

# MAAKAAPELEIDEN VIANPAIKANNUS JA LAITTEET

Tamio Joonas

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Joonas Tamio	Vuosi	2018
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Aila Petäjäjärvi		
<b>Toimeksiantaja</b>	Rovakairan Verkonrakennus Oy		
<b>Työn nimi</b>	Maakaapeleiden vianpaikannus ja laitteet		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	34 + 5 (25)		

---

Opinnäytetyössä perehdyttiin maakaapeleiden vianhakulaitteistoihin ja vianhaakuun. Rovakairan Verkonrakennuksella tutustuttiin vianhaun eri vaiheisiin sekä yrityksessä käytössä oleviin vianhakulaitteisiin.

Työn tietoperustan hankkimiseksi perehdyttiin siirtoverkoissa yleistyvään maakaapelointiin sekä verkostosuosituksiin, standardeihin ja maadoituksiin. Työssä tutustuttiin myös yleisimpiin maakaapeli-tyyppeihin ja niiden asennustapoihin.

Perehdyttiin myös laitetoimittajien suosittelemiin syöksyaaltogeneraattoreihin, joille tehtiin vertailutaulukko. Vertailut syöksyaaltogeneraattorit pisteytettiin käyttäen pisteytyskriteereinä laitteiston soveltuvuutta yritykselle, vikojen löydettävyyttä, käytettävyyttä sekä huoltoa ja takuuta.

Avainsanat maakaapelointi, vianhaku, syöksyaaltogeneraattori, vikatyypit.



## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 MAAKAAPELOINTIA KOSKEVAT VERKOSTOSUOSITUKSET JA STANDARDIT .....	7
3 KAAPELEIDEN VIKATYYPIT JA VIAN PAIKANNUS .....	10
3.1 Vikatyypit .....	10
3.2 Vian paikannus .....	11
3.3 Kaapelitutka .....	12
3.4 Impulssivirta menetelmä .....	12
3.5 Vikapaikan polttaminen.....	12
3.6 Vaippavian paikannus.....	13
4 KESKIJÄNNITEKAAPELIVIAT .....	14
4.1 Oikosulku .....	14
4.2 Maasulku .....	15
5 MAADOITUS .....	17
5.1 Maadoitusmittaus.....	18
5.2 Kaapelityypit .....	19
6 VIANHAKULAITTEET.....	24
7 POHDINTA .....	33
LÄHTEET.....	35
LIITTEET .....	36

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Rovakairan Verkonrakennus Oy:tä, kun sain mahdollisuuden tehdä heille opinnäytetyön sekä työharjoittelun firmaan. Haluan myös kiittää Aila Petäjäjärveä, koska on jaksanut panostaa sekä opastaa ja tsempata opinnäytetyössäni.

Kemissä 20.3.2018

Joonas Tamio

## 1 JOHDANTO

Vuonna 2013 astui voimaan uusi sähkömarkkinalaki. Sen mukaan vuodesta 2029 kaikkien asiakkaiden pitää kuulua ns. säävarman verkon piiriin, jotenka verkko yhtiöt ovat alkaneet kaivamaan kaapelia maahan. Vaikka verkko kaapeloidaan maan alle, vioilta ei vältytä. Tämän opinnäytetyönaihe on käsitellä maakaapelointia ja käydä läpi yleisimpiä maakaapelityyppejä sekä käydä läpi vianpaikannus vaihe-vaiheelta sekä tutustua vianhakulaitteisiin.

Rovakaira Oy on perustettu vuonna 1947 ja se palvelee yli 30 000 asiakasta Lapissa Kittilän, Sodankylän ja Rovaniemen alueella. Rovakaira Oy perusti 2013 vuonna Rovakairan Verkonrakennus Oy:n pärjätäkseen lähivuosien suururakasta. Rovakairan Verkonrakennuksella tätä on ruvettu tekemään siten, että taajama-alueen ilmajohdot siirretään maahan, sekä haja-asutusalueilla 20 kV kaapelit viedään metsistä teiden varsille, joten vika on helpompi paikantaa sekä puita on vähemmän. Kaapelit jotka on kaivettu maahan, ovat turvassa säältä, mutta vikoja silti esiintyy. Vikoja on vaikea havaita, koska ne ovat maan alla, joten tämän takia Rovakairan Verkonrakennus haluaa vianhakulaitteen, jolla helpotetaan vian paikannusta ja nopeutetaan korjausta. Laitteella pitää pystyä etsimään 20 kV maakaapelivikoja sekä pienjännitevikoja.

## 2 MAAKAPELOINTIA KOSKEVAT VERKOSTOSUOSITUKSET JA STANDARDIT

Maakaapeliverkon rakentaminen on yleistynyt sähkönjakeluverkossa. Verkonhaltijoiden alueella tekevät nykyään eri urakoitsijat asennustöitä. Verkostosuosituksen tarkoitus on siis selkeyttää urakoitsijan sekä tilaajan välistä yhteistyötä. Suosituksilla varmistetaan, että maarakennustyöt sekä asennustyöt tehdään riittävän korkealla laadulla sekä varmistetaan turvallinen työskentely työmaalla. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 1-8)

Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteiden korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotöitä. Maakaapelin asentaminen ja maahan laskeminen on sähkötyötä, jossa tulee varmistua muun muassa kaapelin riittävästä asennussyvyydestä, mekaanisesta suojauksesta sekä merkitsemisestä ennen, kuin asennusoja peitetään. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 1-8.)

Maakaapelointia tekevän maarakennusurakoitsijan ei tarvitse täyttää 55 §:n vaatimuksia sähkötyötä tekeväälle toiminnanharjoittajalle, mutta täytyy täyttää 73§:n mukaisen ammattitaitovaatimukset. Toisin sanoen maanrakennusurakoitsijan ei tarvitse nimetä sähkötöiden johtajaa, jolla on sähköturvallisuuslain mukainen pätevyystodistus. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 1-8.)

Maakaapeleihin liittyvät sähkötyöt tulee tehdä 55 §:n mukaisen toiminnanharjoittajan eli sähkötyöurakoitsijan ohjauksessa ja valvonnassa. Sähköurakoitsijan palveluksessa täytyy olla kuitenkin pätevä sähkötöiden johtaja. Sähköurakoitsija vastaa kaapeleiden asennuksien kokonaisuuden vaatimustenmukaisuudesta. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 1-8.)

Maakaapelin asentaminen ja sen laskeminen maahan luokitellaan rajalliseksi sähkötyöksi, joka kohdistuu aina samankaltaisiin sähkölaitteistoihin. Silloin voidaan soveltaa 73 §:n ja 4 momentissa esitettyjä kevennettyä ammattitaitovaatimuksia, eli tässä tapauksessa kaapelitöihin riittää kahdenvuoden työ-

kokemus maakaapeloinnista tai työhön soveltuva koulutus ja vuoden työkokemus. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 1-8.)

Maanrakentaja tarvitsee sähkötöiden johtajan ja on käytettävä riittävän ammattitaitoisia henkilöitä. Jos ammattitaitoinen henkilö toimii sähköurakoitsijana, on hänen tehtävä ilmoitus sähköviranomaisille. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16,1-8.)

Sähkötöiden johtaja vastaa siitä, että sähkötöitä tekevät henkilöt niihin laskeaan myös mukaan maakaapelitöitä tekevät ja asennusosaan tekevät henkilöt ovat riittävän ammattitaitoisia ja tehtäviinsä opastettuja. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16 1-8.)

Sähkötöiden johtajan on myös huolehdittava siitä, että jokaisen sähkötyön tekokohteeseen nimetään lain 73§:n mukaisen sähköalan ammattihenkilö työnaikaiseen sähköturvallisuuden valvojaksi. Jos sähkötyön tekemiseen ei vaadi sähkötöiden johtajaa, työntekijän, jonka on oltava lain 73§:n mukaisen sähköalan ammattihenkilö, pitää valvoa työnaikaista sähköturvallisuutta. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16 .1-8.)

Maahan asennettavan kaapelina käytetään maahan asennettavaksi tarkoitettuja mekaanisesti riittävän vahvoja vaipallisia kaapelityyppejä. Nämä kaapelit ovat yleensä standardin HD603 mukaisia nimellisjännitteeltään 0,6/1kV voimakaapeleita. Kaapelit voivat olla metallivipalla varustettuja esim. MCMK, AMCMK, AXCMK (SFS 4880) tai metallivaipattomia AXMK (SFS 4879) tai AXMKE(SFS 5800). Myös muita maahan asennettavaksi tarkoitettuja kaapeleita voidaan käyttää noudattaen valmistajan asennusohjeita. (Monni 2005, 138.)

Maakaapeliverkossa valittavien maakaapeleiden mitoituksen määrää yleensä kokonaistaloudellisuus. Kuormituksen kasvaessa on poikkipinnaltaan suuremman johtimen vaihtaminen kalliimpaa maakaapeloinnissa kuin ilmajohdoissa. Valittava kaapeli on mitoitettava kuormittavuuden osalta ottaen huomioon asennusolosuhteet. (Monni 2005, 143.)

Kaapelit on kaivettava tai aurattava 0,7 m:n syvyyteen ja on pidettävä huoli, että kaikki terävät kivet on otettu pois, koska ne voivat vahingoittaa kaapelia. Varoi-

tusnauha sijoitetaan kaapelin mukaisesti kaapelin yläpuolelle n. 20 cm:n päähän. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 1-8.)

Kaapelia pitää käsitellä siten, ettei se vaurioidu varastoimisen, kuljetuksen tai asentamisen aikana. Aina on noudatettava kaapeleiden valmistajien ohjeita sallitusta vetovoimasta, taivutussäteistä, käsittelylämpötiloista ja vastaavista. (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 1-8.)

Jos kaapeli joudutaan asentamaan kallion päälle tai maan päälle, kaapeli on varustettava luotettavasti kiinnitetyllä mekaanisella lisäsuojauksella, kuten raskaankäytön suojaputkilla, -kouruilla tai vastaavalla tavalla. Jos kaapeli nousee maasta tai vedestä, se on suojattava muototeräksellä, vähintään SFS-EN 61386-1 mukaisella lujuusluokan 4 asennusputkella, raskaankäytön suojaputkella tai samanarvoisella tavalla vähintään 1,5 m:n korkeudelle ja liikenneväylän varrella 2 m:n korkeudelle maanpinnasta. Kaapelinsuojauksessa käytettävät rakenteet on valittava siten, etteivät suojukset kuten betonikourujen tai suojaterästen särmät, vahingoita kaapelin vaippaa kaapelin mahdollisesti liikkuesssa. (SFS-käsikirja 6000 osa 1-2 2017, 302—303 .)

Jakeluverkko ja jakeluverkon laajennukset on aina tarkastettava ennen kuin ne otetaan käyttöön. Tarkastukset sisältävät aistinvaraiset tarkastukset sekä tarvittavat mittaukset. Maakaapeleille pitää aina suorittaa eristysresistanssin mittaus. Suojajohtimen tai PEN-johtimen jatkuvuuden mittauksen sijasta voidaan mitata silmukkaresistanssi tai oikosulkuvirta riittävästi kuormittavalla mittarilla. Tarkastuksista on tehtävä tarkastuspöytäkirja SFS6000-6 mukaisesti. (SFS-käsikirja 6000 osat 1-2 2017, 248—249.)

### 3 KAAPELEIDEN VIKATYYPIT JA VIAN PAIKANNUS

#### 3.1 Vikatyypit

Kaapeleissa voi olla rakenteellisia vikoja, joiden aiheuttajat ovat epäpuhtaudet materiaaleissa, painaumat, fyysiset vauriot tuotantolinjoilla. Kaapeleille tehdään standardinmukaiset tehdastarkastukset rakenteellisia vikoja varten. (Adato, 2013.)

