

Anselmi Ernvall

KAAPELIVIAAT JA NIIDEN PAIKANNUS

KAAPELIVIAT JA NIIDEN PAIKANNUS

Anselmi Ernvall
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Sähkö- ja automaatiotekniikan
tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Anselmi Ernvall
Opinnäytetyön nimi: Kaapeliviat ja niiden paikannus
Työn ohjaaja: Ensio Sieppi
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 44 + 7 liitettä

Maakaapeloinnilla halutaan vähentää sähkönjakeluhäiriöitä sekä turvata tasalaatuisemman sähkön saatavuutta. Ongelmat ovat olleet erityisesti keskijänniteverkoissa, joissa pitkien siirtomatkojen vuoksi on kustannussyistä käytetty sääoloille alttiita ilmajohtoja. Kaapeloidun verkon osuus on kuitenkin kasvanut tavoitteita hitaammin, ja vain noin 20 % maan keskijänniteverkoista on kaapeloitu.

Vikatilanteessa vikapaikan nopealla tunnistamisella pystytään rajaamaan häiriöalue mahdollisimman pieneksi, käynnistämään korjaus nopeasti ja lyhentämään keskeytysaikaa. Karkeasti vika paljastuu sähköasemien ja muuntamoiden suoja-releiden laukeamisista tai sulakkeiden palamisista. Tarkan vikapaikan tunnistaminen vaatii erityisten etsintätapojen ja -laitteistojen käyttöä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata ja analysoida maakaapelivikoja, niiden aiheuttajia sekä niiden etsintään ja paikantamiseen käytettäviä laitteita. Erityisesti perehdyttiin maasulkujen, oikosulkujen sekä kaapelikatkosten paikan määrittämiseen sekä siihen käytettävien laitteiden kuten syöksyaaltogeneraattorin, polttomuuntajan, vaippavian paikannuslaitteen ja kaapelitutkan käyttöön ja teknisiin ominaisuuksiin. Tavoitteena oli lisäksi laatia käyttöohjeet sisäiseen käyttöön yrityksen vianpaikannuslaitteille.

Työ perustuu pääosin kirjallisuuteen, mutta työn aikana perehdyttiin myös konkreettisiin maakaapelivikoihin, vian aiheuttajiin, vianpaikannukseen ja vianpaikannuslaitteistojen käyttöön Eltel Networks Pohjoinen Oy:llä. Lisäksi on käytetty hyväksi tekijän aiempia omakohtaisia kokemuksia kaapelivikojen paikannustöistä.

Maakaapelien käyttö vähentää olennaisesti vikoja ja niistä aiheutuvia jakelukeskeytyksiä ilmajohtoihin verrattuna. Maakaapelivian tunnistamista ja vika-alueen rajaamista voidaan tehostaa lisäämällä verkon selektiivistä suojausta sekä parantamalla verkon valvontaa ja dokumentointia.

Asiasanat: maakaapelointi, kaapeliviat, kaapelitutka, syöksyaaltogeneraattori, vaippavianpaikannus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

Author: Anselmi Ernvall
Title of thesis: Cable Faults and Location Them
Supervisor: Ensio Sieppi
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019
Pages: 44 + 7 appendices

The aim of this thesis is to analyse different earth cable faults, their causes and to introduce methods, equipment and activities in identifying and locating faults.

Because of long transmission distances and lower investment costs, the power supply of traditional medium voltage grids takes place via air conductors. They are very sensitive in difficult weather conditions to different faults like earth faults, short-circuits and cable outages, which can lead to power failures for consumers. Earth cables have much lower fault risk.

Quick and exact information in faults helps to minimize the size of non-voltage areas, to expedite reparations and to shorten power failures. A cable fault can be found roughly based on a message from relay protection or from fuse protection. For the exact location of a fault it is special equipment, such as cable sheath locator, cable fault locator or surge wave generator, are needed depending on the fault type.

Those equipment and their technical data are described in the report.

The thesis is predominantly a literature report, but during the work also concrete activities in cable fault locating were done at Eltel Networks North Ltd. Furthermore, earlier experience from practical work related to locating cable faults has been utilized.

Careful installation of cables will prevent cable faults. In addition, better documentation and selective protection system will shorten a fault definition and power failures.

Keywords: earth cabling, cable faults, cable detector, surge wave generator, sheath fault locator

ALKULAUSE

Työ on tehty Eltel Networks Pohjoinen Oy:lle. Kiitokset opinnäytetyöni ohjauksesta insinööri Vesa Keräselle Eltel Oy:stä. Haluan myös kiittää yliopettaja Ensio Sieppiä työni valvonnasta, joustavuudesta ja opastuksesta.

Lisäksi haluan kiittää lähimmäisiäni saamastani tuesta ja kannustuksesta opiskelussani ja työni eri vaiheissa.

Oulussa 26.3.2019

Anselmi Ernvall

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 SÄHKÖN JAKELUVERKOT	9
3 MAAKAPELIEN KÄYTTÖ	11
3.1 Maakaapeloinnin edut ja haitat	11
3.2 Kaapeloinnin kustannukset	11
3.3 Maakaapelityypit	12
4 MAAKAPELIVAURIOIDEN AIHEUTTAJAT	17
4.1 Rakenteelliset vauriot	17
4.2 Kaivu- ja asennusvauriot	17
4.3 Säävaikutukset	18
4.4 Kaapelijatkot ja liitokset	19
4.5 Kaapelin vanheneminen	19
4.6 Vaurioiden ennaltaehkäisy	19
5 VIKATYYPIT	20
5.1 Maasulut	20
5.2 Oikosulut	22
5.3 Suojaukset ja maadoitukset	23
5.4 Ali- ja ylijännite	25
6 VIANPAIKANNUKSEN MENETELMÄT	27
6.1 Vikojen ilmeneminen	27
6.2 Vian esipaikannus	28
6.3 Vaippavian paikannus	29
6.4 Vikapaikan polttaminen	31
6.5 Syöksyaaltogeneraattoripaikannus	31
7 VIKOJEN VAIKUTUS JAKELUHÄIRIÖIHIN	33
8 PAIKANNUKSEEN KÄYTETTÄVÄT LAITETYYPIT	34
8.1 Kaapelinhakulaite	34

8.2 Vaippavianpaikannuslaite	35
8.3 Syöksyaaltogeneraattori	37
9 POHDINTA	39
LÄHTEET	41
LIITTEET	44

1 JOHDANTO

Sähkönjakeluyhtiöillä on lain määräämä (588/2013) tavoite saada kaikki asiakkaansa säävarman jakeluverkon piiriin 2020-luvun loppuun mennessä. Tämä merkitsee pääosin avojohdoin hoidettujen jakeluverkkojen korvaamista maahan kaivettavilla maakaapeleilla. Maahan asennetut kaapelit ovat säärasitusten ohessa suojassa myös ilkvallalta ja muilta ulkoisilta rasituksilta sekä tarjoavat runsaasti vapaata tilaa muulle maankäytölle erityisesti taajamaolosuhteissa avojohdoin verrattuna. Vikoja ja niistä aiheutuvia jakeluhäiriötä esiintyy myös maakaapeleita käytettäessä.

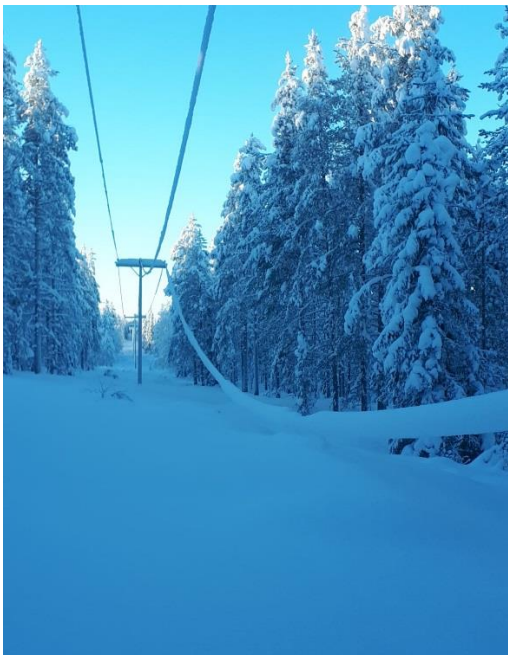
Opinnäytetyö on toteutettu Eltel Networks Pohjoinen Oy:lle. Työn tavoitteena oli tutkia pien- ja keskijänniteverkkojen maakaapelivikoja ja niiden aiheuttajia. Tehokas vikojen tunnistaminen on tärkeää ja vikapaikan nopealla paikantamisella vian korjaaminen nopeutuu, riskit vikapaikan ympäristössä alenevat ja sähkönjakelun keskeytysajat lyhenevät. Työssä käsitellään myös vian etsintään ja paikantamiseen käytettyjä menetelmiä ja laitteita sekä esitellään yleisimpiä kaapelityyppejä ja niiden rakenteita.

Tavoitteena oli lisäksi laatia yritykselle selkeät ja havainnolliset käyttöohjeet yrityksen vianpaikannuslaitteille.

2 SÄHKÖN JAKELUVERKOT

Sähkön käyttö on lisääntynyt jatkuvasti ja sähkönjakelujärjestelmää on pitänyt kehittää ja uudistaa sekä verkoston eli kaapeleiden ja muuntamotekniikan että kuluttajapalveluiden suhteen. Verkoston kehittämisen kannalta suuri vaikutus on ollut vuonna 2013 voimaan tulleella Sähkömarkkinalailla (588/2013). Se määrittelee keskeiset vastuut ja velvoitteet verkko- ja jakeluyhtiöille, jotta sähkön kuluttajilla olisi mahdollisimman häiriötöntä ja tasalaatuaista sähköä saatavilla riittävästi koko maassa.

Erityisesti ongelmia ovat tuottaneet jakeluhäiriöt, jotka ovat aiheutuneet lähinnä 20 kV:n verkoissa myrskytuhojen, painavien lumikuormien ja ukkosten aiheuttamista vaurioista avojohdoille. Monet vauriokohdat ovat lisäksi sattuneet hankalien yhteyksien taakse. Välttyäkseen näiltä häiriöiltä sähköyhtiöt ovat aktiivisesti ryhtyneet kaapeloimaan jakeluverkkojaan maahan. Kuvassa 1 on kuvattu lumikuormaa linjalla.



KUVA 1. Lumikuormaa linjalla

Suomessa sähkön jakelujärjestelmä on kolmiportainen: suurjännite-, keskijännite- ja pienjänniteverkot. Suurjänniteverkkona on suurten tehojen pitkiin siirtoihin käytettävä 110 kV:n järjestelmä. (1, s. 11.)

Keskijänniteverkoista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä 6–20 kV:n jännitetasolla käytettävää siirtojärjestelmää, joka syöttää normaalisti 0,4 kV:n pienjänniteverkkoja, jotka taajamien keskeisillä alueilla on lähes poikkeuksetta kaapeloitu maahan jo vuosikymmeniä sitten. Asutuksen tiivistyminen ja sähkön käytön lisääntyminen vaativat myös vanhan jakeluverkon kehittämistä, uusimista ja vahvistamista. Tällöin varsinkin 20 kV:n maakaapeloidun verkon määrä lisääntyy. Nykyään keskijänniteverkon (kj- verkko) jännitteeksi pyritään yhtenäistämään 20 kV, mutta myös vanhempia 10 kV:n tai 6 kV:n verkkoja on paikallisesti edelleen käytössä. (1, s. 11.)

Tavallinen kuluttaja on 0,4 kV:n pienjänniteverkossa. Kuormien kasvu, mutta ennen kaikkea siirtomatkojen pidentämistarve toiminta-alueiden laajetessa on luonut useille yhtiöille suuremman käyttöjännitteen tarpeen. 1 kV:n pienjänniteverkko ja siihen sopivat maakaapelityypit mahdollistavat pienemmille kuormille useampien kilometrien siirtomatkan. (1, s. 168.)

Vaikka maakaapeleita on käytetty Suomessakin jo toistasataa vuotta, on niiden yleisyys edelleen alhainen ja suuria eroja alueellisesti kaapeloinnin yleisyydessä esiintyy. Esimerkiksi Helsingissä sähköverkkoyhtiö Helenin alueella keskijänniteverkosta yli 99,7 % ja pienjänniteverkosta yli 97,7 % on kaapeloitu. Toisaalta esimerkiksi Keski-Suomessa ja Savossa on yhtiöitä, joiden keskijänniteverkosta on maakaapeloitu noin 5 % ja pienjänniteverkostakin vain alle 20 %. On arvioitu, että koko Suomen 20 kV:n verkoista n. 20 % on tällä hetkellä maakaapeloitu ja osuus kasvaa 1–2 % vuosittain. (2.)

