

MAADOITUSVASTUKSEN SEKÄ MAAPERÄN
RESISTIIVISYYDEN MITTAUS

**Maadoitusvastuksen
mittausopas**

Maadoitusvastuksen mittaus

Hyvä maadoitus on sähköturvallisuuden perustekijä sekä kotitalouksien että teollisuuden sähköistyksessä. Ellei maadoitus ole kunnossa altistetaan sekä henkilöturvallisuus että sähkölaitteet ja muu omaisuus vaaratilanteille.

Yksittäinen maadoitin ei kuitenkaan riitä takaamaan turvallisuutta. Ainoastaan säännöllisesti tehdyt tarkastukset takaavat sähköasennusten asianmukaisen toimivuuden.

On olemassa eri menetelmiä maadoitusten kunnan tarkastamiseen, riippuen asennusjärjestelmästä, nolausjärjestelmästä sekä itse sähköverkosta (kotitalous, teollisuus, kaupunkiverkosto jne.). Tarkistustavan valintaan vaikuttaa myös se, voidaanko työskennellä jännitteettömässä verkossa, jne.

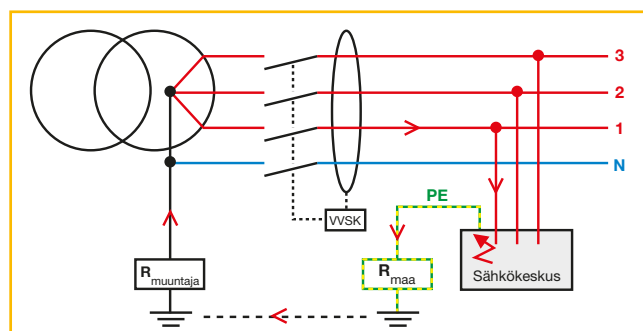
Mikä tekee maadoituksesta välttämätöntä?

Maadoitus tarkoittaa maadoituselektrodin ja tarkastellussa sähköverkon pisteessä olevan sähkölaitteen tai virtapiirin välistä kytkentää. Maadoituselektrodi on johtava osa (materiaali), joka asetetaan maahan tai toiseen johtavaan materiaaliin, jolla on sähköinen yhteys maahan.

Maadoitus muodostuu siten, että kaapeloidaan maadoituselektrodi ja sellaiset kosketeltavissa, johtavaa metallia olevat metallialustat, jotka voivat tulla jännitteellisiksi sähkölaitteistossa tapahtuvan eristysvian vuoksi. Näin ollen ihmisille ei aiheudu vaaraa, sillä vikavirta johtuu maahan. Jos maadoitus puuttuu, voi kohteeseen koskeva ihminen altistua hengenvaaralliselle sähköiskulle.

Käytettäessä vikavirtasuojakytkintä (vvs) kytkeytyy vioittunut piiri automaattisesti pois päältä vaaratilanteiden ehkäisemiseksi. Siten kunnollinen maadoitus suojaa sekä ihmisiä että sähkölaitteistoja esimerkiksi vikavirroilta ja salamaniskuilta.

Esim. Jos kuormituksen eristys on virheellinen, johtuu vikavirta maahan suojajohtimen (PE) kautta. Vikavirtasuojakytkin varmistaa sen, että kohde kytkeytyy pois päältä vikavirran ylittäessä sallitun turvarajan.



Minkä suuruinen maadoitusvastuksen tulee olla?

Ennen maadoitusvastuksen mittauksia, tulee määrittää asennuksessa hyväksyttävä korkein maadoitusvastuksen arvo. Tämä arvo riippuu asennuksen, itse laitoksen ja sähköverkon luonteesta, sekä sijaintimaan voimassa olevista säädöksistä. Siksi on tärkeää etukäteen varmistua määräyksistä, jotka liittyvät testattavaan kohteeseen. **Esimerkkinä TT-järjestelmä > TN-järjestelmä**

Turvallisen sähköistuksen takaamiseksi, tulee sähköasennus varustaa suojauksella, mikä aktivoituu havaittuaan raja-arvon ylittäviä jännitteitä suojattavassa piirissä. Tutkimukset osoittavat, että suurin jännitearvo kuivissa tiloissa ihmiselle saa olla 50 VAC. Kyseinen kosketusjännitteen arvo on alempi kosteissa tiloissa, kuten kylpyhuoneissa (25 V).

Esimerkkinä teollisuustiloissa sijaitsevaan maadoitukseen kytketylle vikavirtasuojakytkimelle sallitaan jopa 500 mA:n virta.

Ohmin lain mukaisesti:

$$U = RI$$

Tässä tapauksessa:

$$R = 50 \text{ V} / 0.5 \text{ A} = 100 \Omega$$

Maadoitusvastuksen tulee näin ollen olla pienempi kuin 100 Ω , jotta voidaan olla varmoja käyttöturvallisuuden tasosta.

Yllä oleva laskelma osoittaa sen, että maadoitusvastus on riippuvainen sähköasennusta suojaavan vikavirtasuojakytkimen virrasta.

Maadoituselektrodin maksimaalinen vastus VVSK:n nimellisvirralla

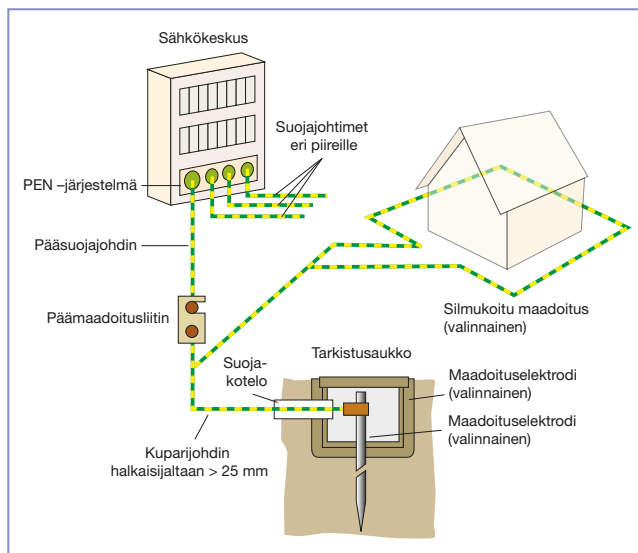
Max. VVSK:n nimellisvirta (IΔn)		Maadoituselektrodin max. vastus suojamaahan kytkemiseksi (Ohm)
Alhainen herkkyys	20 A	2.5
	10 A	5
	5 A	10
	3 A	17
Keskiherkkyys	1 A	50
	500 mA	100
	300 mA	167
	100 mA	500
Korkea herkkyys	≤ 30 mA	> 500

Mistä maadoitus koostuu?

Maadoitus

On olemassa erilaisia tapoja muodostaa toimiva maadoitus. Asennustapaan vaikuttaa itse maan normit ja määräykset sekä järjestelmän tai asennuksen laatu. Maadoituselektrodi voi koostua mm.:

- maanalaisesta maadoitussilmukasta
- kuparilangasta tai -köydestä
- teräsnauhasta, -langasta tai -tangosta
- maanalaisista metalliputkista (esim. vanhat vesijohtoputket), jotka on useimmiten upotettu maahan, rakennuksen perusteiden alle (esim. betoniin).

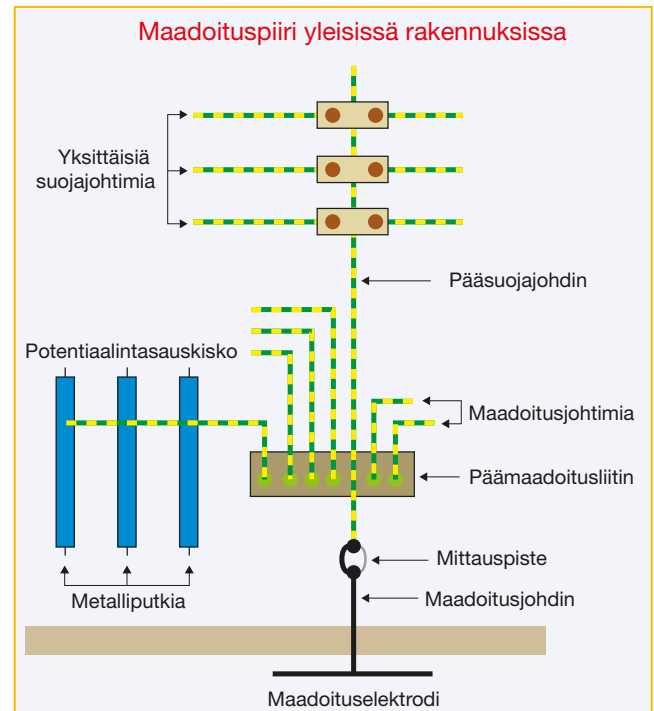


Maadoitustyyppistä riippumatta on tärkeää, että maadoittimen ja maan välinen yhteys on hyvä, jotta vuotovirrat johtuvat turvallisesti maahan. Maadoituksen laatuun vaikuttaa pääasiassa kolme asiaa:

- maadoituselektrodin tyyppi
- maadoitusliitännät
- maaperän laatu sekä vastus, jonka vuoksi on tärkeä mitata maan resistiivisyys ennen maadoituselektrodin asentamista.

Muita vaikuttavia tekijöitä

Rakennuksen koko maadoitusjärjestelmä on kytketty maadoittimeen. Maadoitusjärjestelmä koostuu tavallisesti seuraavista tekijöistä: maadoituselektrodista, mittausliitäntä osasta, maadoitusjohtimesta ja potentiaalintasauskiskosta.



Maaperän resistiivisyys

Maaperän resistiivisyys (ρ) ilmaistaan muodossa Ω/metri . Kyseinen arvo on teoreettinen vastus Ω :ssa maasylinterille, jonka poikkipinta-ala on 1 m^2 ja pituus 1 m . Mittaamalla kuutio saadaan selville kuinka hyvin maaperä johtaa sähköä. Siten, mitä alhaisempi on maaperän resistiivisyys, sitä pienempi maadoituselektrodi tarvitaan kyseiselle paikalle.

Resistiivisyys vaihtelee merkittävästi alueesta ja maaperän koostumuksesta johtuen, sillä siihen vaikuttaa kosteus ja lämpötila (kylmyys ja maan jäätyminen kasvattavat sitä).

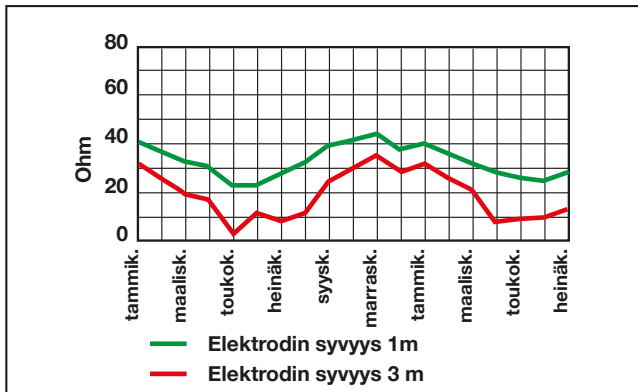
Saadut mittausarvot vaihtelevat näin ollen vuoden-aikojen ja muiden ympäristöolosuhteiden mukaan.

Mitä muuttumattomampia lämpötila- ja kosteusolosuhteet ovat ja mitä syvemmälle maadoitus sijoitetaan, sitä vähemmän maadoitusjärjestely on herkkä ympäristövaikutuksille.

On suositeltavaa sijoittaa maadoitus aina mahdollisimman syvälle maahan.

Maadoitusvastuksen mittausopas

Alla oleva kuva havainnollistaa maadoitusvastusarvojen vaihtelua eri vuodenaikoina (elektrodi sijoitettu na savihiekkamaahan).



Eri maaperien tyypillisiä resistiivisyysarvoja

Maalaji	Vastus Ωm
Suo	2...30
Savimaa	20...100
Viljelymaa	10...150
Kalkkikivi	30...40
Saven sekainen hiekka	50...500
Kvartsihiekk	200...3000
Kivinen maasto	1500...3000
Ruohoisa kivimaasto	300...500
Pehmeä kalkkikivi	100...300
Murskattu kalkkikivi	500...1000
Liuskekivi	800
Murskattu graniitti ja hiekkakivi	1500...10000
Graniitti ja hiekkakivi	10000...60000

Miksi on hyvä mitata maaperän resistiivisyys?

Mittauksella selvitetään:

- Maadoituselektrodin malli ja upotuskohta.
- Maadoitusjärjestelmän laajuus.
- Syntyvien kustannusten optimointi ja tarvittavan maadoituksen laajuuden nopea arviointi.

Näistä syistä mittauksia tehdään myös muuntajien ja jakeluasemien uudisasennuskohteissa, joissa maaperän laadulla on suuri merkitys maadoituselektrodin asennusta ajatellen.