Kaapeleissa muita vikoja voi aiheutua kuljetuksen tai asennuksen yhteydessä. Vaurioiden seurauksena kaapelin sähköinen ja mekaaninen kestävyys heikenee sekä kaapeli vanhenee nopeammin. (Adato, 2013.)

Vaippaviat aiheutuvat yleensä ulkoisesta tekijästä esimerkiksi asennuksen tai kuljetuksen aikana jokin työkone osuu vaippaan. Lämpötilarajojen laiminlyönnin seurauksena vaippavikoja aiheutuu helpommin esimerkiksi halkeamat taivutuksen yhteydessä kovalla pakkasella, muovien venyminen liian suuressa lämpötilassa. (Adato, 2013.)

Mikäli vaippavikaa ei havaita ajoissa, vaurionseurauksena kosteus pääsee rakenteisiin ja heikentää kaapelin rakennetta, joka vanhenee nopeammin. Vaippaviassa kosteus aiheuttaa alempien kerrosten metalleissa korroosiota. Vaippavika aiheuttaa myös kaapelin maavuodon. (Adato, 2013.)

Eristysvaurio aiheutuu esimerkiksi liian korkean lämpötilan taivutuksen, kovan iskun, epäpuhtauksien tai ylikuormituksen seurauksena. Fyysisiä muutoksia esiintyy, kun sähkökenttä jakautuu epätasaiseksi tai korkean potentiaalipisteessä tapahtuu osittaispurkauksia tai läpilyönnit. (Adato, 2013.)

Johdinvauriot voi aiheuttaa liiallisen vedon, taivutuksen tai ulkoisen iskun seurauksena. Liiallinen veto aiheuttaa sen, että johdin voi katketa tai venyä. Venymisen seurauksena resistanssi kilometriä kohden kasvaa, jolloin kaapelin häviöt kasvavat, samalla ylikuormitus riski kasvaa. Epätasaisessa kontaktissa johtimen ja eristyksen rajapinnassa voi seurata osittaispurkauksia eristimeen. (Adato, 2013.)

Vauriot välirakenteisiin aiheuttavat muun muassa liiallisen taivutuksen tai vedon seurauksena. Kosketussuoja voi painautua eristeeseen tai vaippaan. Alumiinilaminaatti voi mennä rypyyn tai haljeta siten että terävät kulmat painautuvat muovien sisälle. Kaapelissa olevat rakennekerrokset voivat irrota toisistaan. (Adato, 2013.)

### 3.2 Vian paikannus

Vianpaikannukseen kuuluu 4 eri kohtaa, jotka ovat diagnosointi, esipaikannus, kaapelireitin määrittäminen sekä tarkka maastopaikannus. Diagnosointiin kuuluu ensimmäisenä eristysvastuksen mittaukset sekä johtavuusmittaukset. Sen jälkeen käydään kaikki vaiheet läpi kaapelitutkalla. Tutkauksen saadut pulssikuvat tallennetaan, sekä tarkistetaan läpilyöntijännite. (Adato, 2013.)

Seuraavaksi tulee esipaikannus. Jos on kyseessä pieniresistanssinen vika tai katkos voidaan se esipaikantaa, TDR-tutkalla, joka on aikatasoon perustuvia impedanssitutka. Jos on kyseessä katkeileva vika tai keski- tai suuriresistanssinen vika, esipaikannus täytyy silloin tehdä syöksyjännitegeneraattorilla. (Adato, 2013.)

Kaapelinvianmääräykseen kuuluvat, paikantaminen ja kaapelireitin merkitseminen maastoon, mittaaminen ja esipaikannetun kohdan merkitseminen ja epäilyttävien kohteiden huomioiminen. Epäilyttävät kohteet ovat kaivuutyöalueet ja maasto. (Adato, 2013.)

Tarkassa maastopaikannuksessa keski- tai suuriresistanssisessa viassa tarkka paikannus tapahtuu syöksyaaltogeneraattorilla ja akustisella ilmaisimella. Pieniresistanssisessa viassa tarkka paikannus tapahtuu äänitaajuusgeneraattoreilla ja magneettikenttäantureilla tai maapiikeillä ja jännitemittauksella. (Adato, 2013.)

Jos kyseessä on maavuoto, ei saa käyttää syöksyaaltogeneraattoria, koska siinä on sähköiskun vaara, joten paikannus suoritetaan vaippavikahakulaitteella. (Adato, 2013.)

### 3.3 Kaapelitutka

Kaapelitutka kehitettiin jo vuonna 1946, ja sen toimintaa perustuu sähköimpulssien jatkuvaan lähettämiseen tutkittavalle johdolle. Impulssit etenevät vakionopeudella, koska kaapelin aaltoimpedanssi on koko ajan sama. Impulssin kohdatessa vikapaikan, jatkoksen, liitoksen, kaapelin pään tai muun kohdan, jossa aaltoimpedanssi muuttuu, heijastuu osa pulssista takaisin. Takaisin heijastuneen pulssin kulkuajasta voidaan esimerkiksi oskilloskoopin avulla laskea heijastumispaikka. Jos pääteheijastuma näkyy ruudulla ja kaapelin pituus tiedetään, voidaan vikapaikan etäisyys määrittää suhteena koko kaapelin pituuteen. Jos kaapelin pää on auki, heijastus näkyy positiivisena. Jos kyseessä on oikosulku, heijastus näkyy negatiivisena. Kaapelitutka ei kuitenkaan sovellu suuriresistanssisten tai eristysvikojen paikannukseen. Yleensä kaapelitutka on tehokas noin 500 ohmin vikaresistanssiin asti. (Mörsky 1992, 409–410).

### 3.4 Impulssivirta menetelmä

Impulssivirtamenetelmä on yhdistelmä kaapelitutkasta sekä syöksyjännitemenetelmästä. Tässä menetelmässä jännitteet ovat paljon suuremmat (n. 1...30 kV) kuin pelkkää kaapelitutkaa käytettäessä. (n. 10...100 V). Impulssivirtamenetelmän periaatteena on lähettää pulssit niin voimakkaina, että syöksyaallon kohdatessa vikapaikan siihen syttyy valokaari. Tämän ansiosta mahdollinen suuriresistanssinen vika muuttuu hetkeksi pieniresistanssiseksi, koska valokaari on aina pieniresistanssinen. Tämän seurauksena kaapelitutka pystyy paikallistamaan vikapaikan. Syöksyaalto koetetaan saada mahdollisimman loivaksi ja riittävän pitkäksi, jotta kaapelitutkalla ehtisi paikantaa vian. (Mörsky 1992, 411-412.)

### 3.5 Vikapaikan polttaminen

Vikapaikan polttamisella tarkoitetaan suuriresistanssisen vian tekemistä pieniresistanssiseksi. Tämä tapahtuu johtamalla niin suuri virta vikapaikkaan, että syttyy valokaari, joka polttaa vian pieniresistanssiseksi. Tämä toteutetaan

muuntajilla, joilla on hyvä oikosulkukestoisuus eli niin sanottu polttomuuntajilla. Aluksi kaapelille johdetaan sen nimellisjännitteen aiheuttama virta, jonka jälkeen jännitettä pienennetään vähitellen. Jännitettä pienennetään niin kauan, että se on vain muutamia kymmeniä voltteja ja virta useita satoja ampeereita, jolloin vikapaikka palaa pieniresistanssiseksi. Toinen tapa on niin sanottu resonanssimenetelmä. Resonanssimenetelmässä kaapelille aiheutetaan resonanssi säädettävän induktanssin avulla. Menetelmän huono puoli on, että resonanssissa syntyvä energia ei aina riitä, tällöin vikapaikkaa ei saada pieniresistanssiseksi, vaikka läpilyönti tapahtuukin. (Mörsky 1992, 412–412.)

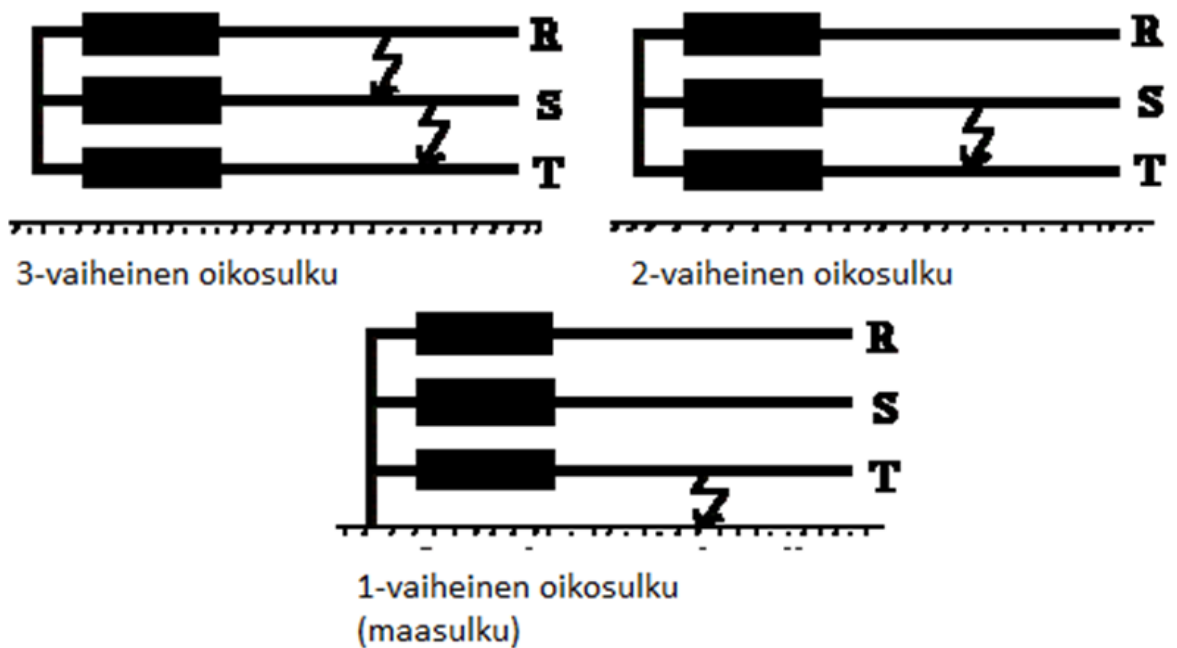
### 3.6 Vaippavian paikannus

Yleisin syy kaapelin maasulkuun on vaippavika. Kaapelinvaippa voi syöpyä ja tämän jälkeen sen sisään pääsee kosteutta, joka tuhoaa kaapelin lopullisesti. Alkavia vaippavikoja voidaan kuitenkin paikallistaa ennen kuin se muuttuu maasuluksi. Paikannusmenetelmässä maan ja vaipan väliin kytketään säädettävä vakiovirta. Virtaa täytyy kuitenkin säätää varovasti, ettei se aiheuta mahdollista lisävahinkoa alkavaan vikapaikkaan. Maassa kulkee myös paljon erilaisia häiriövirtoja ja tämän vuoksi paikannusmenetelmän virta lähetetään sakaraaaltona. Käytännössä vaippavian paikannus tapahtuu vastaanottimen ja kahden maahan työnnettävän sauvan avulla. Näiden ansiosta kaapelin reitti voidaan paikantaa, sekä löytää vikapaikka kohdasta, jossa signaalin polariteetti vaihtuu. (Mörsky 1992, 415–416.)