Luonnollisesti maakaapeloinnin lisääntyessä myös maakaapeliviat ovat yleistyneet. Kaapelivikojen aiheuttajia on monia, kuten asennus- ja käsittelyvirheet, routa, kosteus ja muut ulkoiset tekijät. Yleisin syy on kosteuden pääsy kaapelin sisälle.

3 MAAKAPELIEN KÄYTTÖ

3.1 Maakaapeloinnin edut ja haitat

Maakaapelien käytöllä saavutetaan huomattavia etuja avojohtoihin verrattua. Merkittävimpiä hyötyvaikutuksia ovat

- pieni tilantarve
- pienet sää- ja ympäristöhaitat
- pienempi vikaherkkyys
- jännitteellisten osien kosketussuojaus ja maasulkuvirran reduktiokerroin
- pienempi jännitteenalenema suuremman poikkipinnan vuoksi
- pienempi lämpiävyys ja tasaisempi ylikuormituslämmön jäähtyminen
- ympäristöön pääsevät sähkö- ja magneettikentät hyvin heikkoja ja suppea-alaisia
- veteen asentaminen mahdollista. (3, s. 304.)

Toki hyvillä asioilla on varjopuolensakin. Maakaapelien haittapuolia ovat

- korkea hinta
- huonompi pitkäaikaskuormitettavuus
- huonompi oikosulkuvirtojen rajoitus pienemmän reaktanssin vuoksi
- huonompi jäähdytyskyky
- hankalampi asennus
- hankalampi vianpaikannus
- hankalampi korjaus ja erikoistyökalujen tarve
- lämmittää ja kuivattaa maata. (3, s. 305.)

3.2 Kaapeloinnin kustannukset

Maakaapelointi on aina kallis investointi. Arvioidaan, että 20 kV:n keskijänniteverkon maakaapelointi maksaa noin 55 000 € kilometriltä. Kallioisessa ja louhikoisessa maastossa kustannus voi olla jopa 100 000 €/km. (4.)

Kustannuksiin vaikuttavat itse kaapelin ja sen kaivun lisäksi myös tarvittavat muuntamot, jakokaapit, kaapelien jatkamiset, liittämiset, maadoitukset sekä suojausien ja muiden varolaitteiden kustannukset. Maakaapeloinnin kustannuksia

voidaan alentaa, jos kaapeli voidaan asentaa maahan auraamalla. Tämä edellyttää varsinkin keskijänniteverkon kohdalla suotuisaa maaperää ja erityisen huolellista asennustyötä. Pienjänniteverkon kaapeloinnissa auraaminen on yleistä. (5, s. 91.)

Kaapeli-asennuksia varten on käytössä kansallinen standardi (SFS 6000-8-814), joka määrittelee tarkasti, kuinka kaapelia tulee käsitellä, kaapelioja kaivaa tai aurata ja täyttää, kaapeli suojata ja siitä varoittaa sekä lopuksi tehdä käyttöönotto-tarkastus.

Keskijänniteverkon maakaapeloinnin kustannukset ovat sähköyhtiöiden investointeja, joilla pyritään pienentämään avojohdollisen verkon vioista johtuvien jakeluhäiriöiden kustannuksia. Käytännössä pitkällä aikavälillä investoinnit tulevat takaisin yhtiöille sähkönkäyttäjien perus- ja siirtomaksuina.

Pienjänniteverkkoon liittymisen vaatimat työt tekee tai teettää sähköyhtiö, joka toimittaa sähkön asiakkaan kiinteistön rajalle asti. Sähköyhtiö sisällyttää kulut verkkoon liittyvältä asiakkaalta perittävään liittymismaksuun. Kiinteistön alueella tehtävät kaapelityöt ja myöhemmät muutokset maksaa normaalisti asiakas.

3.3 Maakaapelityypit

Maakaapeleita on markkinoilla eri käyttötarkoituksiin useita johdinpoikkipinnaltaan, siirtokapasiteetiltaan, johdinmäärältään, maadoitustavaltaan sekä johdin- ja eristemateriaaleiltaan vaihtelevia malleja. Yleensä kaapeli lasketaan sille kaivettuun kaivantoon, mutta osa kaapeleista soveltuu myös auraamalla asennettaviksi. Myös sellaisenaan veteen laskettavia malleja on markkinoilla. (5, s. 18.)

Perusrakenteena pienjänniteverkon kaapeleissa on tavallisesti neljä alumiinijohdinta, jotka on eristetty PVC- tai PEX-muovilla ja kerrottu yhteen. Toisena rakenteena on kolme alumiinijohdinta, jotka on ympäröity konsentrisella eli kuparilangoista ja -nauhoista punotulla johtimella. Ulkovaippa kaapeleissa on yleisesti PVC- tai PE-muovia. (5, s. 19–23.) Tavallisimpia 1 kV:n pienjännitekaapelityyppejä on esitetty kuvissa 2–5.

Kuvan 2 kaapeli on tarkoitettu kiinteään asennukseen ja se soveltuu myös auraamalla asennettavaksi. Kaapeli on UV-suojattu PEX-eristeinen alumiinikaapeli, jossa on polyeteenivaippa. (6.)



KUVA 2. AXMK/PE PoweRex PE, 1 kV voimakaapeli (6)

Kuvan 3 kaapeli sopii asennettavaksi kaivamalla ja auraamalla. Se on alumiinikaapeli, joka voidaan asentaa myös putkeen, kanavaan tai sisävesistöön. Kaapelissa on PEX-eristys, kuparinen PEN-johdin ja polyeteenivaippa. Lisäksi se on häiriösuojattu ja vesitiivis alumiini-muovilaminaatin, alumiinifolion ja vesitiiveysnauhan ansiosta. (6.)



KUVA 3. AXCMK-W, 1 kV voimakaapeli (6)

Kuvan 4 alumiinikaapeli sopii kiinteään asennukseen sekä sisätiloissa että ulkona. Se on PVC-eristyksellä ja kuparisella suojajohtimella varustettu häiriösuojattu kaapeli, jossa on PVC-ulkovaippa. (6.)



KUVA 4. AMCMK 1 kV voimakaapeli (6)

Kuvan 5 tyyppi on kiinteään asennukseen sisä- ja ulkokäyttöön tarkoitettu paloa levittämätön kuparikaapeli, jossa on PVC-eristys ja ulkovaippa (6).



KUVA 5. MCMK 1 kV voimakaapeli (6)

Keskijänniteverkko (10 kV ja 20 kV) vaatii järeämpiä kaapeleita, parempaa eristystekniikkaa ja lisää suojausta myös magneettikentiltä. Tällöin perusrakenteena on kolmen itsenäisen eristetyn alumiinisen vaihekaapelin kertaaminen yhteen. Tällöin kaapelissa on kullekin vaiheelle oma kaapelinsa. Kukin johdinkaapeli on suojattu ensin puolijohtavalla muovilla ja eristetty PEX-muovilla. Sen päällä on magneettikentän rajaamiseen käytettävä hohtosuoja, joka on tavallisesti puolijohtavaa muovia. Mikäli vesitiiveyttä halutaan parantaa, voidaan se tehdä kosteudesta turpoavalla paperilla. Kosketussuojana käytetään joko kuparista lanka- ja nauhavyötä tai nykyisin yleisimmin alumiinimuovi-laminaattia. Kaapelit ovat lopuksi omien vaippamuoviensa sisällä ja kokonaisuus on punottu letiksi. (5, s. 23–26.)

Mikäli kaapelin lujuutta halutaan lisätä, voidaan kaapeliksi valita armeerattu tyyppi, jossa pintavaipan alla on tiukka kupari- tai teräslangoista punottu vyö. Keskijännitekaapelien perusrakennetta ja kaapelityyppejä kuvataan kuvissa 6–9.

Kiinteään sisä- ja ulkoasennukseen soveltuva alumiinijohtimella oleva kaapeli on kuvassa 6. Kaapelin johdinsuojana on puolijohtava muovi, eristyksenä PEX-muovi, hohtosuojana puolijohtava muovi, kosketussuojana kuparinauhasidos ja ulkovaippana PE-muovi. (6.)



KUVA 6. Keskijännitekaapeli AHXCMK-WTC 20 kV (6)

Kiinteään ulkoasennukseen soveltuu kuvan 7 alumiinijohtimilla ja kuparisella keskusköydellä varustettu kaapeli. Erityisominaisuuksina ovat aurattavuus ja soveltuvuus erityisen märkiin paikkoihin. Kaapeli on sekä pitkittäin että poikittain vesitiivis. Kaapelin johdinsuojana on puolijohtava muovi, eristyksenä PEX-muovi, hohtosuojana puolijohtava muovi, vesitiivistyksenä puolijohtava nauha, kosketussuojana alumiini-muovilaminaatti ja ulkovaippana PE-muovi. (6.)



KUVA 7. Keskijännitekaapeli AHXAMK-W 20 kV (6)

Kuvassa 8 on kiinteään ulkoasennukseen soveltuva alumiinijohtimilla ja teräksisellä keskusköydellä varustettu kaapeli. Erityisominaisuuksina ovat aurattavuus, erityisen märkiin paikkoihin ja myös ilmaan soveltuvuus sekä pitkittäinen ja poikittainen vesitiivistys. Kaapelin johdinsuojana on puolijohtava muovi, eristyksenä PEX-muovi, hohtosuojana puolijohtava muovi, vesitiivistyksenä puolijohtava nauha, kosketussuojana alumiini-muovilaminaatti ja ulkovaippana PE-muovi. (6.)



KUVA 8. Monitoimikaapeli AHXAMK-WM 20 kV (6)

Kiinteään ulkoasennukseen soveltuva alumiinijohtimilla varustettu kaapelityyppi on kuvassa 9. Erityisominaisuuksina ovat aurattavuus ja erityisen märkiin paikkoihin soveltuvuus sekä pitkittäinen ja poikittainen vesitiivistys. Kaapelin johdin-

suojana on puolijohtava muovi, eristyksenä PEX-muovi, hohtosuojana puolijoh-
tava muovi, vesitiivistyksenä puolijohtava nauha, kosketussuojana alumiini-muo-
vilaminaatti ja ulkovaippana PE-muovi. (6.)



KUVA 9. Keskijännitekaapeli AHXAMK-WP 20 kV (6)

Useimmista maakaapelityypeistä on tarjolla 11:tä eri kaapelikokoa poikkipinnal-
taan 16 mm²:sta aina 300 mm²:iin asti, joista tarvittava kaapeli valitaan (5, s. 27).
Sähköyhtiöt pyrkivät kuitenkin rajaamaan käyttämänsä kaapelikoot vain muuta-
maan, koska näin erilaisen asennuskaluston, erikoistyökalujen ja tarvikevaraston
tarve ja koko pienenevät. Kun erilaisten työtehtävien vaihtelu pienenee, yleensä
myös työturvallisuus paranee. (1, s. 73.)

Tavallisimpia kaapelityyppejä ja -kokoja ovat pienjänniteverkossa esimerkiksi
AXMK-tyypin 25, 50 ja 95 mm² sekä järeämmistä kaapeleista 185, 240 ja
300 mm². Keskijänniteverkossa käytetään vastaavasti AHXAMK-W-tyypin 95,
150, 185, 240 ja 300 mm²:n kaapelikokoja.

Omat haasteensa tarjoavat vanhat maakaapelit, joissa on vielä kuparijohtimet.
Niiden valmistus on yleisesti loppunut ja niitä on vaikea saada.

4 MAAKAAPELIVAURIOIDEN AIHEUTTAJAT

4.1 Rakenteelliset vauriot

Kaapelivalmistajilla on omat laatujärjestelmänsä, joiden perusteella tarkistettujen kaapelien laatuviokojen esiintyminen markkinoilla on hyvin harvinaista. Sen sijaan kaapelien kuljetusvaiheessa, huolimattomassa käsittelyssä työmaalla tai jopa ilki-vallan seurauksena kaapeliin on voinut kohdistua iskuja, puristumia tai taipumia. Useimmiten ne kohdistuvat ulkovaippaan, mutta joskus myös sisärakenteeseen. Näitä vikoja on hyvin vaikea huomata asennusvaiheessa.

4.2 Kaivu- ja asennusvauriot

Kaapelien käsittelyssä voi syntyä huolimattomasti toimittaessa vähäpätöinen vika, jota ei huomata tai oteta riittävästi huomioon. Vika saattaa johtaa vakavaan kaa-pelivaurioon, joka voi paljastua vasta vuosien kuluttua. Standardien mukaisesti huolellisesti asennetun ja tarkastetun maakaapelien pitäisi olla moitteettomasti toi-miva monia kymmeniä vuosia (1, s. 88).

