S | JK114.1 | L1-PE 1k L2-L3 100k Vaippaviat 1k ja 100k | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 4 AXMK 4X70S | JK114.2 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 5 AXMK 4X25GY | JK113.6 | | TDR-mittaus | | | X | X | |
| 6 AXMK 4X25GY | JK114.3 | | Maasulku | | | X | X | |
| 7 AXMK 4X25GY | JK114.6 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 8 AXMK 4X25GY | JK114.5 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 9 AXMK 4X25GY | JK114.4 | | Tunnistaminen | X | X | X | | |
| 10 AHXAMK | JK114.7 | | | | | X | X | |
| 11 AXAL-TT | JK113.3 | | Vaippavika, vaihe poikki | Maasulku | | | | |

Kaikki rakennetut kaapelit ja niissä olevat viat mitattiin ja todettiin oikeiksi. Mittausten yhteydessä huomattiin mittalaitteiden oikean taajuuden valinnan tärkeys. Koska kentällä kulkee paljon samansuuntaisia kaapeleita, liian suurella taajuudella hakusignaali indusoi- tuu helposti rinnakkaisiin kaapeleihin, jolloin kaapelin reittiä ei voi luotettavasti määrit- tää.

5 POHDINTA

Maakaapeleita asennettaessa täytyy olla huolellinen esim. kaapelin asennus putkeen ja peruuttaminen kaapelin auraamisen yhteydessä kaapelin vaippaan tulee helposti vaurioita. Mikäli kaapelin vaurioita ei korjata oikein, maan kosteus voi päästä kaapelin vaipan sisään ja aiheuttaa enemmän vaurioita. Sähköteipillä korjattu kaapelin vaippa on yleinen löytö maavuotokohdassa.

Yleisimmät maakaapeleissa esiintyvät viat voidaan löytää tarkasti kun valitaan oikea mittalaitte vian hakemiseen. Markkinoille tulee jatkuvasti uusia käyttäjäystävällisempiä vianhakulaitteita, jotka helpottavat vian paikallistamista, mutta toimintaperiaatteet pysyvät samana. Uudet vianhakulaitteet mahdollistavat monen eri testin suorittamisen samalla laitteella, jolloin säästytään aikaa vieviltä kytkentämuutoksilta. Tulevaisuudessa laitteet voivat merkitä vikapaikkojen sijainnit suoraan karttaan mobiiliverkkoyhteyden ja gps-paikannuksen avulla.

Vianhakukenttää voisi parantaa tulevaisuudessa lisäämällä jokaisen jakokeskuksen läheisyyteen maadoituspisteet mittalaitteille. Maadoituksen laatu vaikuttaa mittaustuloksiin, joten muuttumattomalla maadoituksella saataisiin mittaustuloksista yhteneväisemmät. Vianhakukenttään voitaisiin rakentaa myös katettu maasulku, jonka avulla voidaan havainnollistaa maan kosteuden vaikutusta maasulun suuruuteen kastelemalla maasulku-kohtaa mittausten välissä. Lisäksi maassa sijaitsevaan keinokipinäväliin olisi syytä lisätä kipinävälin päälle karkeaa hiekkaa tai muuta vastaavaa sähköä johtamatonta ainetta syösyjännitegeneraattorin aiheuttaman valokaaren vaimentamiseksi.

Vianhakukenttään saatiin onnistuneesti lisättyä tarvittavat viat vianhakulaitteiston käytön harjoittamiseen. Vianhakukentästä saatiin rakennettua kattava opiskeluympäristö, jossa Tampereen Aikuiskoulutuskeskus ja muut yritykset voivat pitää kaikenlaisia koulutuksia liittyen maakaapeleiden vikojen hakemiseen, vikojen tunnistamiseen ja vianhakulaitteiston käyttämiseen.

LÄHTEET

3M™ Dynatel™ Putken/Kaapelin Hakulaite 2550E-U12. Luettu 15.11.2017

https://www.3msuomi.fi/3M/fi_FI/company-ndc/all-3m-products/~/3M-Dynatel-Putken-Kaapelin-Hakulaite-2550E-U12?N=5002385+8709319+3292796550&rt=rud

Lakervi, E. & Partanen, J. 2009.Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto Oy.