## 4 KESKIJÄNNITEKAAPELIVIAT

### 4.1 Oikosulku

Eristysvian tai ulkoisen kosketuksen takia jakeluverkon virtapiiri voi sulkeutua suoraan, valokaaren tai muun vikaimpedanssin kautta. Oikosulkuviat voivat sattu kahden tai kolmen vaihejohtimen välille, ja sille on tyypillistä kuormitusvirtaa suurempi virta. Vika voi myös sattu vaihejohtimen ja maanvälille (Kuvio 1). Vioittunut virtapiirin osa kytketään irti sähkönsyötöstä rele- tai sulakesuojauksen avulla. (Lakervi & Partanen 2005, 28; Korpinen, n.d.)



Kuvio 1. Oikosulku (Korpinen n.d)

Suomessa käytössä olevissa jakeluverkoissa tyypillinen kolmivaiheinen vikavirta sähköaseman kiskoissa on 5-12 kA. Oikosulkuvirran suuruus riippuu 110 kV:n verkon oikosulkuvirran lisäksi olennaisesti 110/20 kV:n päämuuntajan koosta. Mitä suurempi päämuuntaja on käytössä, sitä suurempi on 20 kV:n kiskoston oikosulkuvirta. 20 kV verkon oikosulkuvirtojen suuruus riippuu sähköaseman ja vikapaikan välisten johtojen pituudesta ja poikkipinnasta. Johtojen

impedanssit vaikuttavat jo muutaman kilometrin matkalla niin paljon, että vikavirta pienenee nopeasti muutamaan kiloampeeriin tai satoihin ampeereihin. Pitkien pienien poikkipintaisten johtojen loppupäässä tapahtuvassa vioissa vikavirta voi olla jopa niin pieni, 150–200 A, että oikosulkusuojauksen havahtuminen joissakin vikatilanteissa voi tulla ongelmalliseksi. (Lakervi & Partanen 2005, 30)

#### 4.2 Maasulku

Sähköturvallisuusmääräyksissä maasulku on määritelty käyttömaadoittamattoman virtajohtimen ja maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan osan väliseksi eristysviaksi. Käyttömaadoitetussa verkossa maasulku on luonteeltaan yksivaiheisen oikosulun kaltainen ja vikavirran suuruus voidaan laskea, kun tunnetaan verkon impedanssi. (Korpinen, n.d.)



Kuvio 2. Kaksoismaasulku (Korpinen n.d)

Kaksoismaasulku (Kuvio 2) on kyseessä silloin kun verkon kahdessa eri vaiheessa ja eri kohdissa verkkoa esiintyy samanaikaisesti eristysvika (Korpinen n.d).



Kuvio 3. Yksivaiheinen maasulku (Korpinen n.d)

Yksivaihemaa-sulku (Kuvio 3) on yleisin käyttötajuisia ylijännitteitä aiheuttava tilanne. Yksivaiheinen maasulku aiheuttaa kahden terveen vaiheen jännitteen nousun. Ylijännite on perustajainen ja esiintyy normaalisti vain vaiheen ja maan eristysvälissä. Ylijännitteen suuruus riippuu verkon tähtipisteen maadoitustavasta ja vikapaikasta. Maadoitustavan perusteella verkot jaetaan maasta erotettuihin, sammutettuihin ja suoraa tai impedanssin kautta maadoitettuihin verkkoihin. Impedanssina käytetään tavallisesti kuristinta tai vastusta. (Korpinen n.d.)

## 5 MAADOITUS

Maadoituksella tarkoitetaan maadoituselektrodin ja tarkastelussa sähköverkon pisteessä olevan sähkölaitteen tai virtapiirin välistä kytkentää. Maadoituselektroonilla tarkoitetaan jotain johtavaa osaa tai materiaalilla, joka on asetettu maahan tai on kytketty toiseen johtavaan materiaaliin, jolla on kytkös maahan. Maadoituselektrodi koostuu useista vaakaa-, pysty- tai vinoelektrodeista, jotka on kaivettu tai lyöty maahan. Vaakamaadoitus kaivetaan 0,5-1 m:n syvyyteen, millä saavutetaan riittävä mekaaninen suojaus. Pystymaadoitusta käyttäen sauvan yläosa on sijoitettava maapinnan alapuolelle. Pysty- ja vinoelektrodeja suositellaan käytettävän silloin, kun maaperän resistiivisyys pienenee syvemmälle menettäessä (Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16, 17).

Maadoitus saadaan muodostumaan, kun kaapeloidaan maadoituselektrodi ja kaikki kosketeltavissa olevat metalliosat tai sellaiset osat, jotka voivat tulla jännitteelliseksi sähkölaitteen eristevian vuoksi. Näin menetellen vikavirta joutuu maahan ja siitä ei aiheudu henkilöille vaaraa. Kun käytetään vikavirtasuojaa, vioittunut piiri kytkeytyy automaattisesti pois, millä estetään vaaratilanteiden synty. Maadoituksen tarkoituksena on suojata henkilöitä sekä sähkölaitteita esimerkiksi vikavirroilta ja salamaniskuilta. (Chauvin Arnoux, n.d. 3.)

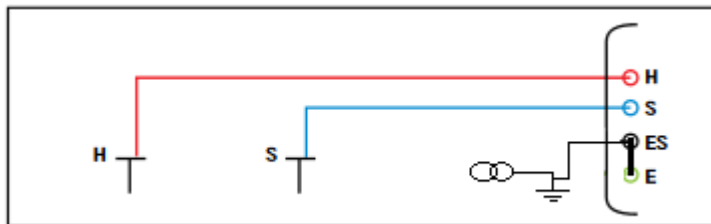
Maadoituselektrodit voivat koostua maanalaisista maadoitussilmukoista, kuparilangasta, -köydestä tai – tangosta, teräsnauhasta, -langasta tai maanalaisesta metalliputkista, jotka on upotettu maahan tai rakennuksen perusteiden alle. On hyvin tärkeää ottaa huomioon myös maaperän laatu. Maadoitin on yhteydessä maahan ja sen yhteyden on oltava hyvä, jotta vuotovirta johtautuu turvallisesti maahan. (Chauvin Arnoux, n.d. 4.)

Maadoituselektrodi asennetaan kaapelinojan pohjalle kaapeleista ja putkista sivuun, niin että se saa hyvän kosketuksen maasta. Maadoituselektrodia ei saa peittää kouruilla. Pienjänniteverkossa käytetään maadoituselektroneina kuparijohdinta. Se kestää korroosiota sekä mekaanista rasitusta. Pienjänniteverkossa 16 mm<sup>2</sup> kuparikaapeli on tarkoitettu maadoituselektroniksi ja 25 mm<sup>2</sup> kaapeli taas ukkossuojaksi. Keskijänniteverkossa käytetään yleensä 25 mm<sup>2</sup> kuparijohdinta. On otettava huomioon, että alumiinikeskijännitekaapelin keskellä oleva

kupari ei ole tarkoitettu maadoituselektroniksi. (Verkostosuositukset Rakentam-  
nen Maakaapelointi RK1:16, 17.)

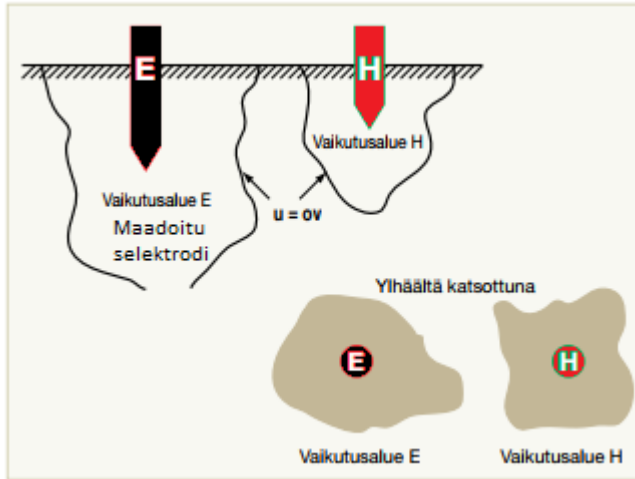
### 5.1 Maadoitusmittaus

Rovakairan Verkonrakennuksella käytetään käännepestemenetelmää.



Kuvio 4. Maadoitusmittaus käännepestemenetelmällä (Chauvin-Arnoux n.d,  
muokattu)

Kuviossa 4 oleva punainen johdin on 200 m:n ja sininen johdin on n.62 %:n etäisyydellä muuntajasta. Kuvan tapauksessa sinisen johtimen elektrodi on noin 120 m:n päässä muuntajasta. On pidettävä huoli, että mittajohdot ovat noin 0,5 m:n etäällä toisistaan eivätkä kulje toistensa päältä. Mittari syöttää mittaussvirran maadoituselektrodiin, sieltä virta kulkee maan kautta virta-apuelektrodiin (H) ja sieltä takaisin mittarille. Mitattavan maadoituselektrodin ja jänniteapuelektrodin (S) välille syntyy potentiaaliero. Jos mittarinsilta kytkentä on oikein, saadaan luettua resistanssiarvo. Maadoitusmittaukset suoritettiin Chauvin Arnoux 6460-tyypin mittarilla.



Kuvio 5. Maadoitusmittauksessa syntyvät vaikutusalueet (Chauvin-Arnoux n.d)

Kuvio 5 havainnollistaa maadoittimien vaikutuksesta syntyneitä vaikutusalueita. Mittaustuloksiin vaikuttavat tekijät on yleensä maasto. Kallioisessa tai kivikkoisessa maastossa maadoitus on yleensä huono, kiven ja kallion huonon johtavuuden vuoksi. Pehmeässä savi-, multa-, tai suoperäisessä maastossa maadoitus on hyvä maan johtavuuden vuoksi. (Tiainen, Annanpalo, Annanpelto & Metsikkö Maadoituskirja 2007. 145–146).

Puistomuuntamoiden maadoitusmittauksessa käytetään Chauvin Arnoux 6415 maadoituspihtimittarilla. Se kytketään vain maadoituselektrodiin ja laite itse laskee automaattisesti maadoituksen. Työssä testattiin laitteen toimivuutta siten, että ensimmäinen mittaus tehtiin johtomittauksella ja saatu tulos verrattiin pihtimittarilla saatuun tulokseen. Saadut tulokset olivat lähes samat, mutta pihtimittarin mittaustuloksesta puuttui johtomittauksen johtojen resistanssin vaikutus. Pihtimittarilla mitatessa on tärkeää tarkistaa, etteivät maadoituselektrodit osu puistomuuntamon metallisiin osiin, jolloin mittaustulos vääristyy. Parhaimman tuloksen saa, kun pitää maadoituselektrodit erillään rungosta ja toisistaan.

## 5.2 Kaapelityypit

Kaapelit, joita käytetään valmiiksi kaivettuihin kaapeliojiin, tai vetämällä maahan asennettuna kaapelisuoja putkeen käyttöjännitteillä 230/400 V ja 0,6/1 kV ovat muun muassa AXMK 0,6/1 kV Alumiinivoimakapeli PEX-eristeinen ja PVC-

vaippa (Kuva 1).



Kuva 1. AXMK (Reka Oy n.d)

AXMK on luja peruskaapeli, jota on helppo kuoria ja helposti taivutettavissa. Se ei yksittäisenä pysty levittämään paloa ja voidaan asentaa sisälle. Se täytyy asentaa 0,7 m:n syvyytasoon tai pitää lisäsuojata. PEX-kaapeleiden käyttö- ja rajalämpö ovat korkeammat kuin muilla muovikaapeleilla.