Huolimattomasti kaivettuun tai täytettyyn kaapeliojaan on saattanut jäädä kiviä tai karkeita maa-aineksia, jotka roudan ja tärinän vaikutuksesta voivat liikkua ja ai-heuttaa muovisen kaapelivaipan hiertymisen ja rikkoontumisen. Myöhemmin, ehkä vasta vuosienkin päästä, kosteus saattaa päästä eristeiden läpi aina johti-miin asti. Erityisesti maakaapelien auraus on tehtävä huolellisesti ja aina esi-aurausta käyttäen. Sähkökaapelointi toteutetaan vähintään 0,7 metrin syvyyteen, mikäli ei käytetä erikoissuojauksia. (5, s. 70.) Esimerkkejä kaapelivaurioista on kuvattu liitteessä 1.

Myös syvemmillä olevien kaukolämpö-, sadevesi-, käyttövesi- ja jätevesijärjes-telmien sekä sadevesikaivojen tarvitsemat huolto- ja korjaustyöt vaativat laaja-alaisia kaivutöitä sähkökaapelien läheisyydessä ja risteämiskohdissa sekä liikku-mista koneilla kaapelien kohdalla maan päällä. Kaivutyössä kaivinkoneen kauha voi vahingoittaa maakaapelia ja pahimmillaan jopa katkaista sen kokonaan. Ko-neiden liikkeet synnyttävät tärähtelyjä ja maakerrosten lajittumista. Teiden ja mui-den väylien alituksissa sähkökaapeli viedään normaalia syvemmälle eli vähintään

0,8 metriin ja asetetaan tavallisimmin muoviseen suojaputkeen. Myös muovisia tai betonisia kaapelisuoja-ja voidaan käyttää. (5, s. 51, 70.)

Käsittelyvaurioita ovat myös kaapeleita taivutettaessa mahdollisesti syntyvät vaipan murtumat, jotka altistavat kaapelin kosteusvaurioille. Erityisesti kylmä tekee vaippamuovin hauraaksi. Niinpä PVC-vaippaisia 20 kV:n maakaapeleita ei saisi asentaa alle –5 asteen eikä 1 kV:n kaapeleita alle –15 asteen lämpötilassa. Jos vaippa on PE-muovia, alhaisin lämpötila on –20 astetta. (5, s. 82.)

4.3 Säävaikutukset

Olosuhteet vaikuttavat kaapelien kestävyys-teen. Tavallisimpia säästä johtuvia vian aiheuttajia ovat routa, sateet ja ukkonen. Routa liikuttaa maata ja näin ollen myös maakaapeleita ja pylviäitä. Routa saattaa aiheuttaa maassa kaapelin lähellä olevien kivien liikkumista ja täytemaan lajittumista, joiden seurauksena kaapelin vaippa saattaa hankautua tai vaurioitua niin, että kosteus pääsee vaipan alle kaapelin sisään. Myös kaapelin suojaputkeen tai kaapelin suojana olevien kaapelisuo-jujen alle voi päästä jäätä tai karkeita maa-aineeksiä, jolloin haitallinen lopputu-los on sama.

Kosteuden pääsy kaapelin sisään aiheuttaa kaapelin käyttöiän lyhenemistä ja ajan kuluessa mahdollisesti kaapelivaurion. Kosteuden pääsy kaapelivaipan alle on yleisin maakaapelivian aiheuttaja. Kovat pakkaset, runsaat sateet ja tulviva vesi vaikuttavat kaapelia ympäröivän maan lämpötilaan, kosteuteen ja roudan kestoon aiheuttaen kaapelille mekaanisia rasituksia.

Ukkonen on myös merkittävä riskitekijä. Kun suuret jännitteet purkautuvat kaa- pelin lähellä, eivät kaapelin suojaukset, eivätkä pienjänniteverkon maadoitukset enää riitä, vaan kaapeli ylikuormittuu hetkellisesti. Kaapeli voi myös rikkoontua mekaanisten voimien, maaperän tärähtelyn tai esimerkiksi kaatuvien puiden juu- rakkojen repimänä.

4.4 Kaapelijatkot ja liitokset

Kaapelien asennus- ja kytkentävikoja löytyy usein kaapelijatkoista, huonoista maa-asennuksista sekä maasta ylösnousukohdista. Esimerkiksi kaapelia on ensiasennuksessa tai myöhemmissä korjaustöissä voitu jatkaa. Ohjeiden mukaisesti ja oikeilla tarvikkeilla tehtyyn jatkoskohtaan on saattanut muovisen kutistesukan sisään päästä tai jäädä kosteutta.

Joskus häiriöt voivat johtua puhtaasti inhimillisistä tekijöistä. Tällaisia ovat esimerkiksi riittämätön kiristys kaapelin liitoksissa muuntamoilla ja jakokaapeilla. Samoin kaapelia päätettäessä on kaapelin pystynousua taivutettaessa tai suojattaessa saatettu vahingoittaa kaapelin vaippaa.

4.5 Kaapelin vanheneminen

Vaikka maakaapelin laskennallinen käyttöikä on 30–45 vuotta, voi kaapeli, jonka kapasiteetti on pitkiä aikoja lähes maksimikäytössä ja joka on usein hetkellisesti ylikuormittunut, menettää lujuuttaan sekä sisäistä ja ulkoista eristyskykyään. Näin kaapeli vanhenee nopeammin ja riski kaapelin vioittumiselle kasvaa. (1, s. 88.)

Maakaapeli voi vanhentua myös ukkosen seurauksena, jolloin suuret jännitteet purkautuvat ja voivat vahingoittaa kaapelia. Myös toistuvat mittaukset ja vianpaikkannukset tasajännitteellä voivat aiheuttaa kaapelin vanhentumista.

4.6 Vaurioiden ennaltaehkäisy

Vaurioiden ennaltaehkäisyn kulmakivenä on huolellisuus kaikissa työvaiheissa kaapelin kanssa toimittaessa. Kaapelikelojen käsittelyssä ja kaapelin laskussa kaivantoon tulee huolehtia, ettei tule venymiä tai muita vaurioita. Kaivutyön valvontaan tulee kiinnittää nykyistä suurempi huomio, sillä urakoitsija haluaa toimia mahdollisimman itsenäisesti ja nopeasti.

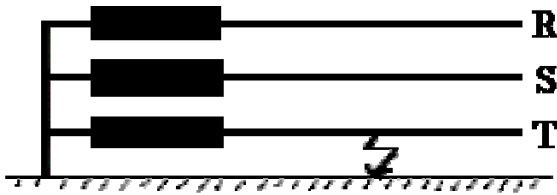
Erityisesti auraamalla kaapelointi voi aiheuttaa vikoja, jos ei toimita riittävän huolellisesti. Varsinkin esiauraukseen tulisi kiinnittää enemmän huomiota isohkojen kivien eliminoimiseksi. Tärkeitä varotoimia ovat myös kaivantojen huolellinen täyttö, varoitusnauhan käyttö, dokumentointi kaapelin sijainnista ja hyvä yhteistyö kaapelikarttojen käytössä muiden kaivutöitä tekevien kanssa.

5 VIKATYYPIT

5.1 Maasulut

Suomessa keskijänniteverkko maadoitetaan yleensä erottamalla verkko tähtipisteestään maasta. Myös ns. sammutettua verkkoa, jolloin tähtipisteeseen on kytketty sammutuskuristin, voidaan käyttää. Silloin kuristimen kautta kulkeva virta kompensoi vikatilanteessa suunnilleen maakapasitansseista vapautuvan virran ja tällöin vikavirrat jäävät pieniksi. (1, s. 182.)

Maasulku on määritelty Sähköturvallisuusmääräyksissä ”käyttömaadoittamattoman virtajohtimen ja maan tai maahan yhteydessä olevan osan väliseksi eristysviaksi” (7, s. 25). Tavallisin maasulku on ns. yksivaiheinen maasulku, jossa yksi jännitteellinen vaihejohdin on syystä tai toisesta joutunut maakosketukseen (kuva 10).



KUVA 10. Yksivaiheinen maasulku eli yksivaiheinen oikosulku (8)

Tavallisesti maakaapelin vaippaan tai jatkokseen on päässyt kosteutta, joka on läpäissyt eristekerroksen ja aiheuttanut yhden johtimen suoran maakosketuksen eli maasulun. Toinen tyypillinen vauriotyyppi on kaivutöiden aikana sattunut kaapelivaipan eristyskerroksen vahingoittuminen.

Maasulun vaikutuksesta ”sairaana vaiheen” jännite romahtaa nolnaan, mutta ”terveiden vaiheiden” ja maan välinen jännite nousee pääjännitteen suuruiseksi. Ylijännitteen suuruus riippuu tähtipisteen maadoitustavasta ja vikapaikan etäisyydestä. (1, s. 186.)

Kun normaalitilanteessa vaihejännitteet ovat symmetriset, niiden summa on joka hetki nollla. Todellisuudessa summa ei ole aivan nollla pienistä vaiheiden välisistä

jännitepoikkeamista johtuen. Maasulussa vaiheiden väliset suuret jännite-erot aiheuttavat epäsymmetrian, josta seuraa 0-virran kasvu eli 0-pisteen ja maan välinen potentiaaliero muuttuu ja syntyy 0-jännite. 0-jännitteen liiallinen kasvu ja kesto voivat muodostua vaaratekijäksi ihmisille ja eläimille, minkä vuoksi maasulkuun on suhtauduttava vakavasti. (1, s. 186.)

Yksivaiheinen maasulku aiheuttaa vikakohtassa maadoitusjännitteen, joka on vikavirran ja maadoitusresistanssin tulo. Suomessa maan ominaisjohtavuus on yleisesti huono, minkä vuoksi jakelumuuntamoiden suoja- ja käyttömaadoitusten maadoitusresistansseja on vaikea saada riittävän pieniksi. Tämän vuoksi keskijänniteverkot rakennetaan Suomessa maasta erotetuiksi, jolloin maasulkuvirta jää pieneksi ja maadoitusjännitteet kohtuullisiksi. Mikäli maasulkuvirtaa ei saada riittävän pieneksi, voidaan sähköasemalle asentaa kompensoiva kela, jolla verkko sammutetaan ja saadaan vikatilanteessa maakapasitanssien aiheuttama maasulkuvirta kompensoitua pieneksi. (9, s. 210.)

Johtimien ja muuntajakäämien impedanssit ovat hyvin pieniä (ohmeja) verrattuna johtimien maakapasitansseihin (satoja tai tuhansia ohmeja). Jos maasulku tapahtuu vikaresistanssin R_f kautta, maasulkuvirta I_f pienenee ja voidaan laskea seuraavalla kaavalla 1 (1, s. 195).

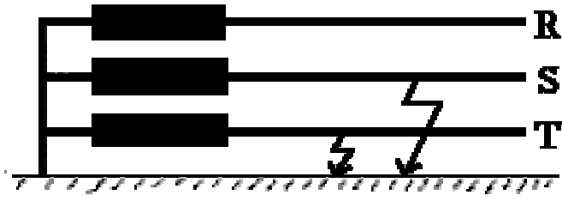
$$I_f = \frac{3\omega C}{\sqrt{1 + (3\omega C R_f)^2}} U$$

KAAVA 1

missä

C	= yhden vaiheen maakapasitanssi
ω	= $2\pi f$
U	= verkon vaihejännite

Hankalampi tilanne muodostuu kaksoismaasulun (kuva 11) tapauksessa, jossa vikakohtia on useammassa kohdassa kaapelia. Tilanne muodostuu vaaralliseksi, koska jännitteet terveissä johtimissa nousevat korkeiksi ja maakapasitanssi on myös suuri ja virran kulkua maassa ei tiedetä. (9, s. 210.)



KUVA 11. Kaksoismaasulku (8)

Valmistaja on ilmoittanut kullekin kaapelityypille ominaisen maakapasitanssiarvon, johon perustuen maakaapelin maasulkuvirta on määritettävissä (1, s. 186).

Maakaapeliverkon maasulkuvirran I_e arvo ampeereina voidaan karkeasti laskea kaavalla 2 (10, s. 133).

$$I_e = U \times L / 12$$

KAAVA 2

missä U = pääjännite kilovolteina

L = kaapeliverkon pituus kilometreinä

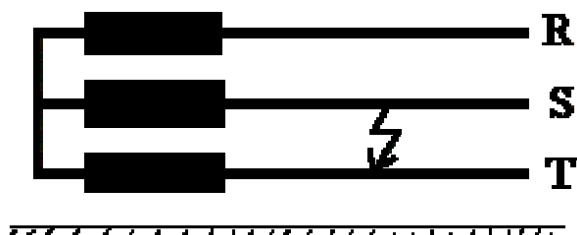
Hankalaksi muodostuu myös erityisesti paikannuksen kannalta tilanne, jossa esiintyy lyhytkestoisia toistuvia maasulkuja. Vika saattaa ilmetä kosteassa tai märässä maassa, mutta maan ollessa kuivaa ei vikaa esiinny.