Menetelmiä resistiivisyyden mittaamiseen

Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen on olemassa eri menetelmiä, joista kaksi käytetyintä "4-elektrodi"-menetelmää ovat:

- **WENNER** -menetelmä mittauksiin, joissa käytetään vain yhtä syvyyttä.
- **SCHLUMBERGER** -menetelmä mittauksiin, joissa käytetään useampia syvyyksiä.

Wenner -menetelmä (yleisin)

Mittausperiaate

Neljä apuelektrodia upotetaan maahan samaan linjaan, tasaisin välein "a" (kts. kuva). Mittalaite (G) syöttää mittausvirran kahden uloimman elektrodin (E ja H) välille. Jännite ΔV mitataan jännitemittarilla (V) sisäelektrodien (S ja ES) väliltä.

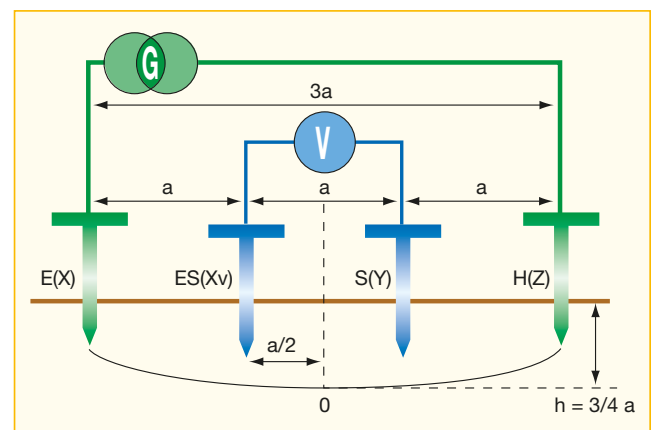
Mittausmenetelmässä käytetään 4 -johdin maadoitusvastustesteriä, joka syöttää mittausvirran ja mittaa ΔV -arvon.

Maadoitusvastusarvoa **R** voidaan käyttää maaperän resistiivisyyden määrittämiseen seuraavan kaavan avulla:

$$\rho = 2 \pi a R$$

Jossa:

ρ on maaperän vastus Ω/metri 0-pisteessä, syvyydessä $h = 3a / 4$, jossa **a** on mittausmatka metreissä ja **R** (Ω) on testeristä saatu vastusarvo. Tässä mittauksessa suositellaan "a":n etäisyydeksi vähintään 4 m.



Apuelektrodien nimitykset E, ES, S ja H (suluissa vanhat X, Xv, Y ja Z).

Schlumberg -menetelmä

Mittausperiaate

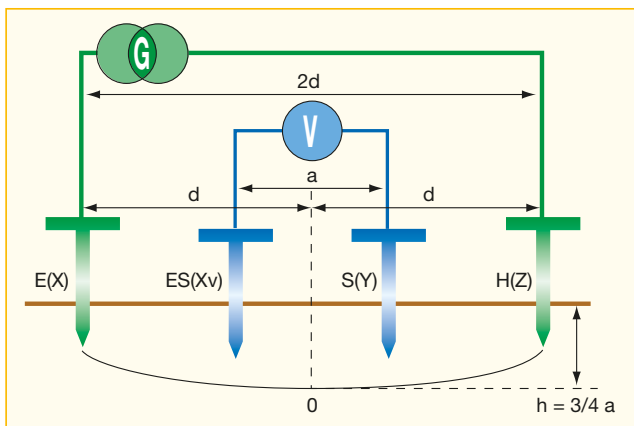
Schlumberg -menetelmä on hyvin samankaltainen kuin Wenner -menetelmä. Ainoa ero liittyy apuelektrodien sijoitteluun:

- kahden uloimman elektrodin välimatka on $2d$
- kahden sisemmän elektrodin välimatka on A

ja testerillä vastussaatua R voidaan käyttää maaperän resistiivisyyden määrittämiseen seuraavan kaavan avulla:

$$\rho_S = (\pi(d^2 - A^2/4) \cdot R_{S-ES}) / 4$$

Menetelmä on aikaa säästävä varsinkin jos tehtävänä on useita resistiivisyydsmittauksia maan geologisen profiilin määrittämiseksi. Aikaa säästyy, kun ainoastaan kahta ulointa elektrodia tarvitsee siirtää. Wenner menetelmässä kaikkia 4 elektrodia on siirrettävä.



Vaikka Schlumberg -menetelmä säästää aikaa on Wenner -menetelmä tunnetumpi ja laajemmin käytetty. Laskukaava on myös yksinkertaisempi. Useat Chauvin-Arnouxin maadoitusvastustestereistä sisältävät molemmat laskukaavat maaperän resistiivisyyden välittömään laskemiseen.

Jo olemassa olevan maadoituksen vastuksenmittausmenetelmiä

Eri menetelmät:

Aikaisemmin esitettyjä, maaperän resistiivisyyden mittausmenetelmiä käytetään uuden maadoitusjärjestelmän asennuksen yhteydessä. Jo olemassa olevien maadoitusten resistiivisyyden tarkastuksessa käytetään menetelmiä, joilla varmistetaan maadoituksen määräystenmukaisuus sekä rakenteiden,

että maadoitusvastusarvon suhteen. Käytettävänä on useita eri mittausmenetelmiä. Mittausmenetelmää valittaessa kannattaa ottaa huomioon, voidaanko;

- tarkastus suorittaa jännitteettömänä?
- voidaanko maadoituselektrodi irrottaa ja onko elektrodin ainoa maadoitus vai kytketty muihin?
- mitä mittauksia edellytetään ja missä olosuhteissa mittaukset tehdään (esim. taajama, maasto)?

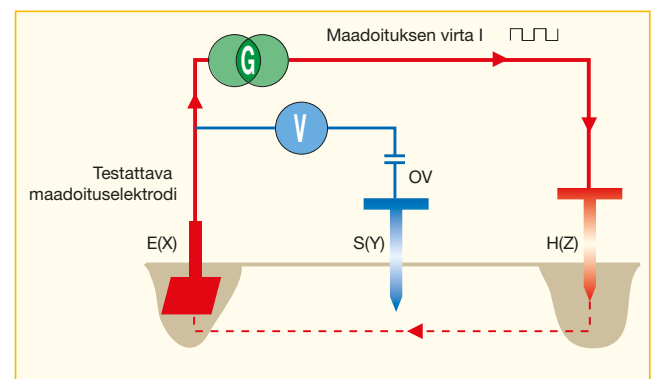
Maadoitusvastusmittaus yhden elektrodin asennuksessa

On tärkeää pitää mielessä, että maadoitusvastustestaus suoritetaan kahden apuelektrodin avulla. Tähän menetelmään viitataan kaikissa testausstandardeissa ja sillä voidaan mitata maadoitusvastus tarkasti ja turvallisesti.

Mittauksessa maadoitusvastustesterin generaattori G syöttää vaihtovirtaa (i) apuelektrodin H kautta ja edelleen maaperää pitkin maadoituselektrodille E .

Jännite V mitataan E -elektrodin ja maan nolla-potentialikohtaan sijoitetun apuelektrodin (S) väliltä. Vastus voidaan näin ollen määrittää jakamalla mitattu jännite syötetyllä vakiovirralla (i) alla olevan kaavan mukaisesti:

$$R_E = U_{ES} / I_{EH}$$



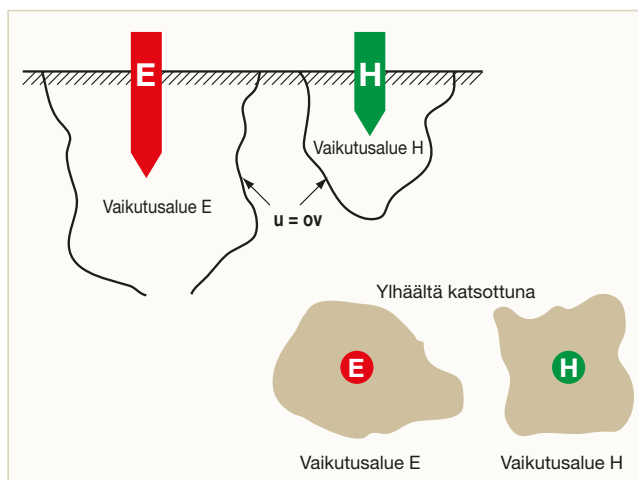
Tärkeää:

Vikavirta kulkee ensin maadoituksen kontaktivastusten läpi. Kun siirrytään etäämmäs elektrodista rinnakkais-ten kytkeytymisteiden (vastusten) määrä lähestyy ääretöntä, josta seuraa että ekvivalenttinen vastusarvo lähenee nollaa. Raajaetäisyyden ulkopuolella, riippumatta virran arvosta, potentiaali on nolla. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen maadoituselektrodin ympärillä on vaikutusalue, jonka muotoa ja kokoa ei tunneta.

Mittauksissa on varmistettava, että apuelektrodi S (0 V potentiaalelektrodi) sijaitsee sen vaikutusalueen ulkopuolella, jonka läpi mittausvirta (i) kulkee.

Maadoitusvastuksen mittausopas

Alla oleva kuva havainnollistaa maadoittimien vaikutuksesta syntyneitä vaikutusalueita.



Koska virran määrä riippuu maaperän resistiivisyydestä, voi vaikutusalueen välttäminen näin ollen olla vaikeaa. Paras tapa mittauksen varmistamiseksi on siirtää S-elektrodi ja toistaa mittaus, jolloin sama mittaustulos varmistaa onnistumisen.

3 -napamenetelmä (62 %:n -menetelmä)

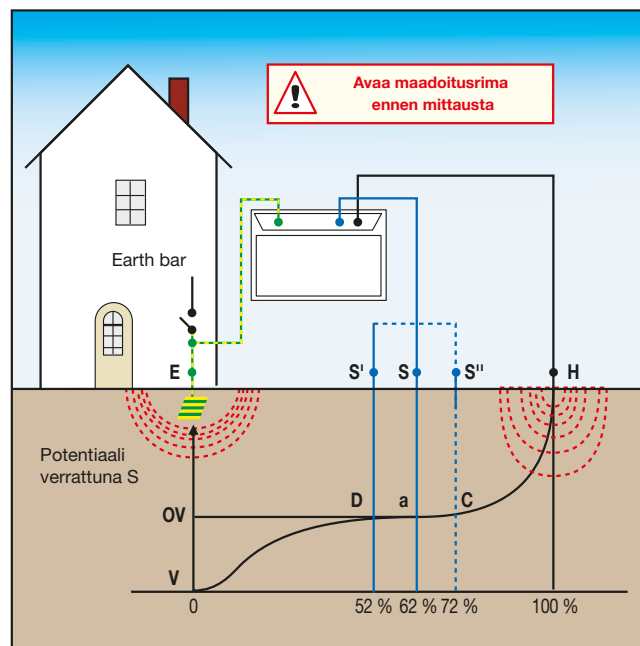
Tämä menetelmä vaatii kahden apuelektrodin käyttöä virransyöttöön ja 0 V:n potentiaalin muodostamiseen. Apuelektrodien oikeanlainen asennointi suhteessa mitattavaan maadoitukseen E (X) on tärkeää.

Oikeiden mittausarvojen saamiseksi, on tärkeää että "0 V potentiaalin apuelektrodi" ei aseteta E ja H -elektrodien välisen virran (i) vaikutusalueelle.

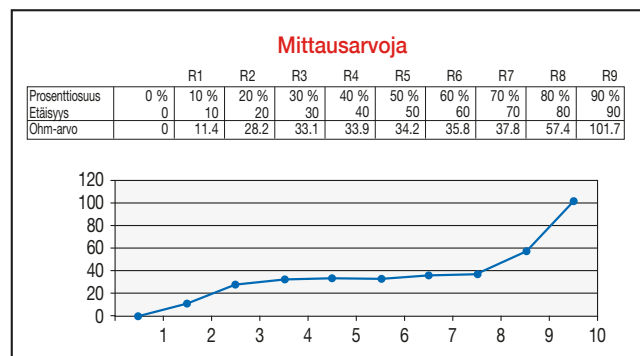
Kenttäkokemusten perusteella on havaittu, että paras menetelmä hyvälle mittaustarkkuudelle saavutetaan asettamalla S elektrodi 62 %:n etäisyydelle E:stä, kohti suoraan linjaa E-H vastaan.

Tällöin tulee varmistaa, että mittaustulos ei muutu tai muuttuu hieman, kun apuelektrodi S siirretään $\pm 10\%$ (S' ja S'') puolelta toiselle linjalla EH.

Jos mittaustulos vaihtelee, tarkoittaa se sitä että S sijaitsee vaikutusalueen sisäpuolella, jolloin etäisyyttä pitää lisätä ja toistaa mittaukset.