Kuva 2. MCMK (Reka Oy n.d)

MCMK 0,6/1 kV (Kuva 2) on kosketussuojattu kuparikaapeli, jossa on PVC-eristys ja PVC-vaippa. Se voidaan asentaa suoraan maahan, kaapelin poikkipinnat ovat 1,5...16 mm<sup>2</sup>:n saakka. Kaapelia on helppo käsitellä eli sitä on helppo kuoria ja helppo asentaa. Kaapeli ei levitä paloa nippuna sekä kaapeli voidaan asentaa sisälle.



Kuva 3. AMCMK (Reka Oy n.d)

AMCMK 0,6/1 kV (Kuva 3) Kosketussuojattu alumiinikaapeli, jossa on PVC-eristys ja PVC-vaippa. Kaapelia saadaan Isoilla poikkipinnoilla 3x16...ja

4x25...300 mm<sup>2</sup>:n asti. Kaapelia on hyvä käsitellä ja helppo kuorittavuus, nippuna kaapeli ei levitä paloa ja voidaan myös viedä sisätiloissa.

Kaapelit joiden asennus tapahtuu koneellisesti auraamalla, käyttöjännite 230/400 V ja 0,6/1 kV ovat:



Kuva 4. AXMK-PE (Reka Oy n.d)

AXMK-PE 0,6/1 kV (Kuva 4) on aurattava luja PEX-eristeinen alumiinivoimakkaapeli, jossa PE-vaippa antaa hyvän ulkoisen suojan. Kaapeli on luotettava koneellisen asennukseen ja sen jälkeenkin, se on aurattava aina 0,7 m syvyys-tasoon tai lisäsuojattava. Kaapelin vaipan alla on repäisylanka kuorimiseen.



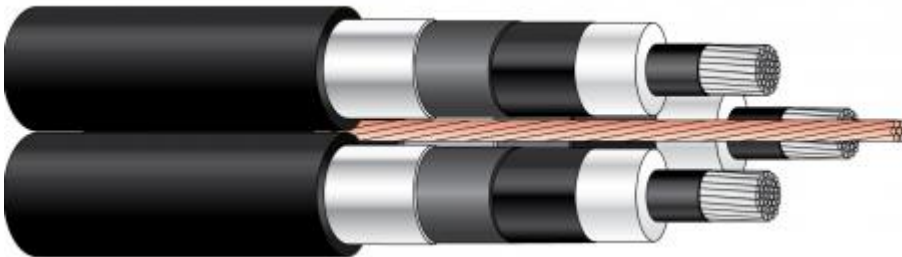
Kuva 5. AMCMK-PE (Reka Oy n.d)

AMCMK-PE 0,6/1 kV (Kuva 5) on kosketussuojattu aurattava luja alumiinivoimakkaapeli, joka on koneellisen asennuksen jälkeen luotettava. Konsentrisen suojan johtokyky vastaa äärijohtimia (4-johtiminen). Sisävaippa on paloa levittämätön ja ulkovaippa voidaan avata. Kaapelin vaipan alla on repäisylanka



Kuva 6. AXCMK-W (Reka Oy n.d)

AXCMK-W 0,6/1 kV (Kuva 6) on kosketussuojattu aurattava vesitiivis alumiininvoimakapeli, joka on PEX-eristeinen. Luja ja vesitiivis rakenne joka mahdollistaa maahan auraamisen, sekä vesistöalituksiin. Kaapelissa on kosketussuojattu ja konsentrisen 4-johdin rakenne. Vaippojen halkaisuja varte on repäisylanka.



Kuva 7. AHXAMK-W (Reka Oy n.d)

AHXAMK-W 20 kV (Kuva 7) on alumiini keskijännite kaapeli, joka on täysin vesitiivis (SFS 5636). Se voidaan asentaa suoraan maahan, auraamalla sekä kosteisiin tiloihin. Vaihejohtimet ovat kerrattu kupariköyden ympärille. Kaapelista on myös saatavilla versio missä ei ole keskusköyttä. Kokoja on saatavilla 3x50:stä 3x300 mm<sup>2</sup> asti.



Kuva 8. AHXAMK-WM (Reka Oy n.d)

AHXAMK-WM 20 kV (Kuva 8) on monitoimikaapeli, joka pystytään asentamaan maahan ilmaan sekä veteen. Maahan asentaminen voidaan suorittaa auraamalla. Kaapelin vaihejohtimet ovat alumiinia, jotka on kerrattu PE-päällystetyn teräskannattimen ympärille. Koot ovat 3x50:stä 3x300 mm<sup>2</sup> asti.



Kuva 9. TSLF (Reka Oy n.d)

TSLF 20 kV (Kuva 9) on yksijohtiminen tai kerrattu täysin vesitiivis alumiininen keskijännitekaapeli, joka voidaan asentaa suoraan veteen tai maahan. Kaapelissa on vahvennettu kosketussuojarakenne jokaisessa vaiheessa. Kaapelin ulkovaippa on puolijohtavaa muovia, joka mahdollistaa ulkovaipan jännitekoestamisen asennuksen jälkeen. Yksijohtimisella kaapelilla voidaan toteuttaa pitkiä vetoja esimerkiksi vesistöналittamisessa. Kokoja saatavana 3x50:stä 3x300 mm<sup>2</sup> asti, sekä 1x50:stä 1x1200 mm<sup>2</sup> asti. ( Reka Oy, n.d.)

## 6 VIANHAKULAITTEET

PJT-10 on tarkoitettu pääsääntöisesti televerkon kaapeleiden vian hakulaitteeksi, mutta sillä pystyy myös hakemaan pienjännite puolen maakaapelista vikoja (Kuva 10).



Kuva 10 PJT-10 laite

PJT-10 toimii samalla tekniikalla kuten TDR-tutkat, mutta niiden heikkous on se, että kaapelivikaa ei pystytä paikantamaan, jos vika on liian lähellä. PJT-10 voidaan paikantaa yksinkertaisia vikoja, kuten kaapeleiden katkoksia ja oikosulkuja, myös PJT-10:llä voidaan havaita kosteuden aiheuttaman vian ja ylikuulumiskohteen.

Metrotech SFL2Dx:ssä on kaapelivaippa vikojen hakulaite, sillä voidaan havaita isoja kaapelivaippavikoja, jotka selvästi vuotavat ulos, kun taas pienimmät kaapelivaipan viat eivät näy laitteessa, koska lähetysteho on liian pieni. Lait-

teessa on ohmimittari, joka mittaa vian resistanssin. SFL2Dx:ssä käytetään samaa lähetintä, kuin maakaapelin paikantamisessa. Kuvassa (Kuva 11) on haarukka jolla kaapelivikoja etsitään lähettimen kanssa.



Kuva 11 Vaippavian paikannushaarukka

Käyttäessä Metrotech SFL2Dx:tä tarvitaan pehmeä maa, mihin piikit lyödään sekä sen täytyy olla lähellä kaapelia, että sillä voidaan havaita kaapelinvaippa vika. Asfaltilla haarukalla ei voida havaita vikoja. Liitteenä 1 löytyy kyseiseen laitteeseen ohjeet, kuinka sillä etsitään vikaa.

3MDynatel 2573-iD:n toimintaperiaate on sama, kuin Metrotechin SFL2Dx:llä. 3M lähetin on tehokkaampi kuin Metrotechin sekä lähettimessä on ohmimittari, millä voidaan varmistaa, onko kaapeli ehjä.



Kuva 12 Dynatel kaapelin vaippavian hakulaite (3M n.d)

Kuvassa 12 on kaapelinvaippavian hakulaite sekä kaapelinpaikannuslaite. 3M laite liitetään suoraan kaapelinhakulaitteeseen, joten sillä pystytään samaan aikaan paikantamaan kaapelia, eli ei tarvitse erikseen ensiksi paikantaa kaapelia ja sen jälkeen vikaa. 3M:n lähetin toimii isommalla teholla, joten pienemmätkin kaapelinvaippaviat voidaan havaita.



Kuva 13 Syöksyaaltogeneraattori P12i

Kontramilta tarjottu syöksyaaltogeneraattori on P12i (Kuva 13). Se on valmistettu Saksassa ja sen yhdelle vaiheelle antama teho on 1 kVA sekä polttotoiminto on 500mA.

Kyseinen laite myydään pakettina, johon kuuluvat esipaikannuslaite TDR tutka, polttotoiminto sekä vaippavianpaikannus. Kuitenkin erikseen on ostettava maamikrofonin, jolla vika maastosta voidaan paikantaa syöksyaaltomittausta käyttäessä. Laitteella on yhden vuoden takuu ja myyjä tulee opastamaan laitteen toiminnan. Laite sisältää suomenkieliset ohjeet, jotka helpottavat laitteen tutustumista etukäteen. Vaipaneheysmittauksessa syötetään 10/5 kV yhden minuutin ajan, millä voidaan tarkistaa onko kaapelissa vikaa. Jos mittaus näyttää vähemmän kuin 5 M $\Omega$ , on varma vika. Alueilla 100–500 M $\Omega$  on ns. ”harmaata aluetta” eli laitteella ei mahdollisesti löydetä vikaa. Laitteessa on käyttöjärjestelmänä Windows Xp, millä tekee laitteen käyttämisestä helppoa. Kyseisestä laitteesta on myös saatavana 16 kV laite. Laitteessa on 16 kV:iin asti syöksyjännite, mutta muuten laite on samanlainen teknisiltään tiedoiltaan kuin

12 kV laite. Laitteen tiedot on otettu liitteestä 5, jossa on laitteen käyttöohje sekä tekniset tiedot tarkemmin.



Kuva 14 Megger SFX8 sekä SFX16

Kuvassa 14 on meggerin syöksyaaltogeneraattori SFX16, se on täsmälleen samanlainen kuin SFX8, mutta hieman pienempi. Perel tarjoaa SFX16 kV sekä SFX8 kV syöksyaaltogeneraattoreita jotka ovat puoliautomaattisia. SFX 8 kV syöksyaaltogeneraattori on teholtaan pieni minkä takia vain noin 80 % keskijännitepuolen vioista voidaan löytää. Jos keskijännitekaapelilla tulee paljon matkaa, laitteella ei voida havaita vikaa. SFX 16 kV on suurempi, joten tehoa on enemmän ja laite soveltuu myös keskijännite puolen vikojen hakemiseen ja paikantamiseen paremmin. Laitteet ovat identtisiä eli niistä löytyy polttotoiminto sekä vaippavian haku. Laitteiden huolto toimii maahantuojan kautta sekä laitteilla on vuoden takuu. Laitteen lähteenä on käytetty liitettä 2, jossa on myös tarkemmat tekniset tiedot.



Kuva 15 Smart Thump 16kV

Pereliltä saa myös akulla varustetun täysin automatisoidun 16 kV syöksyaalto-generaattorin (Kuva 15). Kyseinen laite on valmistettu USA:ssa ja siihen on sisään rakennettu akku, jolla voidaan antaa 30 minuuttia yhtäjaksoisesti syöksyjännitettä.

Koska laite on täysin automatisoitu, sitä on helppo käyttää ja laite itse ohjaa jännitteet ja toiminnot. Laitteen huolto ja takuu menee Perelin kautta, mutta kun laite on Yhdysvalloissa valmistettu, sen suuremmat huollot tehdään siellä. Liitteessä 3 on yksityiskohtaisemmin selitetty laitteen toiminta, sekä sen tekniset tiedot.