Mörsky, J. 1993 Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto Oy.

SFS-käsikirja 6000, 2017, Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: SFS

Seba Digiphone Plus, complete. Luettu 5.1.2018

<https://www.perel.fi/tuote/v54918376/digiphone-complete/seba-digiphone-plus-complete/73784863/1>

Sähköinfo Oy 2014 Sähköasennusopas. Helsinki: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry

Sähköturvallisuuslaki, 2016 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=s%C3%A4hk%C3%B6turvallisuuslaki#L4P73>

LIITTEET

Liite 1. Carunan tiedote maakaapeloinnin hyödyistä

Sähköverkon maakaapelointi vapauttaa vuositasolla yli 1 000 hehtaaria maata hyötykäyttöön

 Caruna  31.10.2017, 08:30



Carunan verkonparannushankkeen yhteydessä maata vapautuu hyötykäyttöön. Viimeisen vuoden aikana Caruna on purkanut ilmajohtoja ja sähköpylväitä noin 800 hehtaarin maa-alueelta.

Carunalla on käynnissä vuosikymmenen kestävä verkonparannushanke, jossa se kaapeloi sähköverkkoaan maan alle säältä suojaan. Ilmajohtoverkon ja sähköpylväiden poistamisen myötä maata vapautuu maa- ja metsätalouskäyttöön.

Vuoden 2016 aikana maata vapautui noin 800 hehtaaria pääosin metsistä. Tulevina vuosina hehtaareja vapautuu vuositasolla arviolta 1 000—1 500. Pelloilta poistettiin viime vuonna 15 000 sähköpylvästä. Tulevina vuosina pylväitä poistuu vuositasolla noin 30 000.

”Maakaapelointi lisää sähköjakelun luotettavuutta. Käyttöikänsä päähän tulevaa sähköverkkoa on saneerattava sellaiseksi, että se vastaa asiakkaiden ja yhteiskunnan vaatimuksia sekä palvelee tulevaisuuden tarpeita kuten liikenteen sähköistymistä ja lisääntyvää uusiutuvan energian tuotantoa. Samalla maanomistajat hyötyvät, kun ilmajohtoverkosta maankäytölle aiheutuvat rajoitteet ja haitat vähenevät”, Carunan verkkopäällikkö **Henrik Suomi** sanoo.

Pelloilta poistuvat sähköpylväät helpottavat osaltaan maanviljelyä. Myös maisema muuttuu, kun ilmajohtoverkot poistuvat.

”Pylväiden poistaminen pelloilta helpottaa viljelyä, sillä pylväiden kiertäminen vie aikaa, eivätkä leveät koneet mahdu kaikkialta. Lisäksi muun muassa hukkakauran leviäminen linjoilla istuvien lintujen myötä poistuu. Metsissä hakkuu helpottuu, kun ei ole varottavia linjoja. Ja onhan sähköntoimitusvarmuuden paraneminen myös maaseutuelinkeinojen näkökulmasta äärimmäisen tärkeää”, Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK:n asiantuntija **Airi Kulmala** sanoo.

Kun sähköverkko rakennetaan käyttämällä maakaapeleita, se estää käytännössä vain kiinteiden rakenteiden rakentamisen johtokaduille, joiden alla maakaapelit kulkevat. Kaapeleille pyritään löytämään mahdollisimman vähän haittaa aiheuttava sijainti yhteistyössä maanomistajan kanssa.

”Yhden alueen maakaapelointi on pitkä hanke. Voimme purkaa vanhan sähköverkon vasta sitten, kun uusi maakaapeliverkko on otettu onnistuneesti käyttöön”, Suomi kertoo.

<https://www.epressi.com/tiedotteet/energia/sahkoverkon-maakaapelointi-vapauttaa-vuositasolla-yli-1-000-hehtaaria-maata-hyotykyttoon.html%0c>