Esimerkkinä: Mittaukset tehtynä eri etäisyyksillä R1...R2, 10...90 % etäisyydeltä SH:sta.



Kolmiomittausmenetelmä (kahdella apuelektrodilla)

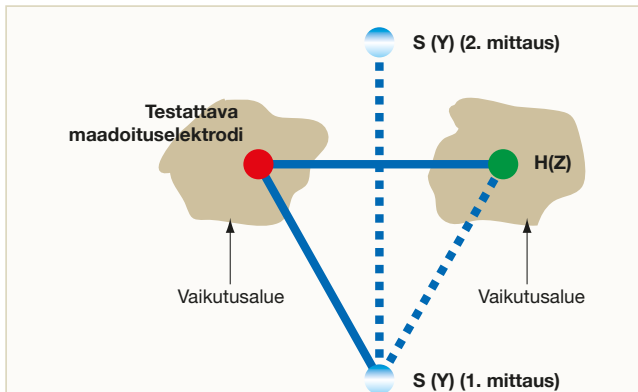
Tässä menetelmässä käytetään kahta apuelektrodiä. Kyseistä menetelmää käytetään, ellei "62%:n menetelmää" voida käyttää (elektrodien asettaminen ei ole mahdollista).

Toteutus:

- Asetetaan apuelektrodit S ja H siten, että maadoituselektrodi E ja elektrodit S ja H muodostavat yhdessä tasasivuisen kolmion.
- Suoritetaan ensimmäinen mittaus S:n sijainnin yhdellä puolella ja toinen mittaus S:n sijaitessa toisella puolella (alla olevan kuvan mukaisesti).

Jos huomataan, että mittausarvot poikkeavat merkittävästi johtuu se siitä, että S sijaitsee maadoituselektrodin vaikutusalueella. Apuelektrodiä tulee tällöin siirtää ja mittaus uusia. Muutaman prosentin eroavaisuus mittaustulosten välillä on sallittu. Vaikka päästäisiin samoihin mittaustuloksiin molemmilla mittauskerroilla, voivat tulokset silti olla epäluotettavia (johtuen vaikutusalueen laajuudesta).

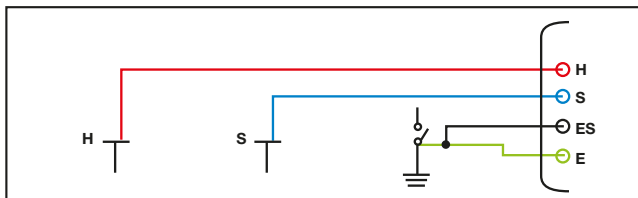
Toistamalla mittaus mittausväliä pidentämällä varmistetaan oikeiden mittauksien saavuttaminen.



4 -napamenetelmä

Menetelmä on perusteiltaan samankaltainen 3-napa mittaukseen nähden. Se sisältää lisäkytkennän mitattavan maan ja mittalaitteen välillä.

Menettely antaa n. 10 kertaa paremman erottelutarkkuuden kuin 3-napa menetelmä, josta seuraa että mittausjohtojen vastusta ei tarvitse ottaa huomioon. Kyseistä toimintaa on kätevä käyttää tilanteissa, joissa mitataan hyvin alhaisia maadoitusvastusarvoja. Ominaisuudella on erityistä tarvetta sähköjakelu ja -tuotanto sovelluksissa, joissa maadoitusvastukset ovat vain muutamien Ohmien luokkaa.



HUOM: maadoitusriman avaaminen

3- ja 4-napa maadoitusmittausten etu on se, että ne voidaan suorittaa jännitteettömille asennuksille, joten maadoitustestaukset voidaan suorittaa vaikka kohdetta ei ole liitetty sähköverkkoon.

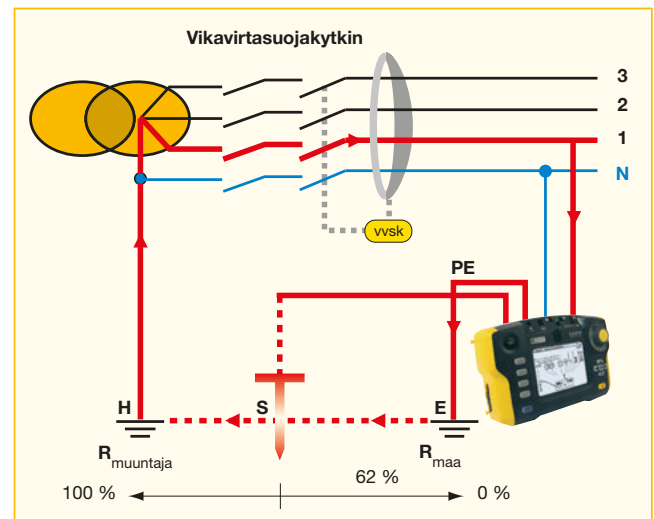
Tällöin potentiaalintasauskiskosta voidaan irrottaa maadoituselektrodi mittausta varten, jotta voidaan varmistua todella po. maadoitusvastuksen arvo. Muutoin maadoitusvastus koostuisi potentiaalintasaukseen liitettyjen, esimerkiksi vesijohto- tai kaasuputkien yms. yhteisvaikutuksesta. Maadoitusvastuksen mittaus avaamattomalla maadoitusrimalla voi aiheuttaa virheellisiä mittauksia. Mittauksien arvot voivat myöhemmin ilmetä epätavallisen korkeina mikäli esimerkiksi metallinen johdin vaihdetaan eristävään materiaaliin. Maadoitusvastuksen mittaus tulee aina tehdä avonaisella maadoitusrimalla oikeiden mittauksien saamiseksi epävarmoissa tilanteissa.

Δ Irrota maadoituselektrodi vain jännitteettömästä verkosta!

Muunneltu 62 %:n menetelmä (yhdellä apuelektrodilla)

(Ainoastaan TT - tai IT -järjestelmille)

Tämä menetelmä ei vaadi maadoitusriman avaamista ja siinä käytetään ainoastaan yhtä maadoitussauvaa (S). Jakelumuntajan maadoitusjärjestelmä toimii apuelektrodina (H), PE-johdin ylimääräisenä suojamaana ja E apuelektrodina.



Mittausmenetelmä on sama kuin normaalissa 62 % menetelmässä. Apuelektrodi S asetetaan niin, että E:n ja S:n välinen etäisyys on 62 % kokonaisvälimatkasta (E:n ja H:n välinen etäisyys).

Apuelektrodi S tulee tämän tuloksena olemaan neutraalissa "0 V:n maavyöhykkeellä". Maadoitusvastuksen arvo saadaan jakamalla mitattu jännite syötetyllä virralla.

Erot tavalliseen 62 % menetelmään nähden:

- Mittausjännite saadaan verkkojännitteestä paristojen sijaan.
- Mittaukseen tarvitaan yksi apuelektrodi (S), mikä nopeuttaa mittauksen tekoa.
- Maadoitusta ei tarvitse irrottaa rakennuksen maadoituskiskosta mittauksen ajaksi. Näin säästyy aikaa ja tekee menetelmästä turvallisemman.

Vaihe-PE silmukkamittaus

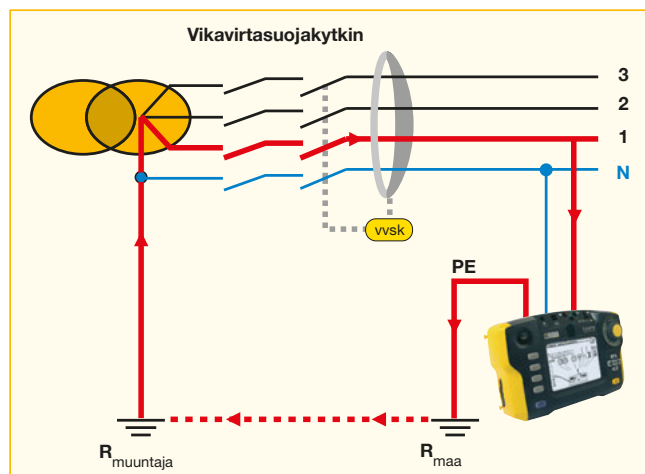
(Ainoastaan TT -järjestelmille)

Kaupunkiverkostojen maadoitusvastuksen mittaus on usein vaikeaa apuelektrodia käyttävillä menetelmillä sillä yleensä on mahdotonta asettaa sauvat maaperään johtuen päällysteistä, betonirakennelmat, jne. Näin ollen standardeissa on esitetty, että sähköisten asennusten silmukkaimpedanssimittaus sallitaan koh-teissa, joissa apuelektrodien käyttö on mahdotonta.

Maadoitusvastuksen mittausopas

Silmukkaimpedanssimittausmenetelmää voidaan näin ollen käyttää maadoitusvastuksen mittaamiseen kaukunkiverkostoissa ilman apuelektrodeja. Mittaus suoritetaan yksinkertaisesti verkkopistokkeen kautta.

Näin suoritettu silmukkaimpedanssimittaus sisältää maadoitusvastukseen summautuvana muuntajan sisäisen vastuksen ja mittauspiirin kaapeliin vastuksen. Koska summautuvat vastukset ovat pieniä, edustaa mittaustulos maadoitusvastusta.



Maadoitusvastuksen todellinen arvo on siksi mitattua arvoa pienempi:

$R_{\text{mitattu}} > R_{\text{maadoitus}}$

HUOM: Silmukkaimpedanssia voidaan käyttää oikosulkuvirran määrittämiseen johdonsuojalaitetta valittaessa (TN tai IT -järjestelmissä).

Maadoitusvastuksen mittaukset useamman rinnakkaisen maadoitusjärjestelmän järjestelmissä

Joissakin sähköasennuksissa käytetään jaettua maadoitusta rinnan, erityisesti silloin kun maadoitus "toimitetaan" käyttäjälle sähkön jakelijalta. Lisäksi silloin kun kohteessa on paljon herkkiä elektroniikkalaitteita, tarjoaa yhteen kytkettyjen maadoitusten verkko todella hyvän ja yhtenäisen maadoitusalan. Selektiiviset maadoitusvastusmittaukset tämän tyyppisissä asennuksissa auttavat turvallisuuden optimointia ja nopeuttavat testauksia.

Kaikkia tähän asti läpikäytyjä maadoitusvastuksen mittaamenetelmiä voidaan käyttää yksittäisen maadoituksen mittaamiseen. Jos maadoitus koostuu useasta rinnakkaismaadoituksesta, on yksittäisen maadoittimen eristäminen sekä mittaus lähes mahdotonta. Tällaisissa tapauksissa mitataan kaikkien maadoittimien rinnankytketty vastusarvo. Toinen ratkaisu on se, että jokainen maadoitin erotetaan toisistaan yksittäisten vastusten mittaamiseksi. Mainittu ratkaisu on erittäin aikaa vievä ja hankala toteuttaa. Tämän tyyppisiä asennuksia löytyy yleensä teollisuuspuolelta, jolloin mittauksissa käytetään yhtä tai useampaa virtapihtiä.

On olemassa kaksi selektiivistä mittaamenetelmää; apuelektrodilla tai ilman. Kaikki selektiiviset maadoitusvastuksen mittaamenetelmät:

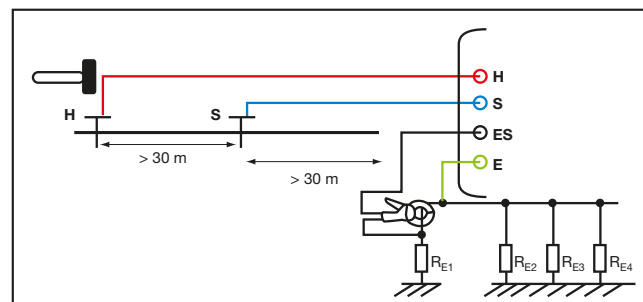
- Säästävät aikaa: virtapihdin avulla voidaan mitata maadoituksessa kulkeva virta ja ohittaa näin rinnakkaiset maadoituspiirit.
- Takaavat henkilö- ja laitteistoturvallisuuden sillä järjestelmän maadoitusta ei katkaista.

Selektiivinen 4 -napamittaus

Kun perinteistä 3- tai 4-napa mittaamenetelmää käytetään rinnakkaismaadoituksissa, jakautuu mittausvirta maadoitusten välillä. Tämä tarkoittaa, että on mahdotonta mitata halutun maadoituksen virtaa ja siten myös sen vastusta. Tässä tapauksessa mitataan maadoitusjärjestelmässä sijaitsevan kokonaisvirran suuruus ja tuloksena saadaan virtapiiriin kuuluvien rinnakkaismaadoittimien kokonaisvastus.