Kuva 16. KEP SWG-12/1100R

KEP SWG-12/1100R on Ukrainassa rakennettu syöksyaaltogeneraattori (Kuva 16). Siitä löytyy polttotoiminto sekä esipaikannus, joka toimii TDR tutkalla. Laitteessa on kosketusnäyttö, joka helpottaa esipaikantamaan vian. Polttotoiminto toimii 100 mA:lla, jolla saadaan suuriresistanssinen vika pienemmäksi. KEP-rytitys, joka tätä laitetta tarjoaa, on saanut ISO 9001–2015 laatusertifikaatin. Netistä löytyy laitteesta video, jossa esitellään laitetta ja kytkentöjä. Liitteessä 4 on tarkemmin kerrottu laitteen toimintaa, sekä sen teknisiä tietoja.

Taulukossa 1 on vertailtu laitteiden ominaisarvoja, jotka on otettu liitteistä 2,3,4 ja 5. Arvosanat on merkitty sen mukaan, miten laite soveltuu Rovakairan Verkonrakennuksen käyttöön sekä hintaluokkakin vaikuttaa arvosanaan.

SFX 8 kV on laitteista halvin, mutta sen teho on pieni. Laite soveltuu enimmäkseen pienjänniteverkon vikojen hakuun sekä osittain keskijänniteverkon vikojen hakuun. Laite ei sovellu keskijänniteverkkoon, jos keskijännitejohto on pitkä, sillä tehot eivät riitä havaitsemaan vikoja.

Smart Thump on 16 kV syöksyaaltogeneraattori, joka on täysin automatisoitu. Siinä on sisälle rakennettu akku, joka tuo laitteelle lisää hintaa. Akku antaa käyttää kyseistä laitetta 30 minuuttia jatkuvalla syötöllä. Laite on täysin automatisoitu, joten teknisiä tietoja on vaikea löytää ja käyttäjälle ei jää säädettävää. Laitteen toiminnot ovat automatisoitu ja se tekee laitteesta käyttäjäystävällisen.

P12i on 12 kV syöksyaaltogeneraattori, joka pienestä koostaan huolimatta on tehokas. Painoa kyseisellä laitteella on vain noin 85 kg. Kyseisen laitteen poltto- toiminto on tehokkaampi kuin muilla vertailu laitteilla sekä laite syöttää enemmän tehoa kaapeleihin syöksyaaltomittauksella.

KEP SWG-12/1100R on Ukrainassa rakennettu syöksyaaltogeneraattori, joten sen valmistaminen on halvempaa. Kyseisellä laitteella polttotoiminto on vain 100 mA verrattuna muihin, joten on epävarmaa, että pystytäänkö sillä polttamaan kaukana olevat suuresistanssiset viat pieniresistanssiseksi. Koska laite on rakennettu Ukrainassa, sen hinta on tällä hetkellä markkinoiden pienin ja painoa kyseisellä laitteella on 115 kg. Muihin laitteisiin verrattuna laitteella on myös huonompi esipaikannus, mutta se on otettu huomioon arvioinnissa.

SFX 16kV on samanlainen kun SFX 8kV, mutta tehokkaampi eli sopii hyvin keskijännitepuolen vikojen etsimiseen. P12i ja SFX 16 ovat melkein samanlaisia, paitsi SFX 16:n syöksy on tehokkaampi ja hinta on halvempi. Ainoa huono puoli kyseisessä laitteessa on sen paino, joka on 203 kg. Laite on rakennettu alustalle, jossa on suuret pyörät, joten sen liikuttaminen metsässä tai muualla maastossa pitäisi olla helppoa.

Jokaiseen laitteeseen joutuu ostamaan erikseen maamikrofonin sekä jokaisessa laitteessa on myös vaippavian hakulaite, mutta piikit myydään myös erikseen.

Taulukko 1. Vianhakulaitteiden tiedot.

Tuotteet	Megger	Megger	Intereng	Megger	KEP
	SFX 8 kV	SFX 16 kV	12kV	Smart Thump 16kV	12kV
	SPG 8-1000	SPG 16-2000	P12i	Smart Thump ST16	SWG-12/1100R
Syöksyenergia	3 / 1000 J	3 / 2000 J	1 / 1000 J (3/2000 J vaihtoehtoisesti)	3/1500J	1100 J
Syöksyjännite	0...2kV 0...4kV 0...8kV	0...3kV 0...8kV 0...16kV	0...3kV 0...6kV 0...12kV	0...8kV 0...16kV	0..3kV 0..6kV 0..12kV
Syöksyn nopeus (sek.)	2...6	3...10	3...10	4...12	3...15
DC-testi (kV)/ I max (mA)	0..2 / 1400 0..4/ 700 0..8/ 350	0..24 / 1,4	0...20 / 250	0...16/-	0..12/1;10
Polttojännite (kV)/ I max (mA)	0 ... 2 / 1400 0 ... 4 / 700 0 ... 8 / 350	0 ... 4 / 200 0 ... 8 / 100 0 ... 16 / 50	0...12/ 0...250 500mA resonanssi 1,5A optio	0...8/ 0...60 0...16/ 60	0..12/100
Pulssijakso (sek.)	Ei	1:3-1:10	1:3-1:10	-	1:3-1:15
Esipaikannus (kV)	ARM ja ICE 0...2/4/8kV	ARM ja ICE 0 ... 4 / 8 / 16kV Decay: 0 ... 24	ARTi ja SCC 3/6/12kV Decay 0.. 18kV	ARM ja ICE 0...8/ 0..16	TDR ja ARC 0..12kV
Paino	164kg	203kg	n.85kg	143kg	115kg
Arvosana	2/4	4,5/5	4/5	3/5	3,5/5

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli etsiä hyvä hinta-laatusuhteeltaan oleva hyvä vianpaikannuslaite, jolla voidaan hakea kj- sekä pj-puolen vikoja nopeasti ja mahdollisimman helposti.

Työn alussa tutustuttiin Rovakairan Verkonrakennuksella käytössä oleviin laitteisiin ja selvitettiin, voitaisiinko niitä hyödyntää työssä. Rovakairan Verkonrakennuksella oli TDR-tutka sekä vaippavian paikannuslaitteet. Näillä laitteilla voidaan jo jonkin verran paikantaa vikoja. Kuitenkin syöksyaaltogeneraattori täydentäisi hyvin vianpaikannuslaitteistoa, koska sillä voidaan etsiä tarkemmin viankohdat ja se on nopea käyttää.

Valitettavasti laitetoimittajien syöksyaaltogeneraattoreihin perehtyminen käytännön testauksilla jäi toteuttamatta. Vertailut suoritettiin laitteiden teknisten tietojen mukaan sekä laitetoimittajilta saatujen laitteistokohtaisten kokemusten mukaan. Se hieman häiritsi opinnäytetyön tekemistä, koska ei voinut käyttää omaa kokemusta laitteista hyödyksi.

Opinnäytetyössäni tutustuin myös maakaapelointiin, joka on yleistymässä. Tutustuin maakaapeloinnin verkostosuositukseen, standardeihin sekä maadoitukseen. Kävin myös läpi yleisimpiä maakaapelityyppejä, ja sitä minkälaiseen asentukseen ne sopivat.

Mielestäni suoriuduin opinnäytetyöstäni hyvin, tuli paljon uutta asiaa, jota en ole ennen tiennyt sekä tärkeintä, että pääsin tutustumaan maakaapeloinnin standardeihin lähemmin, josta voi olla myöhemmin minulle hyötyä.

Yritys voi hyödyntää opinnäytetyötä, kun etsivät syöksyaaltogeneraattoria. Yritys voi vertailla eri syöksyaaltogeneraattoreita ja etsiä itselleen käyttötarkoitukseen sopivimman laitteen. Kun maakaapelointi on yleistynyt, on otettava huomioon viat, joita ei voi havaita silmillä. Opinnäytetyö on tarkoitettu vianhakua helpottavaksi sekä nopeuttaakseen vianhakua laitteilla.

Opinnäytetyössä käydään läpi kentällä olevien vikojen paikantamista keskijännitteen- ja pienijännitteen puolelta. Opinnäytetyöstä voi tehdä jatkotyön aiheen,

jossa käsiteltäisiin tarkemmin keskijänniteverkon vikoja, niiden paikantamista sähköasemilta, sähköasemien johtolähtöjen suojauksista sekä maakaapeloinnista tulevien kaapeleiden indusoitumisesta.

## LÄHTEET

Adato, 2013. Tampereen aikuiskoulutuskeskus. Koulutusmateriaali

Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen & K. Palva, V. 2003. Suurjännite-tekniikka. Helsinki: Otatieto.

Chauvin Arnoux Maadoitusvastusten mittausopas. Viitattu 12/2017.  
[https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2014/09/FI\\_-Maadoitusvastuksenmittausopas.pdf](https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2014/09/FI_-Maadoitusvastuksenmittausopas.pdf).

KEP.n.d. SWG12 syöksyaaltogeneraattorin ohje 12/2017.  
[https://www.yeint.fi/image/data/incomingPdf/42884/KEP\\_SWG12\\_1100R\\_Fault\\_Location\\_System.pdf](https://www.yeint.fi/image/data/incomingPdf/42884/KEP_SWG12_1100R_Fault_Location_System.pdf).

Kontram laite-esittely 8/2017. Syöksyaaltogeneraattori

Korpinen, L. n.d. Sähköverkon vikatilanteet. Viitattu 12/2017.  
<http://www.leenakorpinen.fi/archive/sahkoverkko/vikatilanteet.pdf>.

Lakervi, E & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto Helsinki University Press.

Monni, M. 2005. Sähköverkkosasennukset. Helsinki: Adato Energia Oy.

Mörsky, J. 1992. Relesuojaustekniikka. Espoo: Otatieto.

Perel Oy:n laite-esittely 8/2017. Syöksyaaltogeneraattori

PJT-10 käyttöohje. Viitattu 12/2017.  
<http://www.eriele.fi/pdf/pjt10-fi.pdf>.

Rovakairan vuosikertomus 2017.  
<http://www.rovakaira.fi/loader.aspx?id=c962eebc-bca4-44a0-9752-c93cb4bc92c9>.

SFS-käsikirja 600-1-2 pienjännitesähköasennukset osa 1-2: Erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset SFS osat 7-8, 2017. Helsinki: Suomen SFS.

Tiainen, E., Annapalo, J., Annapelto J & Metsikkö, A. 2007 Maadoituskirja. Helsinki: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL.

Verkostosuositukset Rakentaminen Maakaapelointi RK1:16.n.d. Helsinki : Sähköenergialiitto ry Sener. Verkostosuosituskansio 3.