Maakaapelien johdinten sisälämpötila normaalikuormituksessa on 60–70 astetta (5, s. 27). Maakaapelien maasulut ovat yleensä vaipan eristysvikoja ja niistä käytetään myös yleistävää nimitystä ”vaippaviat”.

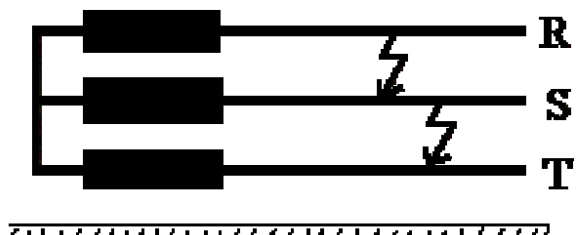
5.2 Oikosulut

Oikosulku on määritelty standardin SFS-6000-1 mukaisesti: ”vahingossa tapahtunut tai tahallinen yhdistys kahden tai useamman johtavan osan välillä, joka pakottaa potentiaalieron näiden johtavien osien välillä nolaksi tai lähelle nolaa” (5, s. 30).

Erilaisia oikosulkuja on kuvattu kuvissa 12 ja 13.



KUVA 12. Kaksivaiheinen oikosulku (8)



KUVA 13. Kolmivaiheinen oikosulku (8)

Oikosululle on ominaista suuri vikavirta ja vikakohdan pienempi jännite. Vikavirran suuruus keskijänniteverkossa on 5–12 kA, ja mitä suurempi on muuntaja, sitä suurempi on oikosulkuvirta. Johtojen pituudesta ja poikkipinta-alasta riippuen vikavirta vähenee 2–3 kA/km. Pienillä johdinpoikkipinnoilla kaukana lähdön alusta voi vikavirta jäädä 100–200 A:n tasoon, johon ylivirtasuoja ei enää välttämättä havahdu. (1, s. 30; 3, s. 340.)

5.3 Suojaukset ja maadoitukset

Keskijänniteverkot eivät normaalisti ole maadoitettuja. Sähköasemilta lähtevien keskijännitelähtöjen vikasuojaus hoidetaan katkaisijoilla ja niihin kytketyillä ylivirtareleillä, maasulkureleillä ja jälleenkytkentäreleillä. (3, s. 340.)

Maadoitusta käytetään kuitenkin kosketusjännitteiden suojauksena, jotta kosketusjännitteet vikatilanteissa saataisiin turvallisuuden takaamiseksi riittävän alhaisiksi. Tällöin maadoitettavia osia ovat mm. erottimien ja muuntajien rungot sekä kytkinlaitteiden metallijalustat ja kennorungot. (10, s. 131.) Myös kaapelien kosketussuojat ja kupariköysi on yhdistetty muuntamon maadoituskiskoon.

Verkkoja käytetään säteittäisinä, mutta niihin on vikatilanteiden sähkönjakelun turvaamiseksi järjestetty osittain rengasyhteyksiä vikapaikkojen kiertoa varten.

Pienjänniteverkot ovat maadoitettuja verkkoja ja suojauksena käytetään sulakeratkaisuja. (9, s. 158.)

Maasulkusuojauksessa voidaan käyttää sähköasemalla maasulkureleitä, jotka reagoivat perustaajuisen tähtipistejännitteen nousuun ja vaihevirtojen epäsymmetriaan. Ylivirtasuojia ei voida käyttää maasulkujen yhteydessä, koska vikavirrat ovat pieniä ja maasulun ollessa kaukana hyvin pieniä. Vikavirrat voivat isoissa verkoissa jäädä alle normaalin kuormitusvirran, koska verkkojen kasvaessa myös kuormitusvirrat ovat kasvaneet. Näin ”piiloon jäävät” maasulkujen vikavirrat voivat nousta ihmisille vaarallisiksi. Maasulku voi nostaa terveiden vaiheiden jännitteen lähes pääjännitteen tasolle, mikä kuormittaa eristeitä ja verkossa olevia laitteita. (1, s. 186.)

Oikosulkusuojaus hoidetaan releillä, joita ovat esimerkiksi ylivirtarele, differentiaalirele ja distanssirele. Ylivirtarele soveltuu käyttöön, kun pienin vikavirta ylittää suurimman kuormitusvirran. Ylivirtarele ei kuitenkaan havaitse virran suuntaa, eikä siten käy rengasverkkoon. Distanssirele tunnistaa myös virran suunnan. (3, s. 340.)

Pienjänniteverkko sitä vastoin maadoitetaan huolellisesti ja suojataan sulakesuojauksella. Näin myös kosketusjännitteet saadaan alhaisiksi. Keskijänniteverkko vaikuttaa myös pienjänniteverkkoon. Esimerkiksi kj-verkon maasulun läpilyönti muuntamalla voi aiheuttaa pj-verkon PEN-johtimiin maadoitusjännitteen. Tämän vuoksi myös sähkönkäyttäjien liittymät maadoitetaan turvallisuussyistä erikseen. (1, s. 164, 199.) Maadoituskohteina ovat ainakin muuntajan tähtipiste sekä tähtipisteen jälkeen verkko 200 metrin välein. Lisäksi kaapelijakokaapeissa ja paikoissa, joissa on maadoituselektrodi, on hyvä maadoittaa PEN-johdin. (11, s. 243; 10, s. 131.)

Maadoitukseen käytetään kuparisia maadoituselektrodeja, jotka toimivat vaakatai pystyymaadoituksina. Vaakamaadoituksessa kuparijohtimet asennetaan maahan vaakatasoon tai silmukkana 0,5–1,0 metrin syvyyteen. Pystyymaadoitus puolestaan toteutetaan kuparipiikillä tai lyömällä kuparijohdinta metallitankojen avulla maahan maanpinnan alapuolelle. Syvyys määräytyy maaperän resistiivisyyden mukaan. Myös vinomaadoitusta voidaan käyttää, jos maaperän resistiivisyys eri

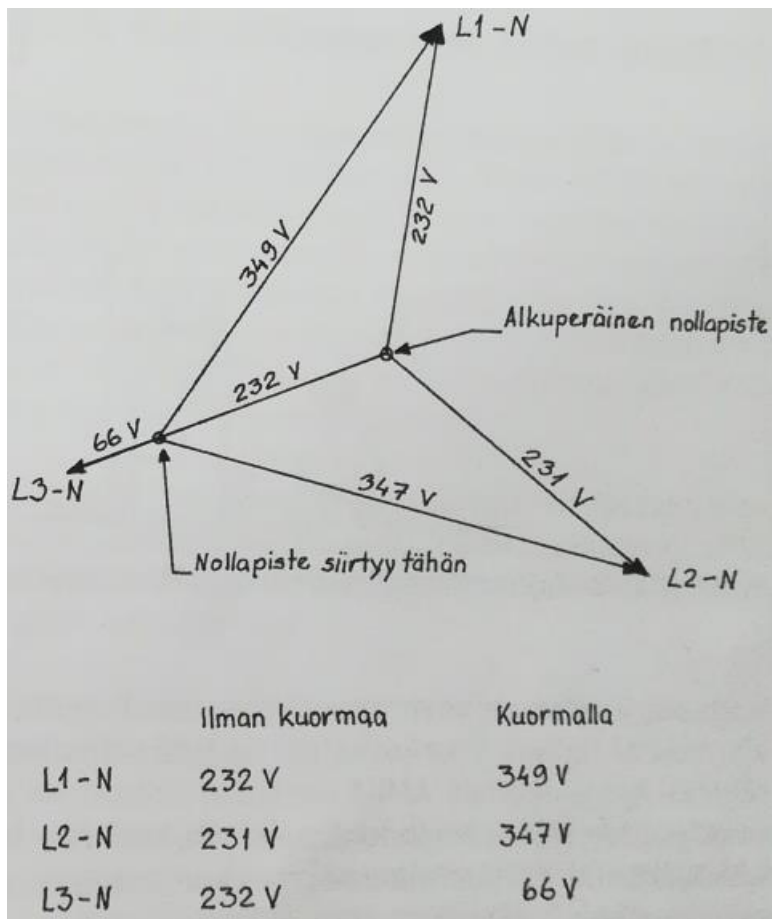
syvyyksillä vaihtelee. Maadoituselektrodien tarkoitus on ohjata vuotovirrat turvalisesti maahan. (7, s. 101.) Maakaapeliasennuksissa maadoituselektrodina käytetään vähintään 16 mm²:n kuparijohdinta ja ukkossuojauksessa 25 mm²:n kuparijohdinta.

5.4 Ali- ja ylijännite

Suurin osa keskijännitelähdöistä erityisesti haja-asutusalueilla hoidetaan edelleen ilmajohtoin. Lähdön varrella on 0,5–1,0 km välein muuntajia, jotka syöttävät sulakesuojattua pienjänniteverkkoa. Pienjänniteverkko voi olla tästä eteenpäin ilmajohtoverkkoa, maakaapeliverkkoa tai molempia. Pienjänniteverkon kuluttajaliittymät liittyvät kaapelein ilmajohtoihin, jakokaappeihin tai suoraan muuntaan.

Keskijänniteverkon vaihejohdin voi joskus katketa ulkoisen kuormituksen seurauksena siten, että maasulkua tai oikosulkua ei synny. Tällöin muuntajan jälkeen muodostuu pienjänniteverkkoon alijännitetila, jossa yhdessä vaiheessa on normaalijännite ja kahdessa muussa jännite on noin puolet normaalista. Releet ja sulakkeet eivät reagoi, koska ylijännitettä eikä ylikuormitusta ole. Vika huomataan helposti, koska vikapaikan jälkeen pienjänniteverkossa esimerkiksi valot palavat himmeästi alijännitteen vuoksi. (3, s. 341.)

Jännitemuutoksiin voi vaikuttaa myös PEN-johtimen katkeaminen. Tämä on ns. 0-poikkutilanne ja se on todella vaarallinen katkeamiskohdan jälkeen oleville kuluttajille. Vaarana PEN-johtimen katkeamisessa on jännitteen siirtyminen maadoitettuihin rakenteisiin. Hyvä ja tärkeä suoja on, että sähkökäyttäjällä on maadoituselektrodit ja potentiaalintasaukset kunnossa. Kuvassa 14 on esitetty, kuinka 0-poikkutilanteessa nollapiste siirtyy ja näin ollen jännitteet muuttuvat alija ylijännitteiksi. Nollan ja vaiheen välille syntyvät ylijännitteet rikkovat helposti sähkölaitteita. Ilmajohtolla PEN-johtimen katkeamisen yleisin syy on puun kaatuminen linjalle. Maakaapeloinnissa puolestaan kaivu tai aikaisemmin aiheutunut kaapelivaurio syöpyessään voi katkaista PEN-johtimen. (10, s. 111–112.)



KUVA 14. Nollapoiikki tilanteen jännitepiirros (10, s. 111)

6 VIANPAIKANNUKSEN MENETELMÄT

6.1 Vikojen ilmeneminen

Sähköyhtiöt seuraavat jatkuvasti verkkojensa toimintaa valvoen mm. pätö- ja loistehoja, eri johtolähtöjen virtoja ja jännitteitä, vikavirtoja ja vikareaktansseja. Järjestelmä on automatisoitu ja asetukset laadittu niin, että asetusrajojen ylittyessä tai alittuessa järjestelmä joko hälyttää tai kytkee heti viallisen verkonosan jännitteettömäksi. (10, s. 88.)

Keskijänniteverkon mittaus-, valvonta- ja vikasuojausjärjestelmä perustuu releisiin ja katkaisijoihin. Vikatilan havainnut relesuojaus tekee viallisen lähdön jännitteettömäksi noin 0,2–0,5 sekunnin ajaksi, jonka jälkeen jännite kytkeytyy takaisin. Tätä sanotaan pikajälleenkytkennäksi (pjk). Mikäli vika ei poistu, seuraavaksi tulee aikajälleenkytkentä (ajk), joka kestää noin 30–120 sekuntia. Mikäli tämän jälkeenkään vika ei ole poistunut, katkaisija laukeaa ja erottaa johtolähdön verkosta. Vikakohta ei kuitenkaan selviä tällöin tarkasti. (3, s. 340.) Tavallisimpia vikatyyppejä kuten maasulkua, oikosulkua ja ylikuormitusta varten on omat relesuojauksensa (10, s. 101).

Maasulku aiheuttaa aina 0-jännitettä sähköaseman jännitemuuntajan avokolmiokytkennässä. Näin 0-jännitettä seuraavat maasulkureleet ja vakioaikaylijännitereleet hälyttävät maasulusta. Maasulun paikka verkossa jää kuitenkin avoimeksi, jos ei käytetä johtokohtaista suojausta, jolloin viallinen kaapelivälikin yksilöityy. (10, s. 100.) Yksivaiheinen maasulku ei ole verkon toiminnan suhteen kriittinen, mutta se nostaa kosketusjännitteitä sekä kasvattaa riskiä ihmisille ja heikkovirtakaapeleille. Se lisää myös kaksoismaasulun syntymisen riskiä.