Rinnakkaismaadoitusten vaikutuksen välttämiseksi on kehitetty selektiivinen 4-napa mittaamenetelmä. Menetelmä on periaatteessa samankaltainen, mutta nyt mitataan testattavan elektrodin kautta kulkevan virran tarkka arvo virtapihdillä. Näin yksittäisen maadoituksen vastusarvo voidaan laskea.

Käyttämällä apuelektrodeja ja erityisesti S-apuelektrodin käyttö 0 V-referenssinä antaa tässä menetelmässä hyvän toistettavuuden maadoitusvastusmittauksissa. Alla kaaviokuva kyseisestä menetelmästä.



Maadoituksen silmukkamittaus kahdella virtapihdillä ja maadoitusvirtapihdillä

Mittaus maadoitusta irrottamatta ja ilman apuelektrodeja

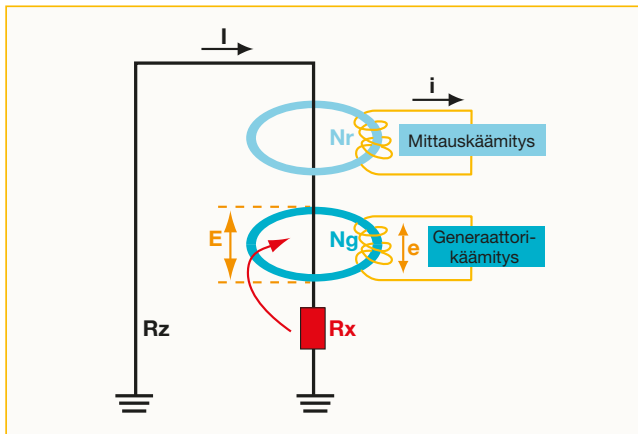
Nämä mittaamenetelmät ovat "vallankumouksellisia" perinteisiin menetelmiin nähden: Kuten selektiivinen 4-napamittaus, nämäkään 2 menetelmää eivät vaadi rinnakkaisen maadoitusjärjestelmän erottamista ja säästävät aikaa, koska ei ole tarpeellista etsiä apuelektrodeille sijoituspaikkoja.

Mittausperiaate:

Mittausmenetelmän edut ovat sen yksinkertaisuus ja nopeus: Maadoitusvastuspihtimittari laitetaan maadoituskaapeliin ja mitataan maadoitusvastusarvo sekä maadoittimen läpi kulkeva virta.

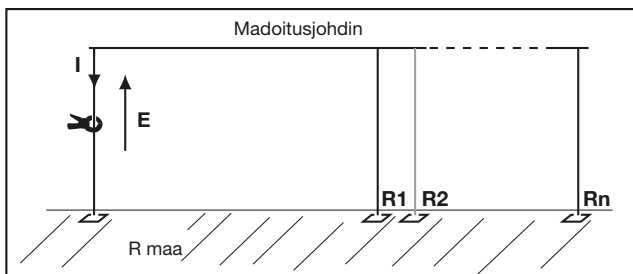
Maadoitusvastuspihtimittari koostuu kahdesta käämistyksestä; "generaattorikäämitys" ja "vastaanotinkäämitys".

- Pihtimittarin "generaattorikäämitys" kehittää vakio-vaihtojännitteen **E mitattavaan piiriin, jolloin virta $I = E/R$** virtaa resistiivisen silmukan läpi.
- Pihtimittarin "vastaanotinkäämitys" mittaa tämän virran
- Koska **E** ja **I** tunnetaan, voidaan silmukkavastus laskea näiden arvojen perusteella.



Jotta mittausvirta voidaan varmuudella tunnistaa ja välttää häiriövirrat mittaa maadoituspihtimittari selektiivisellä mittaustaajuudella.

Esimerkiksi mittaus tehtynä rinnakkaismaadoitusjärjestelmän, jossa halutaan mitata maadoitusvastus **R_x**, joka on rinnankytketty *n* määrän muun elektrodin kanssa.



Jos jännite **E** annetaan jossakin pisteessä maadoitusjärjestelmässä **R_x**, kulkee piirissä virta **I** seuraavan kaavan mukaisesti:

$$R_{\text{loop}} = E / I = R_x + R_{\text{maa}} + (R_1 // R_2 // R_3 \dots // R_n) + R_{\text{kaapeli}}$$

Jossa:

R_x (haettu mittausarvo)

R_{maa} (jonka arvo on yleensä $< 1 \Omega$)

R₁ // R₂ ... // R_n (merkityksetön arvo: useita maadoituksia rinnakkain)

R_{kaapeli} (jonka arvo yleensä $< 1 \Omega$), koska tiedetään, että "*n*" vastusta rinnakkain on mitätöitävissä sekä yhtä kuin **R_{aux}**, minkä arvo on myös mitätöitävissä:

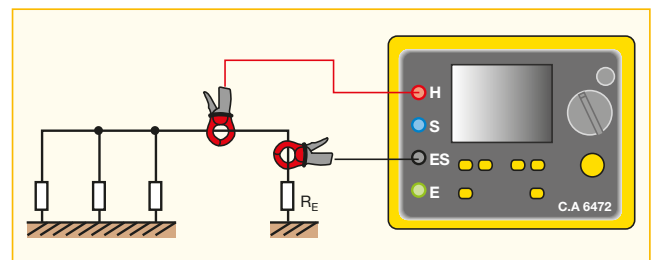
Mitattu **R_{loop} = R_x** (maadoitusarvon vastus, jota mitataan).

Silmukkamittaus kahdella pihdillä

Mittausperiaate on sama kuin maadoitusvastusvirtapihtimenetelmässä.

Mittausperiaate:

Kaksi maadoitusvastustesteriin kytkettyä virtapihtii asetetaan testattavaan maadoitusjohtimeen. Toinen pihdeistä syöttää tunnettua signaalia (32 V / 1367 Hz) ja toinen mittaa piirin virran.



Sen sijaan että yhdet pihdit toimisivat sekä generaattorina että vastaanottimena, käytetäänkin mittauksessa kahta pihtii: Toinen pihdeistä toimii generaattorina ja toinen vastaanottimena. Kyseisen mittausmenetelmän hyvä puoli on se, että mittaus voidaan helposti suorittaa hankalille kohteille, joihin maadoitusvastuspihtimittari ei kokonsa puolesta sovellu.

Maadoitusvastus testereitä CA6471 sekä CA6472 voidaan käyttää Chauvin-Arnouxin C tai MN -pihtien kanssa edellä mainitun menetelmän mukaisesti. Pihdit soveltuvat käytettäväksi kaikenlaisien johtimien sekä liitäntöjen mittauksessa.

Ennen kuin ryhdytään mittaamaan silmukkavastuspihtimittareilla, tulee muutama seikka ottaa huomioon:

1 – Rinnakkaismaadoitusten määrä

Edellisellä sivulla oleva kaavaa kuvaa sitä, että menetelmä toimii ainoastaan tapauksissa joissa testattava maadoitin sijaitsee rinnakkain matalaimpedanssisten maadoituspiirien kanssa. Siksi on huomautettava, että rinnan kytkettyjen *n*-elektrodien vastus testataan ja todetaan, että niiden vaikutus on merkityksetön mitattuun arvoon nähden.

Esimerkki 1:

Ajatellaan 20 Ω maadoituselektrodi rinnan 100 muun 20 Ω elektrodin kanssa.
Silmukan vastusarvoksi saadaan:

$$R_{\text{loop}} = 20 + 1 / 100 * (1/20) = 20 + 1/5 = 20.2 \Omega$$

Esimerkki 2:

Ajatellaan kahden 20 Ω maadoituselektrodia rinnan kytkettyinä.
Silmukan vastusarvoksi saadaan :

$$R_{\text{loop}} = R_1 + R_2 = 40 \Omega$$

Mitattu silmukan vastusarvo poikkeaa näin ollen huomattavasti varsinaisesta arvosta R1, mikä on 20 Ω. Jos tarkoituksena ei ole mitata R1:n tarkkaa arvoa, vaan pysytellä raja-arvon alapuolella (esim. 100 Ω), voidaan mittaussuunnitelmaa käyttää.

2 – Mittauspiirin tunnistaminen

Silmukkavastuspihtimittarimenetelmän käyttö vaatii sen, että mittaja ymmärtää maadoitusjärjestelmän rakenteen:

- virtapihtimenetelmän käyttö ei ole mahdollista tilanteissa, joissa testattavalle maadoitukselle ei ole olemassa matala impedanssia rinnakkaista piiriä, kuten yhden maadoitus elektrodin kohteissa
- jos mitatut arvot ovat erittäin alhaisia, tulee tarkistaa ettei pihti ole asetettu potentiaalintasauspiiriin. Kuitenkin pihtiä voidaan käyttää tällöin silmukan jatkuvuustestaukseen.

3 – Mittaustaajuus ja impedanssi

On tärkeää huomata, että edellä kuvatuissa mittauksissa puhutaan "silmukkavastuksista". Havaitaan, että pihdin mittaussuunnitelma ja yleiset mittaussignaalit (pihdeille: CA6416 ja CA6417 taajuus on 2083 Hz) osoittavat, että tulisi mieluummin puhua silmukkaimpedanssimittauksista. Käytännössä silmukan sarjavastus arvojen (linjareaktanssien) voidaan katsoa olevan mitattomia verrattuna silmukkavastukseen, joten silmukkaim-pedanssi Z vastaa silmukkavastuksen R arvoa.

Pitkissä verkoissa, kuten esimerkiksi rautatielinjat ei Induktiivisen osa ole enää merkityksellön. Tällaisissa tapauksissa mitattu silmukkaimpedanssi on todellista silmukkavastusta suurempi.

Induktiivisen vaikutuksen poistamiseksi uusissa Chauvin-Arnoux -maadoitustestereissä käytetään 2-pihti mittauksia (CA6471 & CA6472). Niiden

128 Hz mittaustaajuus rajoittaa mitattavan linjan induktiovaikutusta mittaustaajuuden ollessa mahdollisimman lähellä mitattavan verkon taajuutta ja vastaten siten asennuksen normaaleja käyttöolosuhteita.

Kytkeytyvyyden mitta

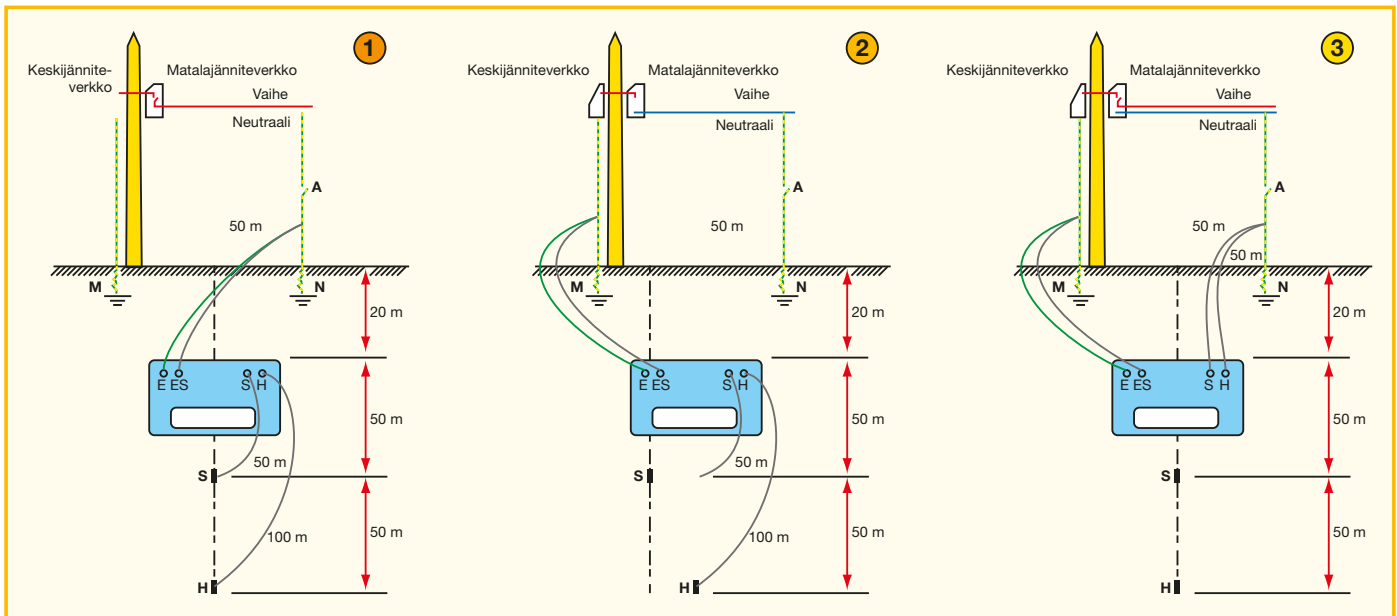
Menetelmää käyttävät yleisesti sähkön toimittajat keski- ja käyttöjänniteverkostojen välisen kytkennän testauksessa. Tämä tarkoittaa kahden maadoitusjärjestelmän - joita ei normaalisti ole kytketty yhteen - tarkistusmittausta.