## LIITTEET

- Liite 1. Kaapelivian paikannus Metrotech SFL2Dx:llä
- Liite 2. MEGGER SFX tekniset tiedot
- Liite 3. Smart Thump tekniset tiedot
- Liite 4. KEP SWG 12/1100R Tekniset tiedot
- Liite 5. P12i Käyttöohje

# Kaapelivian paikannus Metrotech SFL2Dx:llä

---

1. Tee aluksi silmämääräinen katselmus ympäristössä onko varmaa vikapaikkaa
2. Tee kaapelijännitteettömäksi.
3. Irrota vioittaneen kaapelin maadoitus.
4. Kun laite on kiinni laita musta johdin eli maadoitus 90 asteen kulmassa vikalaitteeseen nähden
5. Laita punainen johdin kiinni vialliseen kaapeliin
6. Laita vianhakulaite päälle SFL kohdalle.
7. voit valita 9,8kHz, 82 kHz tai Auto riippuen mitä niistä tarvitset. (Auto toiminto automaattisesti testaa ja valitsee parhaimman Hz mitä tarvitset)
8. Näytössä vilkkuva palkki kertoo millainen vika on, onko suuriresistanssinen vika vai pieniresistanssinen vika.
9. Ennen kuin aloitat vian etsimisen synkronoida haarukka laitteen kanssa.
10. Laita musta piikki maadoituspiikin viereen, siten että valkoinen piikki osoittaa kaapelia päin, ja paina maahan minkä jälkeen voit käynnistää haarukan.
11. Laitteen pitäisi automaattisesti näyttää nuolella maadoituspiikkiä kohden.
12. Kun alat etsimään vikaa, viet haarukan kaapelin päälle ja katsot mihin suuntaan se näyttää vikaa, jos käännät haarukan toisinpäin, sen pitäisi automaattisesti ”kääntää” nuoli takaisin vikaa kohden.
13. Kun alat etsimään vikaa huomioi myös kuinka monta palkkia haarukan näytössä on.
14. Kun menet viallisen kaapelin päälle, palkin pitäisi aluksi pienentyä ja sitten taas nousta, kun kuljet vikaa päin. Mieluusti kulje aina 15m välein paina haarukan piikit maahan ja tarkista mihin suuntaan vika menee.
15. Kun menet kauemmas lähettimestä, niin palkkien määrä vähenee melkein 0 saakka, ja kun taas olet vian lähellä palkkien määrä nousee.
16. Jos nuolen suunta muuttuu, lähde takaisin päin ja etsi vika niin, että haarukan näytöllä olevat nuolet vilkuttavat molempiin suuntiin, vika on silloin keskellä merkitse vika paikka.
17. Vian voi varmistaa, viemällä haarukan kaapelista pois ja kääntämällä haarukka kaapeliin päin, ja viemällä takaisin kaapelin päälle ja kääntämällä haarukka, sen pitäisi vilkuttaa molemmilla kerroilla vikaa kohti.

( Vianhakuun liittyvä video: <https://www.youtube.com/watch?v=tc1SJE6QEaM>)

**Megger.**

**The Semi-Automatic Surgeflex Series**  
Fault location systems for low- and medium-voltage cables

## The Semi-Automatic Surgeflex Series

### Portable, modular fault location systems for low and medium-voltage cables



- High performance fault location systems
- 0.1% accuracy
- Removable, battery-operated reflectometer
- Sophisticated ARM®-Multishot technology
- HV and LV prelocation in one modular unit
- High surge energy
- Multi-stage surge capacitors

#### DESCRIPTION

The semi-automatic Surgeflex (SFX) series consists of portable fault location systems designed for various applications: cable testing, prelocation, fault conditioning, pinpointing, and sheath fault location.

The systems include two modules:

- an HV surge unit with DC testing/burning capabilities, plus selectable voltage levels up to 32 kV
- a high-performance time domain reflectometer (TDR Teleflex SX) with up to 400 MHz sampling rate

Using innovative time domain reflectometry techniques, the SFX systems reduce troubleshooting time, improve work efficiency, and guarantee quick and reliable fault location in even very long cables.

#### Operation

The HV surge unit is operated directly from its front panel. The Teleflex SX is operated by either the touchscreen or the JogDial, and has two operation modes: easyGO and Expert.

The easyGO mode is the perfect choice for inexperienced users. It suggests the next logical operating step and sets all important system parameters.

The Expert mode is for experienced operators. It provides free access to all parameters and enables comprehensive fault location even under difficult conditions.

The SFX systems feature various prelocation methods such as the ARM (Arc Reflection method), ICE (Impulse Current Equipment), Decay, IFL (Intermittent Fault Location), step potential method, and burning.

In connection with an acoustic fault pinpointer or an earth fault locator (digIPHONE® or ESG NT recommended), pinpointing becomes quick and easy.

The SFX systems come in a trolley with big wheels. This provides comfortable transportation and makes them suitable for field use. All HV and LV connection cables are included in the scope of delivery.

#### TECHNICAL DATA

- DC Testing up to 32 kV
- Prelocation
  - Reflection measurement
  - ARM (Arc Reflection Measurement)
  - Decay (Voltage Decoupling)
  - ICE (Impulse Current Equipment)
  - IFL (Intermittent Fault Location)
- Fault conditioning (burning) up to 32 kV
- Pinpointing
  - Distance and acoustic measurement
  - Sheath fault location
  - Audio frequency methods (optional)
- Tracing (optional)

Liite 2 2(3)

**Megger.****The Semi-Automatic Surgeflex Series**  
Fault location systems for low- and medium-voltage cables**TECHNICAL DATA****HV SURGE & TEST UNIT**

All units have continuously adjustable voltage.

Product*	8 kV	12 kV	16 kV	32 kV		
	SPG 8-1000	SPG 12-1100	SPG 16-2000	SPG 32-1750	SPG 32-3500	SPG 32-1750 C4
Surge steps / surge energy in every step	3 / 1000 J	3 / 1100 J	3 / 2000 J	3 / 1750 J	3 / 3500 J	1 / 1200 J (4 kV step) 3 / 1750 J
Surge voltage (kV) / Capacitance (µF)	0 ... 2 / 500 0 ... 4 / 125 0 ... 8 / 31,2	0 ... 3 / 250 0 ... 6 / 62,5 0 ... 12 / 15,6	0 ... 4 / 250 0 ... 8 / 62,5 0 ... 6 / 15,6	0 ... 8 / 54,4 0 ... 16 / 13,6 0 ... 32 / 3,4	0 ... 8 / 108,8 0 ... 16 / 27,2 0 ... 32 / 6,8	0 ... 4 / 150 0 ... 8 / 54,4 0 ... 16 / 13,6 0 ... 32 / 6,8
Surge rate (sec)	single pulse, 2 ... 6	single pulse, 3 ... 10				
DC-test (kV) / I <sub>max</sub> (mA)	0 ... 2 / 1400 0 ... 4 / 700 0 ... 8 / 350	0 ... 17 / 1,0	0 ... 24 / 1,4	0 ... 32 / 1,8		
Burning voltage (kV) / I <sub>max</sub> (mA)	0 ... 2 / 1400 0 ... 4 / 700 0 ... 8 / 350	0 ... 3 / 200 0 ... 6 / 100 0 ... 12 / 50	0 ... 4 / 200 0 ... 8 / 100 0 ... 16 / 50	0 ... 8 / 200 0 ... 16 / 100 0 ... 32 / 50		
Sheath fault location (kV) / I <sub>max</sub> (mA)	no	0 ... 5 / 120		0 ... 5 / 160		
Pulse ratio (sec)	no	1:3 – 1:10				
Prelocation (kV)	ARM & ICE: 0 ... 2 / 4 / 8	ARM & ICE: 0 ... 3 / 6 / 12 Decay: 0 ... 17	ARM & ICE: 0 ... 4 / 8 / 16 Decay: 0 ... 24	ARM & ICE: 0 ... 8 / 16 / 32 Decay: 0 ... 32		ARM & ICE: 0 ... 4 / 8 / 16 / 32 Decay: 0 ... 32
Leakage current display (mA) in DC-test	no	0 ... 2 0 ... 0,2				
Display	analogue					
Power input (max.)	2,3 kVA	2 kVA				
Dimensions W x D x H (mm)	790 x 770 x 1185	790 x 715 x 1160			602 x 780 x 1180	602 x 600 x 1180
Weight (kg)	164	203			252	212
HV test lead	4 m	7 m				
Operating temperature	-10 °C ... +50 °C					
Storage temperature	-20 °C ... +60 °C					
IP class	IP 20					
Mains supply	230V; 50 / 60Hz (110V optional – StepUp Traco)					

Liite 2 3(3)

**Megger****The Semi-Automatic Surgeflex Series**  
Fault location systems for low- and medium-voltage cables**TECHNICAL DATA\*****Teleflex SX**

Distance range	20 m ... 160 km at $v/2 = 80$ m/μs
Pulse width	20 ns ... 10 μs
Pulse amplitude	10 ... 50 V
Resolution	0.1 m at $v/2 = 80$ m/μs
Sampling rate	Up to 400 MHz (real sampling rate)
Amplification	-37 ... +37 db
De-attenuation	0 ... +22 dB for ProRange (adjustable from 0 to 100%)
Transit time setting $v/2$	10 ... 149.9 m/μs, ft/μs or mps
Dynamic response range	> 80 dB
Output impedance	50 Ω
Adjustment	R / $\Omega$ / $\Omega$ , adjustable
ARM trigger	Automatic adjustment with $\Delta U$ trigger
Blind spot	No
Withstand voltage	< 400 V, operation only with separation filter
Display	10.4" colour TFT XGA 1,024 x 768, capacitive touchscreen, 600 cd/m <sup>2</sup> , LED backlight
Memory	4 GB mSATA for program and data
Connections	Ethernet, USB, BNC, CAN (LDN optional)
Protection class	IP 65 enclosed, IP 54 open
Supply	Battery operation 4 h, 110 ... 240 V, 50/60 Hz, 30 VA, 10 V ... 17 V DC, 3,8 A
Dimensions (W x H x D)	362 x 195 x 195 mm (option 19" plug-in, 6 HE)
Weight	10 kg
Operating temperature	-10 °C ... +50 °C
Storage temperature	-20 °C ... +60 °C



SFX 8-1000



SFX 32

Liite 3 1(3)

## SMART THUMP ST16 Portable Cable Fault Location System



- Delivers 1500 J at 8/16 kV
- 16-kV DC high voltage proof test and insulation resistance test
- Easy Go automatic test sequence to proof test, prelocate and pinpoint
- Interprets test results for user
- 5.7 in. transfective color display
- Safety / grounding check
- USB interface

### DESCRIPTION

The SMART THUMP ST16 Portable Cable Fault Locating System provides safe, efficient and extremely easy-to-use solutions for quickly identifying, prelocating and pinpointing various types of cable faults for power cables. The ST16 was developed to meet the requirements for typical low- and medium-voltage distribution cable fault location markets.

Circuit parameters include:

- System voltage up to 35 kV
- Insulation EPR or XLPE
- Typical conductor sizes between #2 and 500 MCM (34 mm<sup>2</sup> to 250 mm<sup>2</sup>)
- Typical circuit lengths from a few hundred feet (100 m) up to 3 miles (17,000 ft or 5,000 m)

Typical end users include: operations department of power utility companies, electrical departments within municipalities including street light maintenance, private network operators, high voltage electrical contractors, service companies, port authorities, mining, airports, military bases, petrochemical and paper companies.

The ST16 unit incorporates HDW's "E-Tray" technology, a concept that has been already proven in other products (EZ-Thump, EZ-Restore Overdrive, and TDR T3000) and which will be carried forward into new Megger products in the future.

The E-Tray adds the unique capability to access and operate every function through an innovative and intuitive user interface, without the need to make adjustments and the software suggesting the next logical step.

### APPLICATIONS

The SMART THUMP ST16 represents a new generation of advanced underground cable fault locating systems that require less training than a traditional thumper-only system. It is the only fault locator with built-in intelligence to interpret the results of the initial test sequence. The "turn & click" rotary button operation lets the user automatically proof test, pre-locate, and pinpoint the fault from one convenient control console. No adjustments are required. The unit automatically sets the thump voltage to minimize the stress applied to the cable. The ST16 features an automatic safety check to protect the user from incorrect or faulty ground connections (F-Ohm).

The heavy-duty wheels of the unit are ideal for use in rough terrain. The ST16 is capable of being permanently installed in a vehicle (truck mount version).