Oikosulkujen ilmaisuun käytetään virtaa mittaavia ylivirtareleitä ja virran aiheuttamaan lämpiämiseen perustuvia sulakkeita. Sähköverkkojen oikosulkusuojaus toteutetaan nykyisin selektiivisesti, jolloin sähköasemalla, kytkinasemalla ja kaapelilähdöillä on omat eri asetuksilla olevat ylivirtasuojareleet. Tällöin oikosulkua lähinnä oleva suojarele laukeaa, irrottaa verkosta sen taakse jäävän osan ja jättää etupuolisen verkon käyttöön. Näin oikosulun paikka saadaan rajattua. (10, s. 101.)

Pienjänniteverkossa vikatyypit ovat periaatteessa samat, mutta suojaus on hoidettu sulakkein, jolloin viat yleensä paljastuvat rikkoutuneen sulakkeen takaa.

6.2 Vian esipaikannus

Tavallisimmat maakaapeliverkon viat ovat yksivaiheinen maasulku, eriasteiset oikosulut, ylikuormitus, alijännite ja kaivutöiden yhteydessä tapahtuvat kaapelikatkokset. Ensimmäiset merkit vioista ovat suoja-eristeiden laukeamiset ja sulakkeiden palamiset, jotka antavat heti vihjeen paitsi vikatyypistä myös vian karkeasta sijainnista vikapaikan etupuolella. Sähköasemilla ja muuntamoilla voi esiintyä myös ukkosvaurioita ja oikosulkuja.

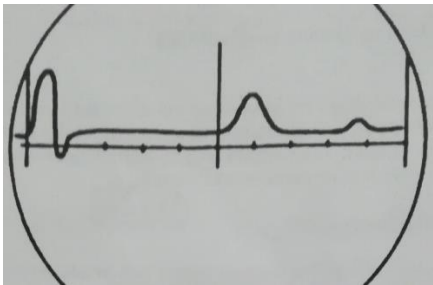
Vikapaikan etsintää aloitettaessa on syytä tutkia kaapelireitin ympäristöä mahdollisten kaivu- tai muiden rakennustöiden varalta. Tyypillisiä vikapaikkoja ovat myös kaapelipäätteet, liitännät ja kaapelijatkot. Vianetsintää varten on selvitettävä kaapelikartoista todetun vikavälin kaapelin pituus ja reitin tarkka sijainti. Jos tieto on puutteellinen, tulee paikantaa ja dokumentoida nykytilanteen mukainen tilanne karttoihin.

Eristys- ja johdinresistanssien mittauksilla selvitetään vian laatu kaapeleista, joissa ilmeisesti on vikaa. Kaapeli irrotetaan molemmista päistään kytkennöistä ja mitataan eristysresistanssit ensin jokaisen vaiheen ja maan väliltä ja sitten vuorotellen vaihejohtimien väliltä. Johdinresistanssimittauksessa mitataan toisesta päästä oikosuljettujen kaapeleiden resistanssit vaiheiden ja maan väliltä, jolloin saadaan selville johdinresistanssit ja mahdolliset kaapelikatkokset. Resistanssimittaukset auttavat vian määrittelyssä ja tarkemman paikantamismenetelmän valinnassa. (10, s. 121.)

Kaapelireitin ja kaapelin syvyyden määrittämisessä käytetään kaapelinhakulaitetta, jonka osat ovat virtalähde, vastaanotin ja kytkentäelementti. Virtalähteestä syötetään vakiotaajuista vaihtovirtaa kaapelin ympärille ja lähdetään kulkemaan kaapelin kulkusuuntaan. Yleisinä taajuuksina ovat 9,82 kHz, 32 kHz ja 82 kHz. Mitä pienempi on taajuus, sitä hitaammin se vaimenee. Toiminta perustuu siihen, että

generaattorin syöttämä vaihtovirta muodostaa kaapelin ympärille sähkömagneettisen kentän, jonka voimakkuutta voidaan seurata näytöltä. Mitä lähempänä kaapelia ollaan, sen voimakkaampi on ääni ja signaali näytöllä. (10, s. 118.)

TDR-laitteet (Time Domain Reflectometer) ovat viime vuosina kehittyneet ja niiden käyttö yleistynyt myös kaapelivian laadun ja vikapaikan toteamisessa. Kaapelitutkan periaatteena on lähettää säännöllistä pulssia tutkittavaan johtimeen ja verrata sitä johtimen toisesta päästä tai välillä olevasta mahdollisesta vikakohdasta takaisin palaavaan pulssiin. Heijastuneen pulssin kulkuajan ja -matkan avulla saadaan määritettyä kaapelin pituus tai vikapaikan etäisyys. Pulssinmuoto ja mittaustulos ovat luettavissa laitteen näytöltä. Kuvassa 15 on esitetty katkoksesta aiheutunut pulssi. (10, s. 122.)



KUVA 15. Kaapelitutkassa näkyvä katkoksesta heijastunut pulssi (10, s. 122)

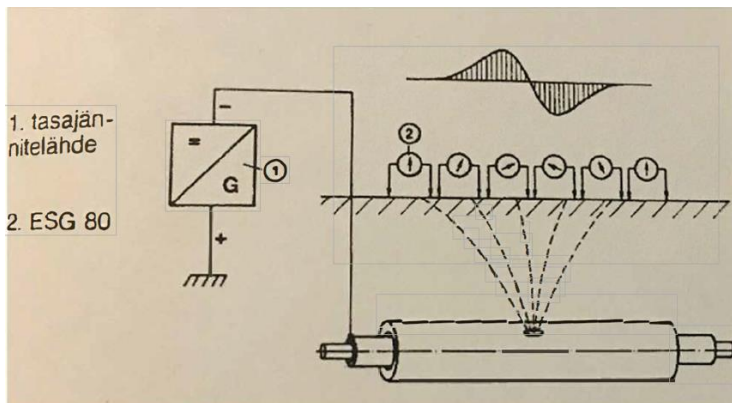
Nykyaikaisiin kaapelitutkiin on tullut uusia ominaisuuksia, jotka mm. tarjoavat mahdollisuuksia käyttää kaapelitutkaa yhdessä muiden vianmäärityslaitteistojen kuten syöksyaaltogeneraattorin ja vikapaikan polttolaitteen kanssa. Vaikka kaapelitutka on varsin tarkka, sitä käytetään yleensä esipaikannukseen. (10, s. 122.)

6.3 Vaippavian paikannus

Yleisin syy kaapelivaurioissa on kaapelin kuorivaurio eli vaippavika. Kaapeleissa, joissa on alumiininen suojavaippa ja sen päällä PVC- tai PE-ulkovaippa, sattuu usein, että ulkovaippa vaurioituu ja vesi pääsee syövyttämään alumiinista vaippaa ja sitä kautta vaurioittamaan kaapelia. Myös ilman alumiinista vaippaa olevilla PEX-eristeisillä kaapeleilla ulkovaipan vaurioituessa tulos on ajan kanssa sama. Tämän vauriokohdan löytäminen on mahdollista vaippavian paikannuslaitteella.

Vaippavikaa etsittäessä erotetaan kaapeli luotettavasti molemmista päistä jännitteestä. Kaapelin eristysresistanssimittauksella selviää maahan vuotava johdin tai alumiinivaippa. Vuodon löydyttyä syötetään kaapeliin paikannuslaitteella tasajännitettä maan ja alumiinivaipan tai maan ja vioittuneen johtimen väliin. Tästä syntyy sähköinen voimaviivakenttä maavuotokohtaan, josta kaapeli on vioittunut. (10, s. 123.)

Vauriokohdassa tasavirta menee maihin synnyttäen jännitehuippuja vikakohdan ympärillä. Vika paikannetaan maavuodon hakulaitteen ja maadoitussauvojen avulla. Kahta maadoitussauvaa, joiden välimatka pidetään vakiona, painetaan maahan ja edetään kaapelin suuntaisesti kaapelireittiä. Jaksottainen mitattava jännite kasvaa hitaasti vauriokohtaa lähestyttäessä. Ensimmäinen maksimi saavutetaan juuri ennen vauriota ja toinen välittömästi vaurion jälkeen. Näin selviää vaurion keskikohta noin 5 senttimetrin tarkkuudella. (10, s. 123–125.) Vaippavianpaikannusperiaatetta on kuvattu kuvissa 16 ja 17.



KUVA 16. Vaippavian paikantamisen kaaviokuva (10, s. 123)



KUVA 17. Vaippavianpaikannus (12)

6.4 Vikapaikan polttaminen

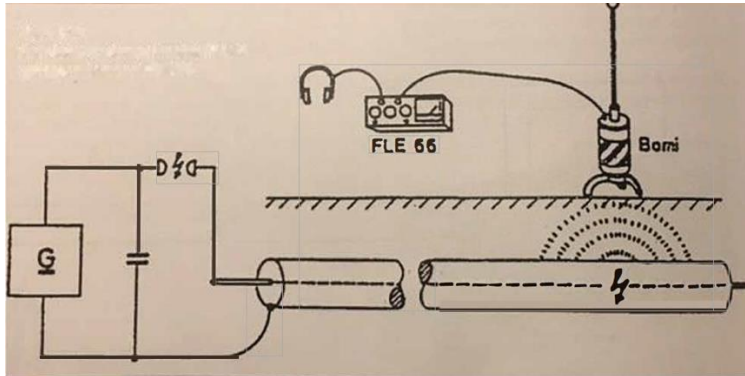
Suuriresistanssinen vika tulisi saada riittävän pieniresistanssiseksi, mieluiten alle 2 ohmin suuriseksi. Tämä tapahtuu johtamalla suuri virta vikapaikkaan niin, että valokaari polttaa vian tarpeeksi pieniresistanssiseksi.

Polttoon käytetään niin sanottua polttomuuntajaa, jolla on hyvä oikosulkukestoisuus. Kaapelille johdetaan ensin nimellisjännitteen aiheuttama virta. Jännitettä pienennetään vähitellen, kunnes jännite on muutamia kymmeniä voltteja. Tällöin virta on useita satoja ampeereita ja vikapaikka palaa pieniresistanssiseksi. (13, s. 412.)

6.5 Syöksyaaltogeneraattoripaikannus

Kaapelivian paikannuksessa pyritään pääsemään mahdollisimman tarkkaan paikannukseen, jolloin käytetyin menetelmä on syöksyaaltomenetelmä. Jos esipaikannuksen jälkeen maavuotoa ei esiinny, vika todennäköisesti on suurohminen, epämääräinen tai vähän kuormitettavissa. Tällöin vianpaikannukseen käytetään syöksyaaltogeneraattoria.

Syöksyaaltogeneraattorin toiminta perustuu impulssikondensaattorin varaukseen tasajännitteellä, joka puretaan vialliseen kaapeliin kipinävälin kautta. Vikapai- kassa tapahtuva läpilyönti aiheuttaa ympärilleen ääniaaltokentän (pamauksen), jonka kuulee maamikrofonilla ja kuulokkeilla. Syvyydestä ja sijainnista riippuen pamauksen kuulee myös korvakuulolla. (10, s. 123–125.) Syöksyaaltogeneraattorin ja sillä paikannuksen toimintaperiaate on esitetty kuvissa 18 ja 19.



KUVA 18. Syöksyaaltogeneraattorin paikannuskaavio (10, s. 125)



KUVA 19. Syöksyaaltogeneraattorilla paikannus (12)

7 VIKOJEN VAIKUTUS JAKELUHÄIRIÖIHIN

Kuluttajien kokemista jakeluhäiriöistä noin 90 % painottuu keskijänniteverkon vi-
koihin ja loput 10 % pienjänniteverkon vikoihin (1, s. 125). Viat ovat ensisijaisesti
avojohtolähdöissä olevia rankoista sääolosuhteista aiheutuneita ongelmia.

Verkon automatisoidut ohjaus- ja suojausjärjestelmät ovat etävalvonnassa, jolloin
viallisia verkonosia voidaan erottaa verkosta ja rajata vian vaikutusalue pienem-
mäksi. Pienjänniteverkossa valvonta tapahtuu etäluettavien kulutusmittarien
kautta.

Suurin osa kj-verkon vioista on lyhytkestoisia maa- tai oikosulkuja, joista noin
75 % poistuu pikajälleenkytkennöillä ja 15 % aikajälleenkytkennöillä (14, s. 9).
Näin ollen pysyvien vikojen osuus jää alhaiseksi. Sähköyhtiöt pitävät tarkkaa kir-
janpitoa jakeluhäiriöidensä laadusta, määrästä ja kestosta. Ne ovat tärkeitä indi-
kaattoreita toiminnan laatua arvioitaessa.