Havaittavissa oleva kahden, toisistaan erillään olevan maadoitusjärjestelmän välinen liityntä voi vahingoittaa laitteistoja ja olla vaaraksi ihmisille. Vikavirran virtaaminen maadoituksen M läpi keskijänniteverkostossa voi johtaa maaperän potentiaalinnousuun ja näin ollen myös matalajänniteverkoston nollopotentiaalinnousuun, minkä seurauksena voi syntyä vaaratilanteita sekä ihmisille että pienjänniteverkkoon kytketyille laitteistoille.

Salaman iskiessä keski- / pienjännitemuuntajaan voi välitön potentiaalinnousu olla useita kilovoltteja (KV). Käytettävän "62 % menetelmän" mukaisesti.

Apuelektrodi H (paluuvirta) sekä S (potentiaalireferenssi) tulee asettaa siten, että varmistetaan:

- riittävä etäisyys mitattavasta maadoituksesta siten kuin seuraavan sivun kuvissa esitetään.
- täyttää hyväksyttävän maapotentiaalitason.



Kytkeytyvyys mitataan seuraavasti:

- 1 **Avaa pienjänniteverkon (LV) nolla (A auki)***
 - Kytke **E** ja **ES** N:ään (LV nolla) kahdella 50 m:n kaapelilla
 - Kytke **S** ensimmäiseen elektrodiin 50 m:n kaapelilla
 - Kytke **H** toiseen elektrodiin 100 m:n kaapelilla
 - Aseta maadoitusvastustesteri **M**:n ja **N**:n väliin, 20 m:n etäisyydelle kyseisten pisteiden akselista
 - Mittaa nollajohtimen maadoittimen vastus: **R**neutraali

***A** (nollaus) tulee avata, jotta ensimmäisen maadoituselektrodin kytkeytyvyys voidaan mitata

- 2 **Toista mittaus tällä kertaa E ja ES kytkettyinä M:ään (mikä on MV verkon alustan (rungon) maa) (LV:n nollajohdin on yhä auki)**
 - Mittaa alustan maadoituselektrodin vastus: **R**alusta
- 3 **Kytke E ja ES M:ään (MV rungon maa) kahdella 50 m:n kaapelilla**
 - Kytke **S** ja **H** N:ään (LV nollan maa) kahdella 50 m:n kaapelilla
 - - mitattu **R**alusta/nolla

- 4 **Laske kytkeytyvyys:**

$$R_{\text{järjestelmä}} = [R_{\text{alusta}} + R_{\text{nolla}} - R_{\text{alusta/nolla}}] / 2$$

- 5 **Laske kytkeytyvyyskerroin:**

$$k = R_{\text{järjestelmä}} / R_{\text{alusta}}$$

Maadoitusvastuksen mittaus suurilla taajuuksilla

Kaikki tähänastiset maadoitusvastuksen mittausmenetelmät suoritetaan alhaisilla mittaustaajuuksilla, joka tarkoittaa että ne suoritetaan lähellä verkon taajuutta jotta olosuhteet ovat mahdollisimman todelliset. Maadoitusvastuksen mittaus on periaatteessa täysin riippumaton taajuuden suuruudesta, sillä maadoitusvastus on tavallisesti puhtaasti resistiivinen.

Monimutkaiset maadoitusjärjestelmät useine rinnakkaismaadoituksineen voivat olla hyvinkin induktiivisia johtuen maadoituskaapelien kytketymisestä erilaisiin maadoitukseen. Toisaalta joissakin vanhoissa asennuksissa voi olla "piilotettu" kytkentä muihin maadoituksiin vaikka maadoitus irrotettaisiin potentiaalintasauskiskosta. Vaikka kyseisten maadoitusten induktanssin vaikutus on alhainen matalilla taajuuksilla, voi se nousta korkeisiin arvoihin suurilla taajuuksilla (esim. salaman iskiessä). Tästä johtuen, vaikka maadoitus on tehokas pientaajuusreaktanssin ollessa matala se nousee korkeilla taajuuksilla ja estää vikavirran ohjautumisen maahan, jolloin esim. salamavirta voi etsiä odottamattomia reittejä maahan.

Maadoitusvastuksen mittausta yhdessä taajuusanalyysin kanssa voidaan näin olen käyttää maadoitusjärjestelmän käyttäytymisen arviointiin tilanteissa, joissa salama iskeytyisi kohteeseen.

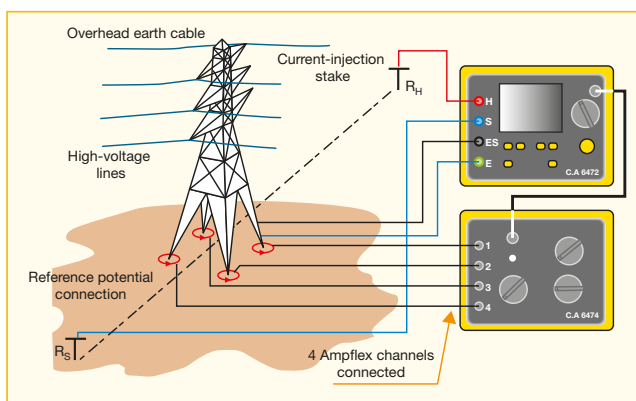
Maadoitusvastuksen mittaus pylväsvoimalinjojen maadoituskaapeleille

Korkeajännitelinjoilla on tavallisesti maakaapeli maapinnan yläpuolella (pylväessä, jota kautta salamavirta ohjautuu salaman iskiessä maahan). Kaikkien pylväiden maadoitusten ollessa kytkettynä toisiinsa ovat maadoitusvastukset rinnankytkettyjä (on verrattavissa edellä kuvattuihin rinnankytkettyihin maadoitustapoihin).

HUOM. Muista sulkea nolla **A**.

Maadoitusvastuksen mittausopas

Käyttämällä perinteistä mittausmenetelmää, voidaan mittaus tehdä vain voimalinjan kokonaismaadoitukselle, so. kaikkien maadoitusten rinnankytkennälle. Kun pylviä on paljon johtaa se hyvin pieneen maadoitusvastukseen olkoonkin, että mittauskohdan pylvään maadoituksen vastus olisi liian suuri. Tästä seuraa, että perinteisillä menetelmillä on mahdotonta mitata yksittäisen pylvään maadoitusta muutoin kuin irrottamalla kyseinen kaapeli maadoitusketjusta, joka on vaikea ja vaarallinen tehtävä.



Mittausperiaate

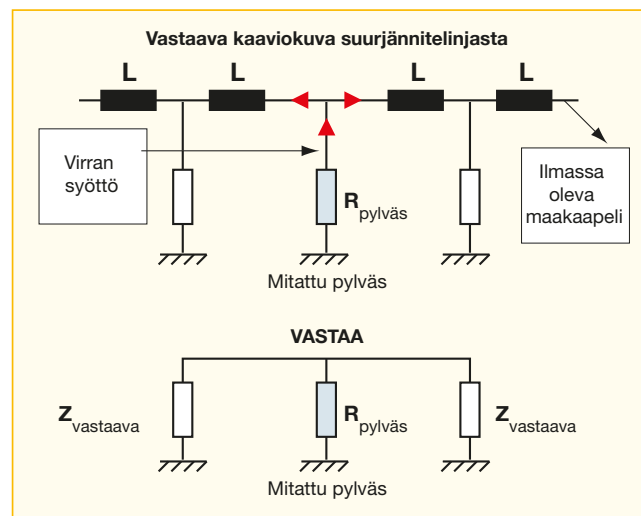
Kun maadoitusvastustesteri CA6472 kytketään yhteen vektoriprosessointilaitte CA6474:n kanssa, voidaan menettelyä käyttää selektiivisenä maston maadoitusmittausmenetelmänä ja mitata vastus vaikka mastomaadoitus on osa rinnakkaismaadoitusjärjestelmää. Kyseisellä kahden mittalaitteen menetelmällä on kaksi mittausperiaatetta:

1. Joustavien lenkkivirtapihtien käyttö (AmpFLEX™)

Asetetaan lenkkivirtapihti sähkömaston jalustan ympäri ja mitataan pylväsmadoituksen virta. Tämä selektiivinen mittaus perustuu samaan periaatteeseen kuin tavallisella virtapihdillä tehty mittaus, erona vain että käytetään AmpFLEX-anturia.

2. Korkeataajuus (5 kHz asti) mittaus antaa:

- yhteismitallisen Z -arvon (ks. alla kaavio alla), joka on paljon suurempi kuin mitattava maadoitusvastus. Ilmassa pylväiden kautta kulkevan maadoitusjohdon virta tulee suuren mittaustaajuuden ansiosta merkitykselliseksi maadoituksen kautta kulkevaan virtaan nähden, jolloin mittauksen tarkkuus paranee merkittävästi.
- mahdollisuus taajuuden muuttamiseen välillä 41Hz – 5 kHz, jolloin voidaan tutkia maadoitusjärjestelmän käyttäytymistä taajuuden suhteen ja siten ennakoita salamakäyttämistä.



Mittausmenetelmiä

Maadoitusvastustesteriä CA6474 voidaan käyttää sähköpylväiden maadoitusvastusmittauksiin kahdella eri menetelmällä:

- 1. Aktiivinen mittausmenetelmä**, jossa syötetään mittausvirta CA6472:lla (kuten perinteisissä 3- tai 4-napamittauksissa).
- 2. Passiivinen mittausmenetelmä**, jossa käytetään suurjännitelinjassa virtaavia loisvirtoja. Kyseinen menetelmä on käyttökelpoinen aktiivisella menetelmällä saavutettujen tulosten luotettavuuden arvioinnissa. Se myös takaa mittaukselliset olosuhteista riippumatta, sillä korkea maaperän resistiivisyys voi estää riittävän mittausvirran pääsyn maahan, jolloin aktiivista menetelmää ei voi käyttää.

Muita mittauksia

Kytkemällä CA6472 ja CA6474 yhteen, aikaansaadetaan nerokas työkalu suurjännitelinjoille. Lisäksi tarkka pylväsimpedanssien selektiivinen mittaus, jota voidaan käyttää:

- **Taajuusriippuvaisen linjan kokonaisimpedanssin mittaus**, jolloin voidaan ennustaa miten linja käyttäytyy vikatilanteissa. Salaman iskiessä, tulee linjaimpedanssin olla riittävän alhainen, jotta salamavirrat ilma-maakaapeleista kulkeutuvat pylväismaakaapelien kautta maahan.

Ilmamaakaapelin liitännän laadun arviointi

Virran kulkiessa ilmassa maadoituskaapelissa ja sitten pylvään kautta maahan pitää liitännöjen olla hyvälaatuisia. Mittaamalla virta pylvään yläpäässä ja liitäntävastusilmamaadoituskaapelin ja pylväskaapelin välillä voidaan todeta liitännän hyvyys.

Maadoitusvastuksen mittaus kaikista pylvään jaloista

Mittauksella voidaan varmistaa kaikkien pylväsalkojen maadoitusliitokset.

Maadoitusvastusmittauksiin vaikuttavat tekijät

On kaksi tekijää, jotka vaikuttavat maadoitusvastuksen mittaustuloksiin:

- Apuelektrodien H ja S vastus
- Häiriöjännitteet

Apuelektrodien H ja S vastus

Jos apuelektrodien H ja S vastus on korkea johtuen maan resistiivisyydestä (esim. kiviperäinen maa) sillä on vaikutusta mittaustarkkuuteen; mittaustulosta alenee erittäin heikoksi eikä enää riitä maavastuksen mittaukseen.

Chauvin Arnoux CA647X -sarjan maadoitustestereitä voidaan käyttää apuelektrodien vastusmittauksiin ja siten määrittää onko niiden vastusarvo liian suuri. Näin säästetään aikaa, sillä viallinen elektrodi havaitaan välittömästi eikä tarvitse epäillä muita elektrodeja. Poikkeavan elektrodin ongelma ratkaistaan siten, että rinnakkain asetetut elektrodit upotetaan ne syvemmälle maahan ja/tai kostutetaan maaperää. Lisäksi, kaikki maadoitustesterit eivät hyväksy yhtä suurta maksimiarvoa lisäelektrodiresistanssille mikä erottaa tavalliset ja erikoismallit toisistaan.