### FEATURES AND BENEFITS

This fully integrated system can be operated from either its internal battery/inverter, external 12 VDC, or 120/230 VAC. Additional features are:

- "Quick-Steps" is especially convenient where operators may not be called upon to use the equipment on a regular basis
- "Expert Mode" provides up to 20 individual TDR features to the experienced user for optimum fault locating results
- Custom configurable menus for the TDR function
- DC testing up to 16 kV with indication of insulation resistance value
- Rugged, powder coated IP54 designed enclosure
- Safe Op check protects user from incorrect or faulty and ground connections (F-Ohm)
- Easy Go operation eliminates lengthy training
- Quick access to all components in case of service

Lite 3 2(3)

**Megger.****SMART THUMP ST16**  
Portable Cable Fault Location System**SPECIFICATIONS****Impulse Generator (Thumper)****Operating modes:**

Arc Reflection Method (ARM®)	0-8/0-16 kV
ICE surge pulse (optional in North America), standard other countries	0-8/0-16 kV
Direct surge (Thumping)	0-8/0-16 kV
DC-HV proof test and resistance readout (Ω)	0-8/0-16 kV
Burning / Fault Conditioning	0-8/0-16 kV
Sheath fault test & pinpointing / Secondary Fault Locating (optional)	0-5/10 kV

**TDR**

TDR mode and all prelocation functions (25,000 ft, optional 100,000 ft)

**Energy Output**

Dual stage: 1500 J @ 8 kV and 16 kV  
 Proof test: 0 to 16 kV continuous  
 Burn current: 60 mA max

**Key Features**

Single-shot thump in ARM  
 Built-in inductive type ARM filter  
 8 second thump cycle @ max output  
 Automatic cable and system discharging

**Display Features**

Transflective TFT color display, sunlight proof  
 5.7 in., 640 x 470 pixel resolution

**Power Options**

120/230 V, 60/50 Hz ac operation  
 12 V deep cycle marine battery with internal dc charger/inverter (standard)

**SMART Features**

Entirely automatic test sequences includes proof test, prelocate, and pinpoint  
 Automatic interpretation regarding type of fault (i.e. open, burnt in the clear, short)  
 Automatic adjustment of thump voltage (uses selectable)  
 Automatic alphanumeric display of cable and fault distance

**USB**

Host interface 2.0  
 TDR trace export and system upgrades

**Mounting and Enclosure**

Mounted on heavy-duty wheels (14")  
 Rain tight powder coated enclosure IP54 (open)  
 (Also available as vehicle-mount unit)

**Digital "Analog" Meter**

Displayed on LCD screen

**Environmental**

Operating Temperature: -20C to +50C; -4F to +122F  
 Storage Temperature: -25C to +65C; -13F to +149F

**IP Rating**

IP54 (with top open)

**Weight**

518 lbs (134 kg) includes wheels, battery and inverter & 50 ft of HV / Ground Cable

**Dimensions**

20 x 46 x 24 in. (500 x 1170 x 600 mm) W x H x D

Liite 4 1(2)

## PORTABLE CABLE FAULT LOCATION SYSTEM

### SWG-12/1100R



#### MAIN FEATURES:

- Suitable for portable application
- Easy to operate
- Multiple fault location methods included
- 10.4" High-contrast color TDR display
- Improved convenience for operator
- Heavy duty

#### Application ◀

SWG-12/1100R portable cable fault location system is a complex solution for safe, fast and easy locating a faulty place on low and medium underground voltage cables. It includes a powerful high-voltage unit, which has a test, burn and surge generation modules, and a time-domain reflectometer for locating faults on cables.

#### ▶ Description

The high-voltage unit of the system provides with high-power up to 1100 Joules surges at 3, 6 and 12 kV ranges. At each range, the output voltage is smoothly adjustable. The rate of surge waves can be smoothly adjusted. The single manual shot option is also included. The DC output mode is provided

for quick fault diagnostics. The 100 mA burn mode is available.

Digital Impulse Reflectometer (TDR) provides you with 10.4-inch bright high-contrast TFT display with touchscreen. The 800×600 pixels resolution makes the picture sharp. The touchscreen allows an

## Liite 4 2(2)

# SWG-12/1100R

PORTABLE CABLE FAULT LOCATION SYSTEM

high voltage testing equipment **KEP**

operator navigate through the menu fast and easy. An alternative way of navigation is included. It is provided with a control knob.

RIF-9 integrates a multiple ways of fault prelocation. It can be used either as a standalone device in TDR mode or in a conjunction with

HV-module, working in arc reflection mode.

RIF-9 has USB interface. The package content includes software for PC (optional), which allows working with saved reflectograms. The firmware can be easily updated through USB interface by inserting a flash drive.

## ► Technical specifications

GENERAL parameter	Value
Supply voltage, V	230 ± 23
Supply voltage frequency, Hz	50 ± 1
Power consumption (max.), kVA	2.0
Dimensions, mm	1115×735×535
Net weight, kg	115
HV-module parameter	
<b>[⚡] TESTING MODE</b>	
Output DCV range, kV	0 – 12
Output DCI ranges, mA	1; 10
<b>[🔥] BURNING MODE</b>	
Output DCV range, kV	0 – 12
Output DCI ranges, mA	100
<b>[⚡] SURGE MODE</b>	
Ranges, kV	3; 6; 12
Surge rate, s	3 – 15 or single shot
Max. output energy, J	1100

TDR parameter	Value
Distance measurement ranges, m @ v/2 = 100 m/μs	60; 120; 250; 500; 1000; 2000; 5000; 10000; 20000; 50000; 120000
Resolution, m	0.5 @ v/2 = 100 m/μs 0.4 @ v/2 = 80 m/μs
Sampling rate, MHz	200
Gain, dB	-33 – 104
Output impedance (10 Ω steps), Ω	10 – 500
Propagation velocity (v/2), m/μs	50 – 150
Averaging reflectograms number, max	64
Time domain accuracy, % of FS	± 0.2
Pulse amplitude, V	45
Pulse width, ns	10 – 100000
Operation modes	TDR (reflection measurement) ARC (arc-reflection)
Control	Touchscreen and control knob
Connectivity	RS-485, USB
Internal data storage	4 Gb (not less than 1000 reflectograms with data)
Display	10.4", 800x600 TFT, touch-sensitive

## ► Contents

Component	Quantity
HV-module	1
TDR	1
User manuals	1
Connecting cables set (may vary on customer's demand)	6 m each

## Accessories ◀

Component	Quantity
LFG-50 Audio frequency generator	1
P-900 Surge wave locator set	1

KEP reserves right to make changes into specifications



## Liite 5 2(17)

**ESITIEDOT****KÄYTTÖOHJEEN LYHYTVERSIO**

Tämä ohje on lyhennetty versio alkuperäisestä ohjeesta. Jos tarvitset lisätietoja tai ohjeita käänny alkuperäisen käyttöohjeen tai maahantuojan puoleen.

Maahantuonti, myynti ja huolto:



Tuupakantie 32a  
01740 VANTAA  
p. 09-88664500  
e. [myynti@kontram.fi](mailto:myynti@kontram.fi)

**LYHENTEET**

AC	Vaihtosähkö
ART	ARC-läpilyönnin paikannustekniikka
Cu	Kupari
DC	Tasasähkö
DIN	Saksalainen standardi
EN	EU-Standardi
IEC	International Electrotechnical Commission
$I_{\text{surge}}$	Syöksyvirta
N	N-paluujohtin
PE	Suojamaa
$R_{\text{af}}$	Vikavastus
$R_{\text{es}}$	Maadoitusvastus keskuksen maadoituksessa
APR	Työtapaturman estämisen säädökset
VDE	Saksan sähkötekniikan järjestö

## 1. Mittalaite ja varusteet

- 1 P12I vianhakulaite
- HV korkeajännitteenkaapeli 5m
- Maadoituskaapeli 6m
- Syöttöjohdin 5m
- 1 tiedonsiirtokaapeli
- 1 CD InterFlexCOM
- 1 Käyttöohje

### Optiot

- Decay 20kV
- SCC 12kV (Surge Current Coupling)
- Poltto 12kV 1,5A
- Maavuoto/valppavian paikannus 12kV
- TDR LV 3-vaihe
- IFS (Intermittent Fault Scanning)
- Käryt

### Lisävarusteet

- Maamikrofoni
- Maavuodon paikannin Locator S



## Liite 5 5(17)

**Tekniset tiedot**

<b>Käyttömoodit</b>	
<b>DC-testi</b>	
Ulostulojännite	0 - 20 kV, säädettävä
Ulostulovirta	Ik = 250 mA
<b>DC-poltto</b>	
Ulostulovirta	0 - 250 mA resonanssi 500mA optio 1,5A
<b>Syöksy</b>	
Syöksyjännite	0 - 3 kV, 0 - 6 kV, 0 - 12 kV, säädettävä
Syöksyenergia	1000 Joulea ±15%
Aikasäätö	Säädettävä 3 - 10 sec Single shot -moodi
<b>ART-esipaikannus</b>	
Syöksyjännite	0 - 3 kV, 0 - 6 kV, 0 - 12 kV säädettävä
Syöksyenergia	1000 Joulea ±15%
Aikasäätö	Single shot moodi
<b>Vaippavianpaikannus</b>	
Ulostulojännite	0 - 12 kV säädettävä jakso 1:3, 1:6, 3:1 tai 6:1

## Liite 5 6(17)

Lisäominaisuudet	
<b>Kontrolleri</b>	
Maadoitusvastus	Korkeajännitteen katkaisu Kun $R > 10 \Omega \pm 2 \Omega$ Korkeajännite toiminnassa kun $R < 7.5 \pm 2 \Omega$
Vaarallinen jännite	Korkeajännitteen katkaisu $U > 50 \text{ V}$ tai kun $U \times t > 1 \text{ Vs}$
Syöttöjännitteen valvonta	Jännitealue 195 VAC - 255 VAC
<b>Vikatutka (TDR)</b>	
TDR mittausalue	
V/2 = 50, 100, 149 mV/μs	0 m to 120, 260, 300 km
Pulssin leveys	50 ns, 100 ns, 200 ns, 500 ns, 1 μs, 2 μs, 5 μs, 10 μs
Pulssin suuruus	25 V, 45 V, 60 V, 85 V, 110 V, 130 V, 150 V, 170 V
Kellotaajuus	100 MHz
Etenemisnopeus	V/2 = 40 mV/μs - 149 mV/μs
Näyttö	VGA Colour TFT LC-Display, 10,4"
Mittausnopeus	≥ 2 images / s
Muisti	>1000
<b>Tallennus (Archiving)</b>	
Liitäntä	USB-väylä
Data	TDR, IFS, ART, SCC, Decay
PC-ohjelma	Siirto PC -> System, System -> PC, Mittaus tulosten tarkastelu

## Liite 5 7(17)

Syöttö	
Käyttöjännite	230 V +10% -15%, 50 / 60 Hz
Kuorma	1000 VA
Ympäristö	
Käyttölämpötila	• 10 ° C • +50 ° C
Säilytyslämpötilä	• 20 ° C • +60 ° C
Ilmankosteus	90 % at 30 °C
Suojausluokka	IP 54
Laitetiedot	
Mitat	430 x 516 x 875 mm
Paino	n. 85 kg

## Liite 5 8(17)

**Mittalaite**

Laitetta ohjataan tutkalaitteen ruudulta, joko kiinteästi asennetulla tai kaukokäyttöisenä. Tiedonsiirto CAN-väylää pitkin.