Maakaapelointiin siirtymisen pitkäaikaisista seurauksista vikojen aiheutumisti-
heyteen ei ole tarkkaa tietoa, koska suojausjärjestelmien ja verkonhallinnan taso
vaihtelee eri yhtiöillä. Lyhyellä aikavälillä kuluttajien jakeluhäiriöt maakaapeloin-
tiin siirtymisen jälkeen ovat käytännössä loppuneet. (14, s. 22.) Taajama-alueilla,
joissa kaapeloinnin osuus on hallitseva, jakeluhäiriötä esiintyy vähän. Tähän vai-
kuttavat keskijänniteverkkojen ja myös pienjänniteverkkojen rengasyhteydet,
joita käyttäen viat saadaan rajattua lyhytkestoisiksi.

Kaapeloidun verkon osuudella on usein kehittyneempi vikasuojaus. Niissä on
yleensä selektiivinen rele- tai sulakesuojaus. Mikäli lauenneiden releiden pika- ja
aikajälleenkytkennät eivät poista vikaa, verkon ohjaus lähettää yleensä auto-
maattisesti tekstiviestin jakeluhäiriöstä kärsivälle asiakkaalle. Vian päättymisestä
lähetetään tavallisesti myös tieto. Suunnitelluista verkon huolto- ja kytken-
tätöistä lähetetään etukäteen tieto keskeytyksen alkamisajasta ja oletetusta kestosta.

8 PAIKANNUKSEEN KÄYTETTÄVÄT LAITETYYPIT

8.1 Kaapelinhakulaite

3M™ Dynatel™ 2573E on ammattilaisten käyttöön tarkoitettu kaapelinhakulaite, joka tarjoaa laajan valikoiman ominaisuuksia sekä edistyneen digitaalisen prosessoinnin. Laite tarjoaa käyttöliittymän tarkkojen paikantamistietojen käsittelyyn. Hakulaite tarjoaa 12 watin enimmäislähetintehon ja kuusi aktiivitaajuutta, joiden avulla kaapeli löydetään käytännössä aina. (15.)

Kuvassa 20 on esitetty putken ja kaapelinhakulaite 3M Dynatel 2573E.



KUVA 20. Putken ja kaapelinhakulaite 3M Dynatel 2573E (15)

Kuvan 20 laitteiston ominaisuuksia ovat

- karttamerkkikäyttöliittymä, josta näkyy kaapeleiden ja muiden kohteiden reitit sekä intuitiivinen karttanäkymä
- yhdessä huipputarkkuusantennien kanssa se takaa kohteiden löytymisen aina
- määrittelee kaikkien jo olemassa olevien maahan asennettujen passiivi-EMS-antennien sijainnit tarkasti ja arvioi niiden syvyyden
- vianpaikannustoiminto määrittelee tarkasti vaippa- ja maasulkuvat sekä kaapelikatkokset, sekä OHM-toiminto erottelee pienet ja suuret viat
- kevyt, kompakti ja tasapainoinen
- suunniteltu vankaksi ja kestäväksi
- yhteensopiva useiden GPS/GIS-kartoituslaitteiden kanssa
- EMS-markkerien tai putki- ja kaapelikohteiden kartoitusmahdollisuus (15).

Liitteessä 2 ovat laitteen tarkemmat tekniset tiedot.

8.2 Vaippavianpaikannuslaite

Vaippavikojen testaus, esipaikannus ja paikantaminen hoituu Seba MFM 10:lla helposti ja tarkasti. Intuiitiivinen valikko helpottaa laitteen käyttöä. MFM 10:n Seba KMT Easy-Go -periaate helpottaa ja nopeuttaa vikojen etsimistä. Täysin automaattinen mittaus ja arviointi tekevät laitteesta helpon ja luotettavan työkalun kaapelivaipan testaukseen ja vikakohtien paikantamiseen. (16.)

Kuvissa 21 ja 22 on kuvattu vaippavianpaikannuslaite Seba MFM 10 ja Seba ESG NT maavuodon paikannuspaketti.



KUVA 21. Seba MFM 10 (16)

Kuvan 21 laitteen ominaisuuksia ovat

- koestusjännite enintään ± 10 kV DC
- jopa 750 mA:n jatkuva virta, joka sopii myös polttoon; säädettävä rajoitin
- kaksisuuntainen mittaus on erittäin tarkka
- vain yksi irrotettava HV-liitäntäkaapeli
- EasyGo -toiminto, kiertovalintakytkin ja kosketusnäyttö
- automaattinen mittaus (16).

Liitteessä 3 on esitetty laitteen tarkemmat tekniset tiedot.

Maasulun (vaippavian) paikannin ESG NT on tarkka laite, joka paikallistaa vaippiat nopeasti. Uusin tekniikka yhdistettynä TFT-väri näyttöön mahdollistaa helpon ja vaivattoman vikahaun. Laitteessa on pylväsnäyttö, digitaalinen näyttö sekä muisti historiatiedoille. Näytöltä on luettavissa edeltäneet 7 pulssia, joten tarkasteltavan pulssin vertailu on helppoa. (17.)

Automaattinen kalibrointi pitää mittalaitteen perustason aina nollassa ja integroitu häiriönvaimennus eliminoi ympäristön häiriölähteet kuten tasavirrat, junaradat ja teollisuuslaitokset. Laite toimii hyvin, kun maaperän resistiivisyys on suuri. Kahden maaelektrodin välisen potentiaalieron perusteella mittalaite näyttää vikasuunnan näytössä. (17.)



KUVA 22. Seba ESG NT (17)

Kuvan 22 laitteiston ominaisuuksia ovat

- automaattinen sovitus jännitetasolle
- automaattinen häiritsevien signaalien suodatus
- automaattinen nollauskalibrointi
- historiatietojen näyttö
- suuren kontrastin väri näyttö (17).

Liitteessä 3 on esitetty laitteen tarkemmat tekniset tiedot.

8.3 Syöksyaaltogeneraattori

Laite on suunniteltu ammattilaisille, jotka tarvitsevat enemmän tehoa ja toimivuutta vianpaikannuksessa. Tutkan ja syöksyaaltogeneraattorin yhdistelmä helpottaa minkä tahansa kaapelin vianpaikantamista. Syöksyaaltogeneraattorin SFX25 maksimi jännite on 25 kV, joten se sopii myös hyvin keskijännitekaapelien vianpaikannukseen. (18.)

Kuvissa 23 ja 24 on kuvattu syöksyaaltogeneraattori Megger SFX25 ja Seba DigIPHONE maamikrofonipaketti.



KUVA 23. Megger SFX25 (18)

Kuvan 23 laitteen ominaisuuksia ovat

- laite toimii akulla
- automaattinen vianetäisyyden määrittäminen
- käyttö pien- ja keskijännitekaapeleille
- liikuteltava ja kestävä malli
- laitteen suurin jännite 25 kV
- syöksyaaltotoiminto
- tutka- ja polttotoiminto (18).

Liitteessä 4 ovat laitteen tarkemmat tekniset tiedot.

Uuden teknologian avulla syöksyaallon vastaanotto tapahtuu akustisesti ja sähkömagneettisesti. Tehokas äänenvaimennusratkaisu tarjoaa akustisen suorituskyvyn, jonka avulla kuullaan vain vikapaikan ääni ilman häiritsevää kohinaa. Kohinanvaimennuksen avulla paikantamiseen tarvitaan vähemmän energiaa. (19.)



KUVA 24. Seba DigiPHONE (19)

Kuvan 24 laitteiston ominaisuuksia ovat

- BNR-taustamelun poisto
- APM-automaattimykistys
- kirkas näyttö
- 84 dB (A) -rajoitin
- helppo paikannus vasen-oikea -merkkivalon avulla
- vikasuunnan nuolinäyttö (19).

Liitteessä 4 ovat laitteen tarkemmat tekniset ominaisuudet.

9 POHDINTA

Tavoite saada kaikki kuluttajat säävarman jakeluverkon piiriin vuoteen 2029 mennessä on kirjattu lakiin (588/2013). Huolimatta aikaporrastuksesta, 50 % vuonna 2020 ja 75 % vuonna 2024, tavoite näyttää saavuttamattomalta (2). Erityisesti haja-asutusalueilla kaapelointi on pienten käyttäjämäärien ja pitkien etäisyyksien vuoksi usein taloudellisesti kannattamatonta.

Kaapeloinnista huolimatta eivät verkon ongelmat ja viat lopu. Vaikka maakaapelien materiaalit, eristykset ja asennusohjeistus ovat kehittyneet, maasulkuja, oikosulkuja ja muita kaapelivikoja esiintyy myös kaapeloidussa verkossa. Vikojen syntyä voidaan vähentää parantamalla valvontaa asennusvaiheessa, pitämällä kaapelikartat ajan tasalla, parantamalla yhteistyötä kaivutöitä tekevien toimijoiden kanssa sekä mahdollisia kaapeleiden kuntomittauksia lisäämällä.

Maakaapelin pitkäaikaiskuormitettavuus on vastaavaa avojohtoa huonompi, mikä pyritään kompensoimaan käyttämällä suurempaa poikkipintaa kaapelissa. Samalla voidaan ottaa huomioon myös tuleva kuormituksen kasvu.

Maakaapelien synnyttämät sähkö- ja magneettikentät ovat avojohtoja pienemmät ja suppea-alaisemmat. Piilossa olevalla kaapelilla voidaan vähentää myös ihmisten ennakkoluuloja sähkölinjojen haitallisista vaikutuksista terveyteen.

Kaapelivianetsintä- ja paikannusmenetelmät ovat periaatteeltaan säilyneet entisinä, mutta laitteiden tekniset ominaisuudet ja käytettävyys ovat parantuneet. Ennen kaikkea eri laitteiden yhteiskäyttö, mittaustulosten kuvantaminen ja tiedonkäsittelyn atk-sovellukset, kuten välittömät rekisteröinti-, tallennus- ja dokumentointimahdollisuudet ovat parantaneet ja nopeuttaneet laitteiden käyttöä. Yhtenä haittapuolena on vianpaikannuksessa käytettävien muuntajien ja generaattorien suuri paino ja hankala siirrettävyys.

Maakaapelivika on hankalampi ja hitaampi korjata. Tärkeintä on se, että viasta kärsivien kuluttajien määrä olisi mahdollisimman pieni ja heidän kärsimänsä jakelukeskeytys ajallisesti mahdollisimman lyhyt. Tässä valossa jakelukeskeytysalueen rajaaminen mahdollisimman pieneksi on tärkeää.

Verkonvalvontaa tulisi kehittää esimerkiksi selektiivistä relesuojausta parantamalla ja verkon rengasyhteyksiä lisäämällä. Dokumentointia vikatyypeistä, vika- paikoista, häiriöiden kestosta ja kustannuksista tulisi myös lisätä. Ylisuojaukseen ei kuitenkaan kannata ryhtyä, sillä jakeluverkon ohjaus- ja valvontajärjestelmiä ei tulisi liiaksi monimutkaistaa.

Opinnäytetyön yhteydessä laadittiin käyttöohjeet yrityksen vianpaikannuslaitteille sisäiseen käyttöön. Tavoitteena oli selkeät ja havainnolliset ohjeet, joilla myös harvemmin laitteita käyttävä pystyy turvallisesti paikantamaan kaapelivikoja.

LÄHTEET

1. Lakervi, Erkki – Partanen, Jorma 2009. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto.
2. Linnovaara, Janne 2017. Sähköverkkojen maakaapelointi saa vauhtia lähivuosisina. Saatavissa: <https://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/3456494/Sahko-verkkojen+maakaapelointi+saa+vauhtia+lahivuosisina>.
Hakupäivä 4.1.2019.
3. Elovaara, Jarmo – Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot II. Verkonsuunnittelu- järjestelmät ja laitteet. Tallinna: Otatieto.
4. Kilometri maakaapelia voi maksaa hankalassa paikassa yli 100 000 euroa. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10021646>. Hakupäivä 4.1.2019.
5. Monni, Markku 2012. Maakaapeliverkostotyöt, tie- ja aluevalaistustyöt, liikennevaloasennukset. Adato Energia Oy.
6. REKA kaapeli 2019. Sähkökaapelityypit. Saatavissa: <https://www.reka.fi/kaapelitietoa/sahkokaapelityypit>.
Hakupäivä 23.1.2019.
7. SFS-Käsikirja 601 2018. Suurjännitesähköasennukset ja ilmajohtot. Helsinki: SFS ry.
8. Korpinen, Leena. Sähköverkon vikatilanteet. Saatavissa: <http://www.leenakorpinen.fi/archive/sahkoverkko/vikatilanteet.pdf>.
Hakupäivä 23.1.2019.
9. Elovaara, Jarmo – Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot I. Järjestelmätekniikka sähköverkonlaskenta. Tallinna: Otatieto.