Asennustestausten häiriöjännitteet

Maadoitusvastustestauksiin voi vaikuttaa häiriöjännitteiden esiintyminen. Siksi tulee käyttää sellaista vastusmittaria, joka on erityisesti kehitetty immuuniksi häiriöjännitteille maadoitusvastustestauksissa. Joskus ei kuitenkaan yleisesti käytetyllä 128 Hz taajuudella ja esiintyvällä häiriöjännitteellä tasolla mittaus onnistu. Jos häiriöt voidaan havaita ja mitata voidaan niiden vaikutus mittaukseen arvioida ja siten ymmärtää onko mittaus mahdollinen. Joissakin testereissä on vilkkuva valo, joka varoittaa käyttäjää merkittävästä häiriöjännitteestä samalla valitun automaattisesti pienikohinaisimman mittaustaajuuden.

Siten apuelektrodien vastuksen mittauksessa toiminnot, joilla parannetaan häiriöjännitesietoa säästävät aikaa kentällä ja auttavat ymmärtämään ja ratkaisemaan virhetilanteita. Kuitenkin, jos mittaustulos on huomattavasti suurempi kuin otaksuttu saattaa se merkitä, että maa-aines on rakenteellisesti pilaantunut josta aiheutuvat virheet mittaustulokseen.

Edellä esitetyistä syistä on tärkeää valita testauslaite, joka soveltuu oletettuihin mittaolosuhteisiin:

- häiriöjännitteiset tai häiriöttömät olosuhteet
- korkea maaperän vastus

Erityisiä huomautuksia maadoitusvastusmittauksiin

1. Vaikutusalueen välttämiseksi kehoitetaan valitsemaan mahdollisimman pitkä etäisyys elektrodien H ja S sekä testattavan maadoituksen E välille.
2. Sähkömagneettisten häiriöiden välttämiseksi suositellaan, että mittaaskaapeliin kelat puretaan kokonaan ja silmukoita maassa vältetään. Kaapelit sijoitetaan mahdollisimman kauas toisistaan ja vältetään metallipintojen, kaapeleiden, kiskojen, aitojen jne. läheisyyttä.
3. Jotta saavutetaan hyväksyttävä mittaustarkkuus on käytettävä matalan resistiivisyyden apuelektrodeja, mikäli mahdollista upottaa ne syvälle maahan ja/tai kostuttaa maaperä.
4. Mittaustuloksen varmistamiseksi suositellaan suorittamaan uusintamittaus sen jälkeen, kun vertailuelektrodia 0 V on siirretty.

Katsaus erilaisiin maadoitusvastuksen mittaamenetelmiin

	Maaseuturakennus, jossa mahdollisuus upottaa apuelektrodeja	Kaupunkirakennus, jossa ei voi käyttää apuelektrodeja
Yksi apuelektrodi		
3-napa "62 %" menetelmä	■	
Kolmio- menetelmä (2 elektrodi)	■	
4-napa -menetelmä	■	
Muunneltu 62 % -menetelmä (1 elektrodi)		■ Ainoastaan TT-järjestelmä
Vaihe-PE -silmukkamittaus	■	■
Monta apuelektrodia rinnankytkettyinä		
Selektiivinen 4-napa -menetelmä	■	
Maadoitus- vastuspihti	■	■
2 pihdin maa- silmukka- menetelmä	■	■

Huom. Tapauksissa, joissa maadoitus muodostuu useista rinnakkaismaadoituksista käytetään perinteisissä menetelmissä yhtä elektrodia:

1. Jos tarvitaan vain kokonaismaavastuksen arvo.
2. Jos mitattava maadoituselektrodi voidaan irrottaa järjestelmästä.

Toistuvia kysymyksiä

Voidaanko vesi- tai kaasulinjoja käyttää maadoitus-elektrodeina

On ehdottomasti kiellettyä käyttää maanalaisia metalliputkia maadoittimina. Vastaavasti on kiellettyä käyttää metallisia vesijohtoputkia, sillä putkien sähköistä johtavuutta ei aina voida taata (esimerkiksi huoltotapauksissa).

Rakennuksessa tehdään vaihe-maa silmukkamittauksia ja 3-napamittauksia käyttäen elektroeja. 3-napa menetelmällä saatu arvo on paljon suurempi. Miksi käytetyt 2 menetelmää eivät anna samaa tulosta ?

Kuten sivulla 7 todetaan, maadoitus ei muodostu ainoastaan maadoituselektrodeista vaan käytännössä myös muiden jakeluverkkojen metalliputkista. Tästä syystä 3-napa mittauksella maadoitussauva irrotettuna voidaan todellinen maadoitusvastus määrittää. Sen sijaan silmukkamittauksella saatu arvo muodostuu koko maadoitusverkosta (putket, jne).

Aikaisemmin mitattu maadoitusvastus poikkeaa nyt saadusta. Mistä muutos johtuu ?

Kuten sivulla 3 todetaan, on maadoitusvastus riippuvainen ympäristön lämpötilasta ja kosteudesta . Siksi on täysin normaalia, että mittaustulokset vaihtelevat merkittävästikin ilmasto-olosuhteista riippuen.

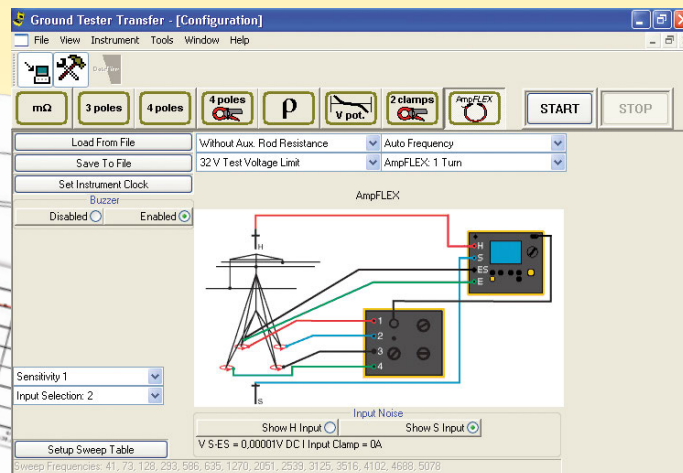
DataView®

(Yhteensopiva CA6470N, CA6471, CA6472 ja CA6474 kanssa)

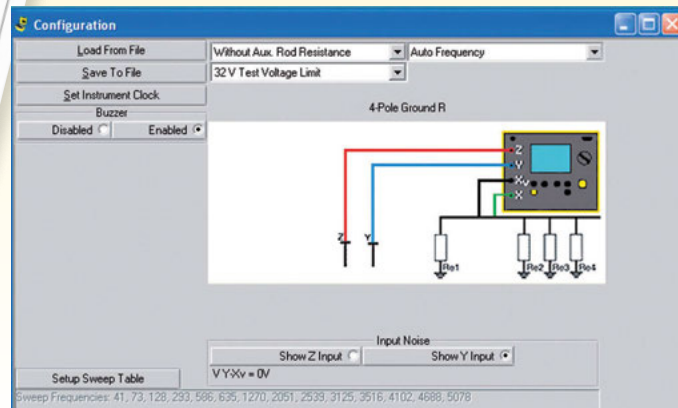
Lisenssivapaa ohjelmisto laitteiden konfigurointiin ja etähallintaan sekä reaaliaikaiseen tulosten tarkasteluun. Luo raportteja tallennetuista mittauksista.

DataView® -toiminnot:

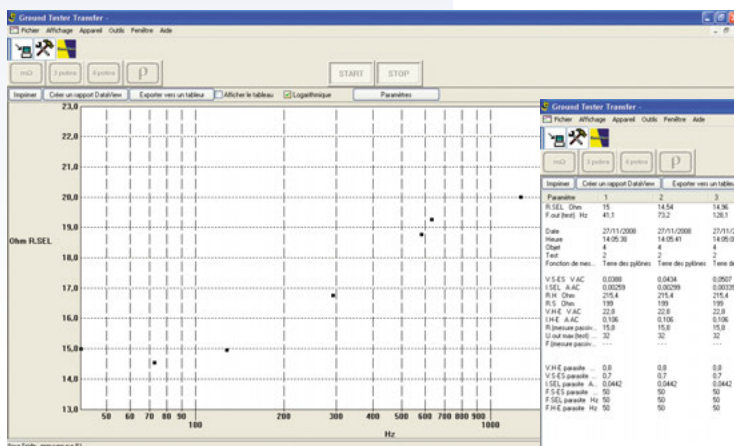
- Kaikkien toimintojen asetusten konfigurointiin
- Mittausten etähallinta PC:n kautta
- Laitteeseen tallennettujen mittausten haku
- Mahdollista lisätä omia kommentteja suoraan raportteihin
- Mahdollista luoda omia raportteja tallennetuista mittausarvoista
- Näyttää kuvaajana: Impedanssin mittaus taajuuden funktiona; Teoreettinen askeljännite etäisyyden funktiona jne.



Mittausasetukset valitulle mittausmenetelmälle sekä kytkentäkaavake näytöllä.



Mittausasetukset valitulle mittausmenetelmälle sekä kytkentäkaavake näytöllä.



This screenshot shows the 'Ground Tester Transfer' window with a table of measured values. The table has multiple columns for different test parameters and results. The data is organized into a grid, with rows representing different test conditions and columns representing specific measurements.

Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F _{SEL} Ohm	15	14.54	14.36	14.17	13.97	13.77	13.57	13.37	13.17	12.97	12.77	12.57	12.37
F _{SEL} Hz	41.1	75.2	136.1	252.9	505.9	634.7	1263.5	2050.7	2629	3125	3516	4102	4688
Date	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008	27/11/2008
Heure	14:05:30	14:05:41	14:05:50	14:05:44	14:05:46	14:05:48	14:05:50	14:05:52	14:05:53	14:05:55	14:05:56	14:05:58	14:05:59
Objet	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Test	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Temps des pannes													
V _{SEL} VAC	0.0388	0.0404	0.0421	0.0437	0.0454	0.0471	0.0488	0.0505	0.0522	0.0539	0.0556	0.0573	0.059
V _{SEL} A.C.	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299	0.00299
R _{SEL} Ohm	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4	215.4
R _{SEL} Ohm	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199
V _{SEL} VAC	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
V _{SEL} A.C.	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
R _{SEL} Ohm	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
R _{SEL} Ohm	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
V _{SEL} VAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V _{SEL} A.C.	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
F _{SEL} Hz	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
F _{SEL} Hz	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
F _{SEL} Hz	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Maadoitusvastustesterin valintaopas



	CA 6421	CA 6423	CA 6460	CA 6462	CA 6470N TERCA 3	CA 6471	CA 6472	CA 6416	CA 6417
Maadoitusvastuksen mittaus									
3-napamenetelmä	•	•	•	•	•	•	•		
4-napamenetelmä			•	•	•	•	•		
Maadoitusjärjestelmä					•	•	•		
Selektiivinen maadoitusvastuksen mittaus									
4-napa + silmukkavastusmenetelmä						•	•		
Kahden pihdin silmukkavastusmenetelmä						•	•		
Pihtimenetelmä								•	•
Voimakaapeli ilmajohdolla									
CA6474:lla							•		
Maan resistiivisyys									
Manuaalinen			•	•					
Automaattinen					•	•	•		
Potentiaalimittaus									
							•		
Jatkuvuus									
					•	•	•		
Mittaustaajuus									
128 Hz	•	•	•	•					
50, 60, 128 sekä 2 083 Hz								•	•
Automaattisesti 41...512 Hz					•	•			
Automaattisesti 41...5078 Hz							•		
Rs, Rh mittaus ja näyttö									
					•	•	•		
U häiriön osoitus ja näyttö (jännitepiikit)									
					•	•	•		
Mittaustulosten näyttö									
Analoginen näyttö	•								
LCD -näyttö		•	•	•					
Kolmiosainen LCD -näyttö					•	•	•		
OLED -näyttö								•	•
Käyttöjännite									
Paristot	•	•	•					•	•
Akku				•	•	•	•		
Muut toiminnot									
Vuotovirta								•	•
Kosketusjännite								•	•
Bluetooth									•
Lisätietoa sivulla	18	18	20	20	22	24	26	32	32

3 -napaiset maadoitusvastustesterit

CA6421 & CA6423

Vedenpitävät ja kevyet maadoitusvastustesterit CA6421 sekä CA6423 ovat erittäin helppokäyttöisiä.

Laitteet ovat suunniteltu kenttäkäyttöön vaikeissa olosuhteissa. Laitteet soveltuvat nopeaan ja tarkkaan maadoitusvastuksen mittaukseen perinteisellä 3 –napamenetelmällä: Apuelektrodit asetetaan paikoilleen ja suoritetaan mittauskytkennät. Painikkeilla saadaan tulokset näytölle samalla huomioiden luettavuutta ilmaisevien LED näyttöjen tila.