Kuva 2. Intercable P121

1 Käyttöliittymä/tutkalaite  
3 Generaattori

2 Tehonsyöttö

## Liite 5 9(17)

## P12i Kytännät

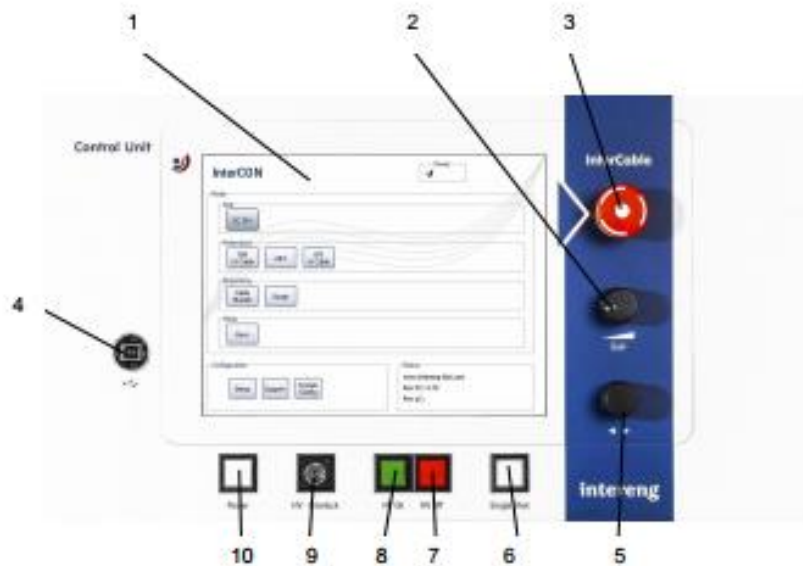


Kuva 3. Liitännät

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1 Häätösis-painikkeen liitin (optio)       | 7 Laitemaadoitus      |
| 2 Lisätutkan-liitin (TDR)<br>(optional)    | 8 Korkeajännitelaitin |
| 3 CAN-väylä (optio)                        |                       |
| 4 Sähkönsyöttö lisälaitteille (optio)      |                       |
| 5 Syöttöjännite ja pääkytkin ON/OFF        |                       |
| 6 FUJEP maadoituksen valvonta<br>(maapikk) |                       |

## Liite 5 10(17)

## P12i käyttöliittymä



Kuva 3. Käyttöliittymä

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1 TFT display                 | 2 Vahvistuksen säätö "Gain"  |
| 3 Häätäseis                   | 4 USB                        |
| 5 Kiertokytkin "< >"          | 6 Kertalaukaus „Single Shot" |
| 7 "HV Off" korkeajännite pois | 8 Korkeajännite päälle       |
| 9 Avainkytkin                 | 10 Käyttöjännite „Power"     |

## Liite 5 11(17)

## Käyttöliittymä



**DC:** Tasajännitetesti. Max 20kV. Testiaika valittavissa vapaasti. Valitse maksimijännite, valitse testiaika ja aloita mittaus. Säädä kiertokytkimestä haluttu testijännite.

**TDR:** Vikatutkaus. Tutkaus ilman korkeajännitesyöttöä. PieniOhmiset viat (katkokset, jatkot, oikosulut vaiheiden välillä (tai vaiheen ja vaipan välillä) näkyvät ruudulla.

**ART:** Vikatutkaus korkeajännitteen kanssa. SuurOhmisten (yli 100kOhmia) esipaikannus. Tutkaus kertoo missä vikapaikka on.

**CABLE SEATH:** Maavuodonpaikannus (maavuoto). Laite syöttää vaipan (tai vaihejohtimen) ja maan väliin askeljäännitettä. Vikapaikka paikannetaan vaippavianhakulaitteen maapiikeillä maastosta. Valitse jännitteen askelten nopeus esim 1/3 ja valitse jännite.

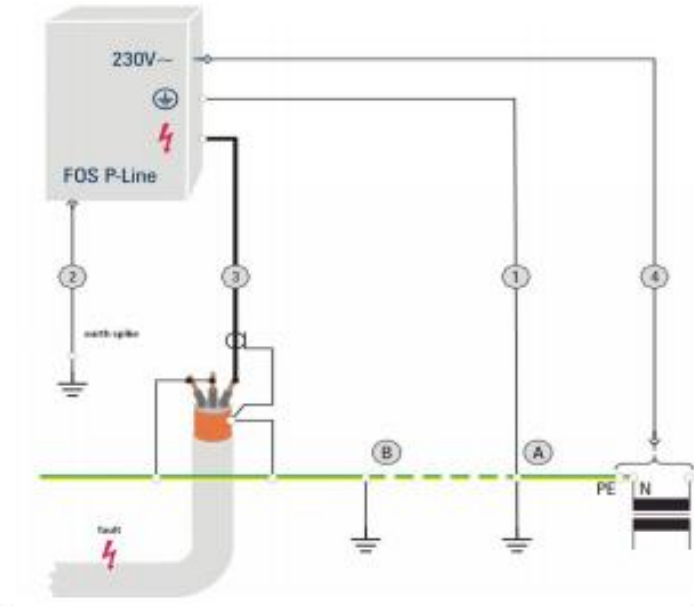
**SURGE:** Jatkuva syöksyaalto. Vaihejohtimien väliset viat (tai vaiheen ja vaipan välillä). Valitse läpilyöntijännite (vähän suurempi kuin DC-testauksessa löydetty läpilyöntijännite). Valitse aika jolloin syöksyaalto lähetetään esim 4s. Maastopaikannus maamikrofonilla.

**BURN:** Polttotoiminto. Jatkuva virransyöttö. Voidaan rajoittaa jännite tai virta. Tällä voidaan polttaa vikaa suuremmaksi jotta se on helpompi löytää muilla keinoin (CABLE SEATH tai SURGE)

**USB-väylä:** tallennettujen tietojen siirto PC:lle. InterFlex PC-ohjelmalla.

## Liite 5 12(17)

## Laitteen kytkentä ja maadoitukset



Kuva 4. Kytkentä vaiheen ja väljän välillisten vikojen etsinnässä.

## Liite 5 13(17)

## DC20kV Tasajännitetesti



Kuva 5. DC-testin näkymä

Unom: käytettävä testijännite, valinta kun korkeajännite on käynnistetty vihreästä painikkeesta.

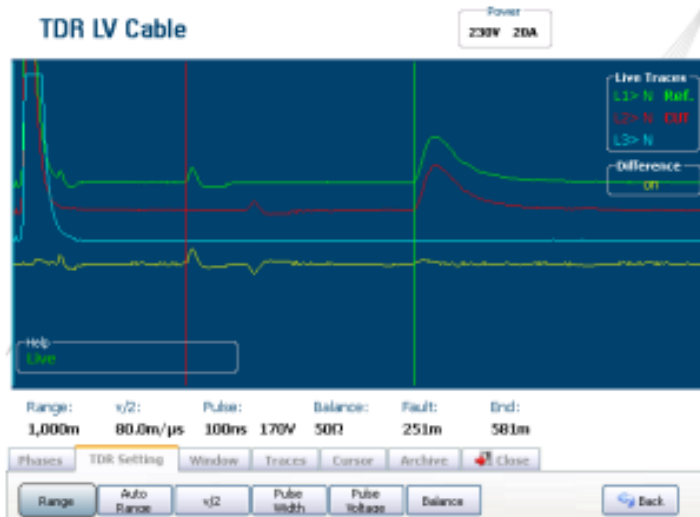
Umax: jännitteen rajoitus

Imax: vuotovirran rajoitus (suoja kaapelia kun läpilyönti tapahtuu)

Testtime: testiaika

## Liite 5 14(17)

## TDR-tutkaus ilman syöksyaaltoa



Kuva 6. TDR-tutkaus

Range: ruudulla näkyvä alue (säädä kaapelin pituuden mukaan)

Auto range: laite pyrkii automaattisesti mittamaan kaapelin pituuden

w/2: tutkasignaalin etenemisnopeus kaapelissa, Kuparille noin 82m/µs. Alumiinille noin 100m/µs.

Pulse Width: pulssin leveys (säädetään pidemmäksi jos kaapeli on useita kilometerejä pitkä jotta signaali jaksaa mennä päähän asti)

Pulse Voltage: lähetetyn tutkasignaalin jännite. (sama kuin edellä.)

Balanse: kytkentäpisteen säätö. Jos signaalin alkupäässä on suuri heijastuma voidaan muuttaa kytkentäpisteen impedanssia (harvoin tarvitsee muuttaa).

Cursor: näytöllä näkyvien pystypalkkien siirtäminen.

Archive: mittaustulosten tallennus. Mittaustulosten katseluun PC-ohjelma mukana.

Close: Poistu mittauksesta.

## Liite 5 15(17)

## ART Tutkaus ja syöksyaalto (esipaikannus)



Kuva 7. ART-tutkaus ja syöksyaalto

Healthy Trace: tutkaus ilam syöksyaaltoa kuten edellisessa kohdassa (TDR)

Weak Trace: vikatutkaus syöksyaallon kanssa samaan aikaan. (vian esipaikannus, alaspäin oleva kuoppa kuvaajassa)

Unom: jännitteen valinta

Level: syöksyaalto

Trigger delay: aika jonka jälkeen tutkaustehdään syöksyaallon jälkeen.

## Liite 5 16(17)

**Sheath fault- Vaippavika (maavuoto)**

Kytikentä: Korkeajännitemittapää kaapelin vaippaa ja toinen (paluujohdin) maapiikkiin.



Kuva 8. Maavuodon paikannus

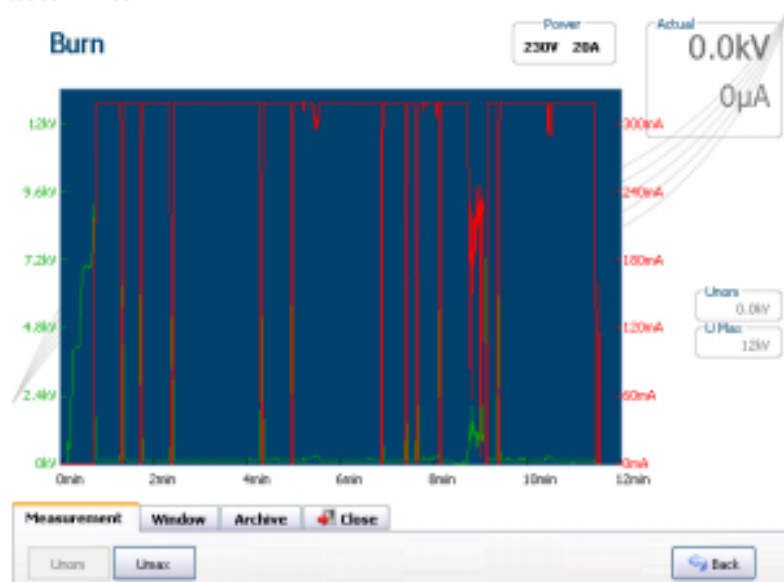
Unom: vaippavian paikannuspulssin jännite (säädetään sen mukaan että virtaa kulkee vikapaikasta maahan, mitä suurempi virta kulkee sen helpompi vikapaikka on löytää maastosta)

Umax: jännitteen rajoitus

Ratio: Askeljännitteen taajuus (kuinka usein pulssi lähtee, esim. 1:3)

## Liite 5 17(17)

## Burn- Polttotoiminto



Kuva 9 Polttotoiminto

U<sub>nom</sub>: syötetty jännite, portaaton säätö kiertokytkimestä.

U<sub>max</sub>: jännitteen rajoitus, huom. virtaa ei ole rajoitettu.