10. Monni, Markku 2015. Jakeluverkon käyttötehtävät. Adato Energia Oy.
11. SFS-Käsikirja 600-1-2 2017. Pienjänniteasennukset osa 1-2. Helsinki: SFS ry.
12. Perel Oy 2019. Vianpaikannuslaitteet. Saatavissa:
<https://www.perel.fi/tuotteet/56792808/kaapelin-vianpaikannus/1>.
Hakupäivä 5.3.2019.
13. Mörsky, Jorma 1992. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto.
14. Lindroos, Niko 2018. Sähkönjakeluverkon käyttövarmuus ja vianhoito. Opinnäytetyö. Mikkeli: Kaakkois- Suomen ammattikorkeakoulu, sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa:
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/143552/Lindroos_Niko.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 16.3.2019.
15. Kaapelinhakulaite 2573E-CU12 3M Dynatel. Saatavissa:
<https://www.ahlsell.fi/34/sahko/tyo--ja-turvavaliineet-mittarit-ja-paris-tot/67-mittarit-ja-laskurit/kaapelinhakulaitteet-dynatel/sf6730165/#>.
Hakupäivä 1.3.2019.
16. Perel Oy 2019. Mittalaitteet, Seba ESG NT. Saatavissa:
<https://www.perel.fi/tuote/v57523402/118303882/seba-mfm-10-set/73784738/1>.
Hakupäivä 1.3.2019.
17. Perel Oy 2019. Mittalaitteet, Seba MFM-10. Saatavissa:
<https://www.perel.fi/tuote/v57788439/esg-nt/megger-esg-nt/73784738/1>.
Hakupäivä 1.3.2019.
18. Megger 2019. Product, cable fault locator and thumpers. Saatavissa:
<https://megger.com/cable-fault-locator-sfx25>. Hakupäivä 1.3.2019.

19. Perel Oy 2019. Mittalaitteet, Seba Digiphone+ NT. Saatavissa:

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

Hakupäivä 1.3.2019.

LIITTEET

Liite 1 Kaapelivauriokuvat

Liite 2 3M Dynatel kaapelinhakulaite tekniset tiedot

Liite 3 Seba MFM10 ja Seba ESG NT tekniset tiedot

Liite 4 Megger SFX25 ja Seba DigiPHONE tekniset tiedot

Liite 5 Ohje kaapelinhakulaitteelle

Liite 6 Ohje vaippavianpaikannuslaitteelle

Liite 7 Ohje syöksyaaltogeneraattorille

Pienjännitekaapelin kaapelivaurio



Keskijännitekaapelin kaapelivaurio





Dynatel 2550E/2573E-sarja
5.5.2010

59(61)

24. Vastaanottimen spesifikaatiot

Toiminnot	Paikannusnäkyvä
	Nuoliohjattu maksimi
	Nuoliohjattu minimi
	Erikoismaksimi
	Induktiomaksimi
Taajuudet	
• Aktiiviset	577 Hz
	1 kHz
	8 kHz
	33 kHz
	82 kHz
	133 kHz
• Passiiviset	31.5 kHz (CATV)
	15 – 30 kHz (LF)
• Vahvavirta	50 Hz, 5. ja 9. harmoninen
	60 Hz, 5. ja 9. harmoninen
	(100 / 120 Hz) tasasuunnattu
• Lisätaajuudet	333 Hz
	512 Hz
	560 Hz
Käyttäjän määrittelemät taajuudet	Neljä
Näyttö	LCD
Vahvistuksen säätö	Manuaalinen ja automaattinen
Paino paristoineen	1,8–2,3 kg (riippuu mallista)
Paristojen tyyppi	8 AA (LR6)
Paristojen kestoaika	30 tunti keskimäärin
Syvyyden tarkkuus	±2 % ± 7,6 cm, 0–1,5 m ±6 % ± 7,6 cm, 1,5–3,0 ±10 % ± 7,6 cm, 3,0 m–4,5 m
Syvyyden alue	0 – 914 cm
Palloantennin syvyyden tarkkuus	± 15 % ± 5 cm
Ohjelmointietäisyys iD-palloantenneista, max.	
• Near-Surface-tyyppi	15 cm
• Ball Marker-tyyppi	30 cm
• Full-Range-tyyppi	61 cm
Ohjelmoitavien palloantennien lukuetaisyys	
• Near Surface-tyyppi	60 cm
• Ball Marker-tyyppi	1,2 m (puhelin, kaasu, jätevesi, tietoliikenne, yleiset tarkoitukset)
• Full-Range-tyyppi	1,0 m (vahvavirta, vesi) 2,0 m
Passiivisten palloantennien havaitsemissyvyys	
• Near Surface-tyyppi	0,6 m
• Ball Marker-tyyppi	1,5 m
• Mid-Range-tyyppi	1,8 m
• Full-Range-tyyppi	2,4 m



Dynatel 2550E/2573E-sarja
5.5.2010

60(61)

25. 12 watin lähettimen spesifikaatiot

Paikannustoiminto	577 Hz 1 kHz 8 kHz 33 kHz 82 kHz 133 kHz
Vianpaikannus (vain 2573E)	10/20 Hz -vikasignaali 577 Hz / 33 kHz -hakusignaali
Äänitaajuustoiminto (vain 2573E)	577 Hz ja 133 kHz, 8 Hz jaksollisuus
Induktiotoiminto	8 kHz 33 kHz 82 kHz 133 kHz
Lähtöteho	Normaali: 0,5 W Korkea: 3 W Maksimi: 12 W (vaatii ulkoisen DC-lähteen)
Lähtöjännite (Maksimi)	70 Vrms
Lähdön suojaus	240 Vrms
Paino paristoiheen	Alkaliparistojen kanssa: 2,4 kg Ladattavan akun ja alkaliparistojen kanssa: 4,2 kg
Paristojen tyyppi	Normaali ja korkea lähtöteho: 6 "C"-kokoista alkaliparistoa (LR14) Maksimilähtöteho: Ladattava akku, 12V-6AH, suljettu huoltovapaa lyijyakku (Katso jäljempänä olevat tiedot)
Paristojen kesto aika	50 tuntia tyypillisesti (normaali tehotaso) 10 tuntia tyypillisesti (korkea tehotaso) Ladattava akku lisää toiminta-aikaa noin 40 %.
Ulkoisen DC-lähde	9-18 V DC
Kotelointiluokka	IP54
Määräysten mukaisuus	CE
Käyttölämpötila	-20°... 50 °C
Varastointilämpötila	-20°...70 °C
Ladattavan akun sulake	5 A / 32 V pienoissulake MINI® Blade # 0297005

Megger.**MFM 10-1**
Mobile sheath fault location system

MFM 10-1

Mobile, battery operated sheath fault location system up to ± 10 kV DC



- Testing, prelocation and pinpointing of sheath faults
- Audio frequency option with 8.44 kHz
- High current of up to 750 mA
- Only one HV connection cable
- Automatic measurement and protocolling
- Safe operation via connection box
- In line with DIN EN 50191, VDE 0104 and BGI 891

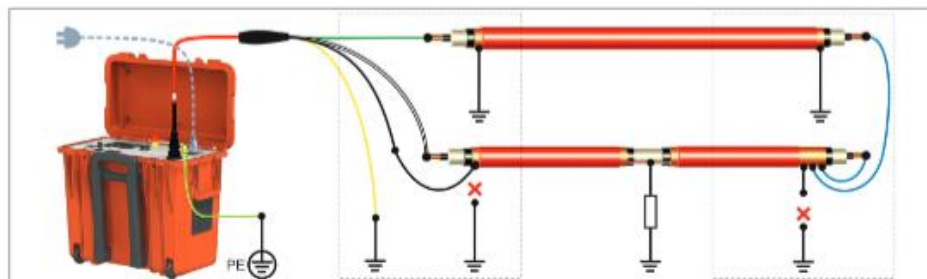
DESCRIPTION

The MFM 10-1's intuitive menu-driven operation and automatic measurement and evaluation system enables cable sheaths to be tested and sheath faults to be pre-located and pinpointed as simply as possible. Data is entered using the proven Megger rotary encoder principle and is supported by a touch screen.

The very powerful 10 kV DC source with positive and negative polarity allows HV cables to be tested. The bi-polar function

ensures that external thermoelectric and galvanic influences are eliminated. A multi-section facility permits the entry of cable segments with different parameters. Difficult cable faults can be "burned" thanks to the available high current of up to 750 mA.

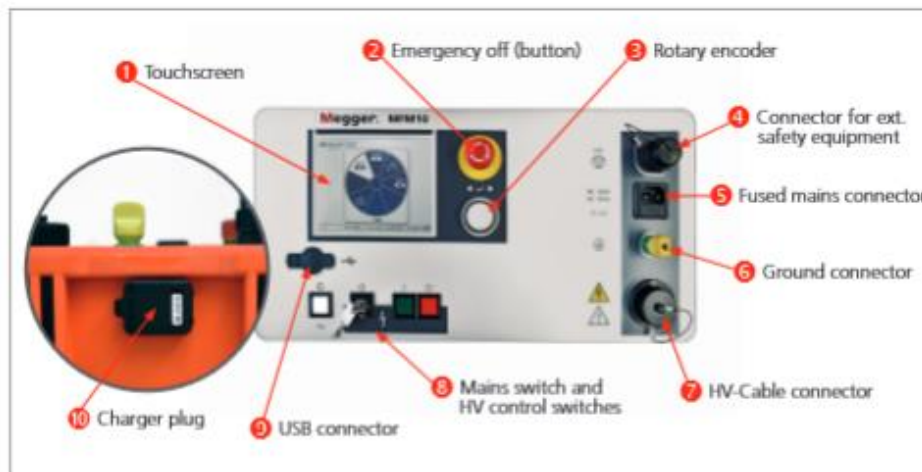
MFM 10-1 can also use its integrated protocolling feature with the approved Easyprot software to easily generate test reports.



Connection plan

Megger.

MFM 10-1
Mobile sheath fault location system



TECHNICAL DATA*

MFM 10-1

Functions	Testing, prelocation and pinpointing, burning, direct resistance measurement, voltage and current limiter, quick event/transient recognition
Display	5.7" 320 x 240; LCD, LED backlight
User Interface	Rotary encoder & touch screen
Output voltage	0 ... 10 kV DC, bipolar 750 mA @ 0.4 kV, 200 mA @ 0.4 ... 1.5 kV
Output current	60 mA @ 5 kV, 30 mA @ 10 kV
Pinpointing	0 ... 10 kV DC pulsed
Pulse rates	0.5:1; 1:2; 1.5:0.5; 1.5:3.5 4.8 Hz for the use with A-frame
Accuracy	± 0.1% for the fault location relative to the cable length
Audio frequency (option)	8.44 kHz, 15 W
Protocolling	Easyprot via USB stick
Mains Supply	88 ... 264 V, 50 ... 60 Hz, 800 VA
Battery	NIMH, 340 Wh, for all operations
DC supply	12 V ... 24 V DC / charge only
Max. discharge capacity	10 µF
Operation conditions	-25 °C ... +55 °C, 93 % rel. humidity
Dimensions	500 x 457 x 305 mm
Weight	25 kg including cable
Protection class	IP53, with lid closed

ALL FEATURES AT A GLANCE

- Solid IP53 PELI trolley case – easy handling
- Wide range input for all supply voltages
- Powerful rechargeable battery
- Improved prelocation with voltage drop method
- Highest accuracy by bi-polar measurement
- Independent from the resistance of supplementary wires and test leads
- Very fast and fully automatic measurement
- Detection, storage and indication of fast events
- Protocolling by Easyprot Software
- Burning
- Slim HV connector and just one HV cable
- Fault locating of high-resistive faults inside cables
- Integrated discharge up to 10 µF
- Graphical display of voltage and current
- Very fast pulse rate of 0.5:1 in connection with the ESG NT

For more informations please visit: www.sebakmt.com/mfm10

OPTIONS



19" version for vehicle



ESG NT earth fault probe for DC step voltage



Cable set, HV connection cable 10 m / 15 m / 20 m



HV connection set for large terminals

ORDERING INFORMATION

Product	Order no.
Sheath fault location system	118303882
Sheath fault location unit 10 kV MFM 10-1	1004818
Set of cables for MFM 10	118303899
USB stick with software EasyProt	890017185
Velcro bag, black	820008838
Sheath fault location unit AF (with audio frequency generator)	1003419
Sheath tester / fault locator with AF generator	1004819
Set of cables for MFM 10	118303899
USB stick with software EasyProt	890017185
Velcro bag, black	820008838
Accessories (optional):	
External emergency switchbox	893024147
Connection cable 5m for external emergency switchbox	820003129
HV connection set for HV accessories	1003344
HV test cable HSK 36-10, 10 m	118307484
HV test cable HSK 36-20, 20 m	2003859
HV test cable HSK 36-15, 15 m	2003858
Connection clamps	118308004

* We reserve the right to make technical changes.