CA6421

Ergonomia

- Kosteussuojattu laitekotelo kenttäkäyttöön
- Analoginen tai digitaalinen näyttö
- Erittäin helppokäyttöinen
- Värikoodatut liittimet ja kaapelit

Mittaus

- Vastusmittaus 2- tai 3 -napamenetelmällä
- Automaattinen, liian korkeiden häiriö- ja kohinatasojen ilmaisu.
- Suora mittausarvojen näyttö välillä 0,5...2000 Ω (1000 Ω CA6423:llä)
- Automaattinen mittausalue (CA6423)
- Mittausvirheiden ja häiriöiden LED näyttö



CA6423

Käyttöjännite

- Paristokäyttöiset
- Pariston kesto: 1800 mittausa, 15 s/mittaus

Analogiset ja digitaaliset Maadoitusvastustesterit

	CA6421	CA6423
Ominaisuudet		
Mittaukset	Maadoitusvastus	Maadoitusvastus
Tyyppi	2 & 3 -napa	2 & 3 -napa
Maaperän resistiivisyys	Ei	Ei
Mittausalue	0,5 Ω ...1000 Ω	0,01 Ω ...2000 Ω (3 automaattista aluetta)
Eroittelutarkkuus	-	10 m Ω / 100 m Ω / 1 Ω (alueesta riippuen)
Tarkkuus	$\pm$ (5 % + 0,1 % koko skaala)	$\pm$ (2 % + 1 lukua)
Kuormittamaton jännite	$\leq$ 24 V	$\leq$ 48 V
Taajuus	128 Hz	128 Hz
Häilytykset	3 vianilmoitus LEDiä	3 vianilmoitus LEDiä
Muuta ominaisuuksia		
Teholähde	8 x 1.5 V -paristot	8 x 1.5 V -paristot
Näyttö	Analoginen	2000 -lukuinen LED -näyttö
Turvallisuus	IEC 61010 & IEC 61557	IEC 61010 & IEC 61557
Mitat	238 x 136 x 150 mm	238 x 136 x 150 mm
Paino	1,3 kg	1,3 kg

Tilaustiedot

> **CA6421** P01123011
Mukana toimitetaan kantohihna, 8 x AA 1.5 V -paristoa sekä käyttöohjeet

> **CA6423** P01127013
Mukana toimitetaan kantohihna, 8 x AA 1.5 V -paristoa sekä käyttöohjeet.

Lisävarusteet

Olkalaukku P01298061A
Liitäntäsetti (4 x 1 m) P01295092
0,1 A/250 V HRC sulakesetti (10 kpl) P01297012

Lisätietoa mittausarjoista löydät sivulta 30.



Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

3 ja 4 -napaiset testerit maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

CA6460 & CA6462

Kolmen toiminnon maadoitusvastustesterit. Helppokäyttöinen CA6462 on kehitetty erityisesti kenttäkäyttöön, oli sitten kyseessä uuden maadoituksen asennus tai jo olemassa olevan mittaus. Kyseiset korkean käyttömukavuuden ja -turvallisuuden omaavat testerit antavat tarkkoja ja luotettavia mittaustuloksia.

Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: kenttäkäyttöön soveltuva
- Suuri ja selkeälukuinen, 2000-lukeman LCD-näyttö taustavalolla
- Mittausarvojen ja -suureiden digitaalinen näyttö
- Helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen liitântöjen sekä kaapeleiden ansiosta

Mittaus

- Maadoitusvastuksen sekä maaperän resistiivisyyden mittaus 3 tai 4-napamenetelmällä
- Kehitetty soveltuvaksi korkeisiin kohina- ja häiriötasoihin
- Automaattinen mittausalueen valinta
- 3 varoitus LEDiä
 - korkea kohinatase
 - korkea apuelektrodien vastus
 - liitântävika

Käyttöjännite

- Paristot (CA6460) tai akku (CA6462)



CA6460



CA6462

Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

	CA6460	CA6462
Ominaisuudet		
Mittaukset	Maadoitusvastus / Maaperän resistiivisyys / Kytkeytyminen	Maadoitusvastus / Maaperän resistiivisyys / Kytkeytyminen
Tyyppi	3 & 4 -napa	3 & 4 -napa
Mittausalue	0.01 Ω ...2000 Ω (3 automaattista aluetta)	0.01 Ω ...2000 Ω (3 automaattista aluetta)
Erottelutarkkuus	10 m Ω / 100 m Ω / 1 Ω (alueesta riippuen)	10 m Ω / 100 m Ω / 1 Ω (alueesta riippuen)
Tarkkuus	$\pm$ (2 % + 1 luku)	$\pm$ (2 % + 1 luku)
Kuormittamaton jännite	$\leq$ 24 V	$\leq$ 48 V
Taajuus	128 Hz	128 Hz
Vaoitukset	3 vianilmoitus LEDiä	3 vianilmoitus LEDiä
Muita ominaisuuksia		
Teholähde	8 x 1,5 V -paristot	Ladattava NIMH akku
Näyttö	Digitaalinen LCD-näyttö (2000 lukeman)	Digitaalinen LCD-näyttö (2000 lukeman)
Turvallisuus	IEC 61010 & IEC 61557	IEC 61010 & IEC 61557
Mitat	270 x 250 x 110 mm	270 x 250 x 110 mm
Paino	2,8 kg	3,3 kg

Tilaustiedot

> **CA6460** P01126501
Mukana toimitetaan 8 x AA 1,5 V -paristoa sekä käyttöohjeet

> **CA6462** P01126502
Mukana toimitetaan 230 V -verkkojännitejohto sekä käyttöohjeet

Lisävarusteet

Banaaniliitäntäsetti (5 kpl) P01102028
Pehmeä laukku P01298066
Laukku P01298067
0,1 A/250 V HRC sulakesetti (10 kpl) P01297012
Akku P01296021

Lisätietoa mittausarjoista löydät sivulta 30.



Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

3 ja 4 -napaiset testerit maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

CA6470N TERCA 3

Tämä maadoitusvastus- ja maaperän resistiivisyydestesteri kuuluu laajaan Chauvin-Arnoux -monitoimitesterivalikoimaan. Ammattilaisen mittalaite, joka on kuitenkin helppokäyttöinen. Laite toimitetaan kestävässä, vesitiiviissä kotelossa. Sen toiminnallisia ominaisuuksia ovat: iso taustavalaistu näyttö, selvä liitäntöjen värikoodattu tunnistus ja halutun laite toiminnon valinta nopeasti ja turvallisesti kätevän kiertokytkimen avulla.

Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: kenttäkäyttöön
- Suuri ja selkeälukuinen LCD-näyttö taustavalolla
- Digitaalinen näyttö näyttää mittausravot suureineen
- Erittäin helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen tulojen sekä kaapeleiden ansiosta
- Näyttää kytkennän näytöllä
- USB-liitäntä
- Yhteensopiva DataView® -ohjelmiston kanssa



CA6470N TERCA 3

Mittaukset

- Maadoitusvastuksen mittaus 3 tai 4 -napamenetelmällä
- Maaperän resistiivisyys: automaattinen laskenta (Wenner ja Schlumberg menetelmät)
- Kytkeytyvyyden mittaus
- 200 mA jatkuvaus-/liitäntävastustestaus (2- tai 4 -johto)
- Mittaustaajuus 41...512 Hz
- Apuelektrodien vastusmittaus
- Korkea häiriöjännitteiden sieto 60 V (huippu)
- Datamuisti jälkitarkastelua ja raportointia varten

Käyttöjännite

- Ladattava akku
- Autolaturi 12 V



DataView®



Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

CA6470N Terca 3		
Ominaisuudet		
Maadoitusvastus 3 -napamenetelmä	Alue	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	40 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta ± 1 luku
Maadoitusvastus 4 -napamentelmä	Alue	0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,001 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	40 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 luku
Maaperän resistiivisyys 4 -napamenetelmä	Mittausmenetelmä	Wenner tai Schlumberg -menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω -metri tai Ω -jalanäytöllä
	Alue (automaattinen)	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	73...91,5...101...128 Hz, valittavissa
Ulkopuolisen jännitteen mitta	Alue (automaattinen)	0,1...65,0 VAC/DC - DC, 450 kHz asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ luettu tulos + 2 lukua
Vastus- Jatkuvuus- ja liitäntävastusmittaukset	Mittausmenetelmä	2- tai 4-johto, valittavissa
	Alue (automaattinen)	2-johto: 0,01 Ω ...99,9 k Ω , 4-johto: 0,001 Ω ...99,9 k Ω
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 2 lukua
	Testijännite	16 VDC (napaisuus +, - tai automaattinen)
	Testausvirta	> 200 mA max., kun R > 20 Ω
Muisti	Koko	512 mittausarvoa
	Kommunikointi	Optisesti eristetty USB
Muita ominaisuuksia		
Käyttöjännite	Ladattava akku	
Akun lataus	Ulkoinen käyttöjännite 18 VDC / 1,9 A tai 12 VDC (siirrettävissä)	
Turvallisuus	50 V CAT IV	
Mitat / Paino	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Tilaustiedot

> **CA6470N Terca 3**Sähkönumero: 6750270
Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja 2 napainen latausjohto, ohjelmisto, USB-kaapeli sekä käyttöohjeet



Lisävarusteet ja varaosat

DataView® -raportointiohjelmisto.....	P01102095
Pehmeä laukku	P01298066
Laukku	P01298067
12 VDC -autolaturi	P01102036
Optinen/RS232 -kaapeli.....	P01295252
Akkulaturi 230 V.....	P01102035
Akku	P01296021
Optinen USB -kaapeli.....	HX0056-Z

Lisätietoa mittaussarjoista löydät sivulta 30.

3 ja 4 -napaiset testerit maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

CA6471

Kyseinen testerit soveltuu myös maadoituksen diagnoosityökaluksi. Laite sisältää 5 eri mittaustoimintoa: maadoitusvastuksen mittausta, maadoitusvastuksen selektiivinen mittausta, maaperän resistiivisyyden mittausta, maadoitusjärjestelmän sekä yhteyden mittausta. IP67 -luokitukseen kuuluva kotelointi takaa laitteen soveltuvuuden kenttäkäyttöön. Sen toiminnallisia ominaisuuksia ovat: iso taustavalaistu näyttö, selvä liitäntöjen värikoodattu tunnistus ja halutun laitetoinnin valinta nopeasti ja turvallisesti kätevän kiertokytkimen avulla.

Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: soveltuu kenttäkäyttöön
- Suuri ja selkeälukuinen LCD-näyttö taustavalolla
- Digitaalinen näyttö näyttää mittausarvot suureineen
- Erittäin helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen tulojen sekä kaapeleiden ansiosta
- USB-liitäntä
- Yhteensopiva DataView® -ohjelmiston kanssa



CA6471



DataView®

Mittaukset

- Maadoitusvastuksen mittausta 3 tai 4 -napamenetelmällä
- Selektiivinen maadoitusvastuksen mittausta (4-napamenetelmä, pihdeillä tai silmukkavastuspihdeillä)
- Maaperän resistiivisyys: automaattinen laskenta (Wenner tai Schlumberg menetelmät)
- Kytkeytyvyys mittausta
- 200 mA:n jatkuvuus-/liitäntävastustestaus (2 tai 4 -johto)
- Mittaustaajuus: 41...512 Hz (apuelektrodilla) sekä 128...1758 Hz (selektiivinen mittausta pihdeillä)
- Apuelektrodien vastusmittausta
- Datamuisti jälkitarkastelua ja raportointia varten



Käyttöjännite

- Ladattava akku
- Autolaturi 12 V

Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

CA6471		
Ominaisuudet		
Maadoitusvastuksen mittaaminen 2:lla pihdillä	Alue	0,01 Ω ...500 Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...1 Ω
	Mittaustaajuus	Auto: 1367 Hz ; 128 Hz...1367 Hz...1611 Hz...1758 Hz valittavissa
Maadoitusvastuksen mittaaminen 3 -napamenetelmällä	Alue	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 luku 128 Hz asti
Maadoitusvastus 4 -napamenetelmällä / 4 -napamenetelmällä + pihdit	Alue	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 luku
Maaperän resistiivisyys	Mittausmenetelmä	Wenner tai Schlumberg -menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω -metri tai Ω -jalka näytöllä
	Alue (automaattinen)	0,01 Ω ...99,99 k Ω ; ρ max. 999 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
Ulkopuolisen jännitteen mittaaminen	Alue (automaattinen)	0,1...65,0 VAC/DC - DC 450 kHz asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 luku
Vastus- Jatkuvuus- ja liitäntävastusmittaukset	Mittausmenetelmä	2 -johto tai 4 -johto, valittavissa
	Alue (automaattinen)	2 -johto: 0,01 Ω ...99,9 Ω , 4 -johto: 0,001 Ω ...99,99 Ω
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 2 lukua
	Testausjännite	16 VDC (napaisuus +, - tai autom.)
	Testausvirta	> 200 mA max., kun R < 20 Ω
Tallennus	Muistikapasiteetti	512 mittausarvoa
	Kommunikointi	Optinen -eristetty USB
Muita ominaisuuksia		
Käyttöjännite	Ladattavat akut	
Akun lataus	Ulkoisen käyttöjännite 18 VDC / 1,9 A tai 12 VDC (siirrettävissä)	
Turvallisuus	50 V CAT IV	
Mitat / Paino	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Tilaustiedot ja varaosat

> **CA6471** Sähkönumero: 6750532
Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja 2 napainen latausjohto, 2 kpl C182-pihtiä, ohjelmisto, USB-kaapeli, pehmeä kantolaukku sekä käyttöohjeet.