SALES OFFICES

Megger GmbH
 Obere Zwill 2
 D-61460 Oberursel
 Germany
 T 0049 6171 52987-0
 E info@megger.de

Seba Dynatronik
 Mess- und Ortungstechnik GmbH
 Dr.-Herbert-Lamm-Str. 6
 96148 Bamisch
 Germany
 T 0049 9544 62-0
 E team.international@megger.de

MFM101_DS_EN_V03
www.megger.com

ISO 9001

The word "Megger" is a registered trademark.

Megger 



sebaKMT

ESG NT

Digital Earth Fault Locator

Benefits

- ▶ Very high sensitivity
- ▶ Automatic adaptation to voltage level
- ▶ Automatic filtration of interfering signals
- ▶ Automatic zero calibration, no adjustments necessary
- ▶ History mode
- ▶ High-contrast color display

The pinpointing procedure

Pinpointing means the precise location of faults in the cable sheath. These faults cause the measuring current to flow into the ground. When it exits the cable at the fault point, the measuring current builds a voltage gradient which can be measured by earth rods and earth fault locators. The accurate location of sheath faults is done by the step voltage method: as it approaches the fault point, the step voltage potential increases, decreasing with reversed polarity after it passes the fault. The change in polarity allows the fault to be located precisely.

Functional description

The ESG NT earth fault locator measures the step voltage potential produced by a test generator in the underground. Other existing underground distortions such as potential equalisation current, DC offset, 16 2/3 Hz or influences of cathodic protection systems are automatically detected and eliminated. The automatic zero calibration maintains display calibration continuously at zero.

The ESG NT has a high-contrast color display on which the measured step voltage is displayed in two ways: as a bar graph (similar to a conventional pointer instrument), and as a continuing "history-display" which shows both the current process and the last 5 to 6 measurement records. In this way, changes are displayed continuously and very clearly. The deflection of the instrument always indicates the direction of the earth fault.

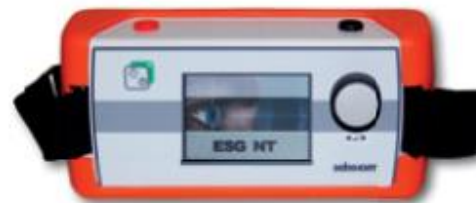
Due to the proven SebaKMT EasyGo principle, almost no operational steps are required. Basic settings can be made in the easiest way possible by using the rotary encoder.

The ESG NT adapts automatically to the input voltage level. Neither manual calibration of the display and the zero point, nor the adaptation of the measuring range is necessary.

Moreover, the ESG NT has an automatic pulse detection, which allows working with almost any type of pulse generator.

Scope of delivery

- ▶ Receiver ESG NT
- ▶ 2 earth rods
- ▶ 2 connection cables
- ▶ 1 set of batteries
- ▶ Manual



Technical data

ESG NT

Display	High-contrast color TFT, 320 x 240 pixels
Sensitivity	5 μ V ... 200 V
Suppression of disturbances	50/60 Hz, 16 2/3 Hz, KKS, DC
Zero adjustment	Automatically
Power supply	6 x LR6 Alkali-Mangan
Operation time	> 20 hours
Protection class	IP 54
Dimensions receiver (H x B x D)	65 x 225 x 100 mm
Weight receiver	0.9 kg (including batteries)
Length earth rods	1 m (dividable and isolated)
Weight earth rods	0.8 kg each
Length test leads	2 m



All advantages at a glance

- ▶ Automatic suppression of external potentials
- ▶ Automatic adaptation to the voltage level
- ▶ Automatic detection of the pulse rate
- ▶ Automatic zero adjustment
- ▶ Very high measuring sensitivity in the μ V range
- ▶ Very easy operation
- ▶ Cable mounting at the dividable insulated earth rod

Options

- ▶ A-Frame
- ▶ Vehicle Mounting



Megger.**Surgeflex 15 and 25**
Mobile, battery operated cable fault locating system

Surgeflex 15 and 25

Mobile, battery operated cable fault locating system



- Testing in low and medium voltage networks
- Easy to use
- Extremely rugged design
- Stand-alone operating

DESCRIPTION

The mobile and battery powered fault locating system is designed for stand-alone operation. It will provide its full surge energy for up to 1.5 hours continuously. With 15 kV or 25 kV output voltage these systems are well suited for fault locating in low and medium voltage distribution networks.

The powerful ARM (Arc reflection method) is used for pre-location of high resistance faults. Low resistance faults can be located with only the Teleflex SX and without having to use high voltage methods.

The Teleflex SX offers convenient operator support with online help and one-button-operation. It automatically shows the far end of cable and fault distance in the „ARM mode“. Even inexperienced users can easily locate faults with the "step-by-step easy mode". The operator is guided through the fault locating process.

On the other hand, the „Expert mode“ provides free access to all parameters for comprehensive fault locating even under difficult conditions.

1150 Joules of surge energy provide the necessary power for accurately pinpointing cable faults with the acoustic method. Weatherproof housing and big wheels make the Surgeflex 15 and 25 suitable for easy operation in the field.

Connecting cables are conveniently accessible at the rear of the unit.

Technical features

Complete fault locating system with:

- DC-testing up to 15 kV / 25 kV (depending on model)

- Prelocating

- Reflection measurement
- ARM-Measurement (Arc reflection method)
- ICE impulse current method

- Cable tracing (optional)

- Distance and acoustic measurement
- Audio frequency methods (optional)

- Pin-pointing

- Distance and acoustic measurement
- Audio frequency methods (optional)
- Battery and mains operation



Surgeflex 15 and 25

Mobile, battery operated cable fault locating system

Technical Data

System	
Surge rate	3 ... 9 s
Battery operation	approx. 1.5 h (1150 J)
Mains supply	230 V; 50/60 Hz (110 V optional)
Dimensions (W x H x D)	600 x 1250 x 600 mm
Models (incl. Teleflex SX, battery and cable)	
Surgeflex 15-1150	
Test and surge voltage	0 ... 7.5 kV; 1150 J
Test and surge voltage	0 ... 15 kV; 1150 J
Weight	approx. 110 kg
Teleflex SX	
Operation	Capacitive touchscreen and jogdial
Range	20 m ... 160 km @ w/2 = 80 m/μs
Pulse width / amplitude	20 ns ... 10 μs / 30 ... 50 V
Resolution	0.1 m @ w/2 80 m/μs, 1 cm @ V/2 < 40 m/μs
Gain	-37 ... +37 db
De-attenuation	0 ... +22 dB for ProRange (adjustable 0 ... 100 %)
Sample rate	Up to 400 MHz
Propagation velocity V/2	10 ... 149.9 m/μs, ft/μs or nvp
Dynamic range	> 80 dB
Compensation	8 Ω ... 500 Ω, adjustable
Voltage proof input	> 400 V
ARMslide	15 measurements in one ARM shot
Dead zone	None
Modes	Symmetrical / unsymmetrical reflection measurement, difference measurement/comparison, all ARM Arc reflection methods, all ICE impulse current decoupling, methods, DECAY travelling wave method, IFL Intermittent fault location, Arc reflection burning

Display	10.4" TFT XGA 1024x768, 600 cd/m ² , CCFI-Backlight
Data storage	4 GB mSATA for program and data
Connectors	Ethernet, USB, BNC, CAN (LON opt.)
Protection class	IP 65 closed, IP 54 open lid
Supply	110 ... 240 V, 50/60 Hz, 30 VA, 12 V ext
Dimensions (W x H x D)	None
Weight	10 kg
Operation temperature	-10 °C ... +50 °C
Storage temperature	-20 °C ... +60 °C

ORDERING INFORMATION

Item	Cat. No.
Surgeflex 15-1150	
Teleflex SX	
Consisting of:	
Pinpointing receiver digiPHONE+	
Audio frequency cable tracer and fault locator	Ferrolux
Vehicle installation version without battery, inverter and trolley	

UK
 Archcliffe Road, Dover
 CT17 9EM England
 T +44 (0) 1 304 582101
 F +44 (0) 1 304 207342
 UKsales@megger.com

SEBAKMT
 Dr.-Herbert-Lans-Str. 6
 96148 Bausnach / Germany
 T +49 (0) 95 44 6 90
 F +49 (0) 95 44 22 73
 sales@sebakmt.com

Registered to ISO 9001:2000 Cert. no. 10006.01
 Surgeflex15-25_en_3122013
 www.megger.com
 Megger is a registered trademark
 Specifications are subject to change
 without notice.



digIPHON⁺

Surge wave receiver for acoustic and electromagnetic fault pinpointing

Features

- ▶ Perfect acoustic quality and noise immunity
- ▶ Automatic mute function to protect your ears
- ▶ Bright, transreflective sun readable display
- ▶ Easiest handling with automatic adjustment
- ▶ Earphone volume limitation to 84 dB(A)

The new digiPHONE⁺, the new definition of silence!
The innovation for the cable fault pinpointing!

A combination of different technologies for the efficient noise suppression provides you with a maximised, perfect acoustic performance, which passes only the fault noise.

No traffic!
No high heels!
No talking!

You hear only the fault, nothing else -

Your ears will love it!

The technologies of the digiPHONE⁺

BNR – Background Noise Reduction

The new, intelligent BNR technology with filtering and background noise suppression produces an undisturbed acoustic experience, and lets only the fault sound to your ears.

APM Automatic Proximity Mute

The second silent technology in the new digiPHONE⁺. As soon as one approaches the handle, the sound switches off, before the hand touches the handle. No cracks or bangs. After removing the hand, a short delay ensures that the digiPHONE⁺ sensor is standing stable and possible mechanical oscillations have ceased, before the headset is activated.

Housing

The new housing concept of the sensor in connection with a floating microphone suspension reduces the body sound of the sensor itself and provides a solid standing of the digiPHONE⁺ sensor even on sloped surfaces.

Tracing

The left-right indication keeps the operator always on top of the cable and the compass indicates the fault direction. Distance to fault can be displayed in meter/feet

All advantages at a glance

- ▶ Easiest Operation
- ▶ Automatic adjustment of values
- ▶ BNR – Background Noise Reduction
- ▶ APM – Auto Proximity Mute when approaching the handle. ("Bang" protection)
- ▶ Bright, sun readable display
- ▶ 84 dB(A) limiter (according to noise and vibration protection laws, e.g. "OSHA")
- ▶ Distance measurement in milliseconds or meter/feet
- ▶ Easy tracing with left-right indicator
- ▶ "Compass" for fault direction indication
- ▶ High ground stability of the sensor up to 45°



Technical data

Receiver	DPP-CU
Display	TFT-colour display, 320x240 Pixel
Safety	Volume limitation to 84dB(A)
Gain	>120 dB, automatic
Supply	6 x R6 Alkali-Mangan Batteries
Operation time	> 10 hrs.
Protection rating	IP 54
Dimension (H x W x D)	65 mm x 225 mm x 100 mm
Weight	0.9 kg (incl. batteries)
Sensor	DPP-SU
Dimensions	Diameter 230 mm (outer rim)
Height	140 mm
Handle length	450 ... 750 mm adjustable
Weight	2.2 kg (incl. batteries and handle)
Dynamic range	Magnetic channel >110 dB Acoustic channel >110 dB
Frequency range	100 ... 1500 Hz
Filter stages	OFF 100 ... 1500 Hz
	Low pass 100 ... 400 Hz
	Band pass 150 ... 600 Hz
	High pass 200 ... 1500 Hz
Protection rating	IP 65

Fully automatic trigger level adjustment for acoustic as well as for magnetic channel
Intelligent noise suppression (Background Noise Reduction)
Automatic headset mute function during the handling of the sensor (Automatic Proximity Mute)

Scope of delivery

- ▶ Receiver Unit DPP-CU with shoulder strap
 - ▶ Headset KR22-5
 - ▶ Sensor Unit DPP-SU with:
 - ▶ Telescopic handle
 - ▶ Tips (18 mm and 75 mm), tripod
 - ▶ Sensor connection cable
 - ▶ Set of batteries
 - ▶ Carrying bag with foam inserts
 - ▶ Ground plate
 - ▶ Manual
- Accessories**
- ▶ Vehicle Installation Kit (instead of the carrying bag)

Ohje kaapelinhakulaitteelle



Putken ja kaapelinhakulaite 3M Dynatel 2573E

Ohje rajattu ainoastaan Eltel Networks Pohjoinen Oy:n sisäiseen käyttöön.

Ohje vaippavianpaikannuslaitteelle



Megger MFM 10 ja Seba ESG NT

Ohje rajattu ainoastaan Eltel Networks Pohjoinen Oy:n sisäiseen käyttöön.

Ohje syöksyaalto generaattorille



Megger SFX25 ja Seba DigiPHONE

Ohje rajattu ainoastaan Eltel Networks Pohjoinen Oy:n sisäiseen käyttöön.