Lisävarusteet ja varaosat

DataView® -raportointiohjelma	P01102095
Pehmeä laukku	P01298066
Laukku	P01298067
12 VDC -autolaturi	P01102036
Optinen RS232 -kaapeli	P01295252
Akkulaturi 230 VAC	P01102035
Akku	P01296021
Optinen USB-kaapeli	HX0056-Z
MN62-pihdit (Ø 20 mm, 2 m:n kaapeli ES-tulolla)	P01120452
C182-pihdit (Ø 52 mm, 2 m:n kaapeli ES-tulolla)	P01120333

Lisätietoa mittaussarjoista löydät sivulta 30.

Maadoitusvastustesteri korkeataajuusmittauksiin

CA6472

CA6472 maadoitusvastustesteriä käytetään korkeataajuusmittauksiin sekä maaperän resistiivisyyden mittaamiseen. Kyseinen laite on täydellinen työkalu kaiken tyyppisten maadoitusten analysointiin.

CA6472:n toimintaperiaatteeltaan sekä käytettävyydeltään hyvin samankaltainen kuin muut Chauvin-Arnoux -maadoitusvastustesterimallit. CA6474 voimanjohtoadapteri voidaan kytkeä yhteen CA6472:n kanssa voimakaapeleiden yksittäisten maadoittimien testaukseen rinnakkaismaattokytkennoissä.



CA6472

Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: kenttäkäyttöön soveltuva
- Suuri ja selkeälukuinen LCD-näyttö taustavalolla
- Digitaalinen näyttö näyttää mittausarvot suureineen
- Erittäin helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen tulojen sekä kaapeleiden ansiosta
- Näyttää kytkennän näytöllä
- USB-liitäntä
- Yhteensopiva DataView® -ohjelmiston kanssa



DataView®

Mittaukset

- Maadoitusvastuksen mittausta 3 tai 4 -napamenetelmällä
- Selektiivinen maadoitusvastuksen mittausta (4 -napamenetelmä, pihdeillä tai silmukavastuspihdeillä...
- Maaperän resistiivisyys: Laskee automaattisesti sekä Wenner että Schlumberg -menetelmän
- Maadoituksen mittausta
- 200 mA:n jatkuvuus-/ liitäntävastustestaus (2 tai 4 -johto)
- Rinnakkaismaadoituksen mittausta CA6474:n avulla
- Mittaustaajuus: 41...5078 Hz (parhaan taajuuden automaattinen tai manuaalinen haku)
- Apuelektrodien vastusmittaus
- Korkea häiriöjännitteiden sieto 60 V (huippu)



Käyttöjännite

- Ladattava akku
- Autolaturi 12 V

Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

CA6472		
Ominaisuudet		
Maadoitusvastus	Mittausalue	0,01 Ω ...500 Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...1 Ω
	Mittausaajuus	1367 Hz automaattinen, 128 - 1367 Hz - 1611 Hz - 1758 Hz valittavissa
Maadoitusvastus 3 -napamenetelmä	Mittausalue	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V rms, valittavissa
	Mittausaajuus	41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 luku (128 Hz)
Maadoitusvastus 4 -napamenetelmä / 4 -napamenetelmä + pihdit	Mittausalue	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittausaajuus	41 Hz...5078 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 luku
Maaperän resistiivisyys	Mittausmenetelmä	Wenner tai Schlumberg -menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω -metri tai Ω -jalka näytöllä
	Alue (automaattinen)	0,01 Ω ...99,99 k Ω ; Ω max. 999 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testausjännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittausaajuus	41 Hz...5078 Hz, valittavissa
Jännitteen mittaus	Alue (automaattinen)	0,1...65,0 VAC/DC - DC 450 kHz asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 luku
Vastuksenmittaus / Yhteyden hallinta	Mittauksen tyyppi	2 - tai 4 -napamenetelmä
	Alue (automaattinen)	2 -napa: 0,01 Ω ...99,9 Ω - 4 -napa: 0,001 Ω ...99,99 Ω
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 2 lukua
	Testausjännite	16 VDC (napaisuus +, - tai autom.)
	Testausvirta	> 200 mA max., kun R < 20 Ω
Tallennus	Muistikapasiteetti	512 mittausarvoa
	Kommunikointi	Optinen -eristetty USB
Muita ominaisuuksia		
Käyttöjännite	Uudelleenladattava NiMH -akku	
Akun lataus	Ulkoisen jännite 18 VDC / 1,9 A tai 12 VDC (siirrettävissä)	
Turvallisuus	50 V CAT IV	
Mitat / Paino	272 x 250 x 128 mm / 3,2 kg	

Tilaustiedot

> **CA6472** **Sähkönumero: 6750393**
Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja 2 napainen latausjohto, 2 kpl C182-pihtiä, ohjelmisto, USB-kaapeli, pehmeä kantolaukku sekä käyttöohjeet.



Lisävarusteet ja varaosat

DataView® -ohjelmisto.....	P01102095
Pehmeä laukku	P01298066
Laukku	P01298067
12 VDC-autolaturi	P01102036
Optinen/RS232 -kaapeli	P01295252
Akkulaturi 230 VAC	P01102035
Akku	P01296021
Optinen USB-kaapeli.....	HX0056-Z
MN82-pihdit (Ø 20 mm, 2 m:n kaapeli ES -tulolla)	P01120452
C182-pihdit (Ø 52 mm, 2 m:n kaapeli ES -tulolla)	P01120333

Lisätietoa mittaussarjoista löydät sivulta 30.

Lisälaite mastoille tehtäviin mittauksiin

CA6474

Käytetään yhdessä CA6472 -testerin kanssa voimakaapeleiden sekä tuulivoimaloiden maadoitusvastuksen testaukseen niiden ollessa käytössä. Selektiivisen maadoitusvastusmittauksen avulla voidaan mitata voimakaapelimaston vastus turvallisesti ja edullisesti ilman, että yksittäisen maston virta joudutaan katkaisemaan mittauksen ajaksi. Mittauksessa käytetään AmpFLEX™ -lenkkivirtapihtejä, riippumatta mastotyypistä.

Ergonomia

- IP67 -luokiteltu, kenttäkäyttöön soveltuva vedenpitävä kotelointi
- Käytetään yhdessä joustavien lenkkivirtapihtien kanssa (esim. Rogowski-kela)
- Soveltuu kaikenlaisiin mastojen mittauksiin (1-, 2-, 3- tai 4 -jalkaiset)
- Yhteensopiva DataView® -ohjelmiston kanssa



CA6474

Mittaus

- Maston maadoituksen vastus: Selektiivinen mittaus maston maadoitusvastuksen tarkastuksiin ilman sähköpiirin katkaisemista. Automaattisessa tilassa tehdyt mittaukset jopa 5 kHz taajuudella, kiintein taajuusaskelin tai skannausmenetelmällä
- Maston kokonaismaadoitusvastuksen mittaus
- Mittaa jokaisen jalan maadoitusvastuksen erikseen
- Kokonaislinjaimpedanssin mittaus
- Ilmajohdon maadoitusvastuksen mittaus ilman sähköverkoston sulkemista

Käyttöjännite

- Käytetään yhdessä CA6472:n kanssa



DataView®



Maadoitusvastuksen mittaus rinnakkaisella maadoitusjohdolla

CA6474	
Ominaisuudet	
Mittauksen tyyppi	Maadoitusvastus yhteensä Maadoitusvastuksen mittaus jokaiselle mastojalalle Linjaimpedanssi yhteensä Aktiivinen mittaus (CA6472) Passiivinen mittaus (kohinavirtojen avulla) 1, 2, 3 tai 4 samanaikaista mittausta (AmpFLEX) Herkkyyks: x 10, x 1, x 0,1 Virran mittaus: 0,01 mA...99,99 A
Alue	0,001 Ω ...99,99 k Ω
Tarkkuus	$\pm$ (5 % + 1 luku)
Taajuus	41...5078 Hz
Taajuuspyyhkäisy -toiminto	Kyllä
Muita ominaisuuksia	
Käyttäjännite / Tallennus / Mittausarvojen näyttö	CA6472:n avulla
Mitat / Paino	260 x 240 x 120 mm / 2,3

Tilaustiedot

> CA 6474 P01126510

Mukana varustelaukku: CA6472-CA6474 liitäntäkaapeli, 6 x 15 m:n BNC/BNC -kaapeleita, 4 x 8 m:n joustavaa AmpFLEX™ -lenkkivirtapihtiä, AmpFLEX™ -merkintäsarja, 2 x 5 m:n kaapeleita (vihreä ja musta) 4 mm:n turvallisuuksiitännällä (kelalla), 5 kpl Y-typin banaaniiliitäntää Ø 4 mm, 3 kpl säädettävää puristinta sekä kalibrointisilmukka.

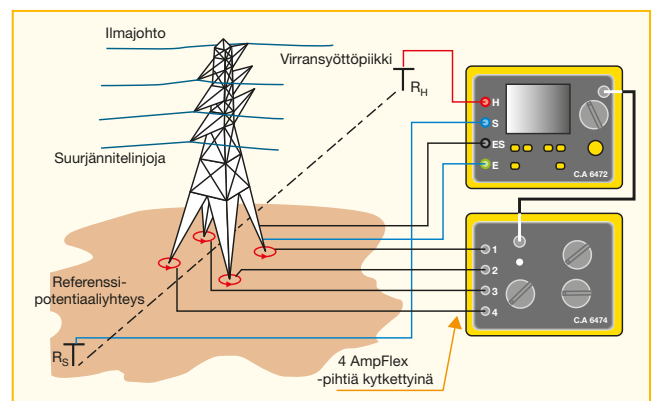


Mittausten suorittaminen kaikille mastotyypeille sekä tuulivoimaloille onnistuu AmpFLEX -virtapihtien avulla.

Lisävarusteet ja varaosat

CA6472 – CA6474 liitäntäkaapeliP01295271
BNC/BNC -kaapeli, 15 m.....P01295272
Joustavia AmpFLEX™
virtapihtejä, 8 mP01120551
AmpFLEX™ -merkintäsarja (12 osainen)P01102045
Vihreä kaapeli (E -tulolla), 5 mP01295291
Musta kaapeli (ES -tulolla), 5 mP01295292
Y-typin banaaniadapteriP01102028
Kalibrointisilmukka.P01295294

Joustavat AmpFLEX™ -lenkkivirtapihdit: Valittavana useita eri pituuksia ja tyyppisiä, alk. Ø 140 mm



Maadoitusvastuksen mittaus voimajohtomastolle CA6472:n sekä CA6474:n avulla.

Lisävarusteet Maadoitusvastuksen sekä maaperän resistiivisyyden mittaukseen

Chauvin-Arnoux tarjoaa korkealaatuisia tarvikkeita maadoitusvastuksen sekä maaperän resistiivisyyden mittaamiseen. Tulojen ja mittaaskaapeleiden värikoodauksen tuloksena saadaan aikaiseksi varmoja mittauksia. Kaapeleiden pituudet on suunniteltu sopimaan mittaustilanteeseesi. Kaapelikelojen käsittelyä helpottavat irrotettavat kahvat.

Nämä lisätarvikkeet ovat yhteensopivia kaikkien maadoitusvastustestereiden kanssa sekä maadoitusvastuksen että maaperän resistiivisyyden mittaamiseen.

Lisätarvikkeiden (apupiikit, kaapelit, rullat, hauenleuat jne.) kuljetus onnistuu kätevästi mukana tulevassa laukussa.



Maadoitusvastuksen mittaussarja P01102022
kunnossapitotarkastuksiin soveltuva, 3 -napa-
menetelmä.



Maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaussarja P01102024 maadoitusvastuksen mittaukseen 3 tai 4 -napamenetelmällä sekä maaperän resistiivisyyden testaus uudiskohteissa (kantolaukulla).

Tilaustiedot ja varaosat

> 50 m, 3-napa mittausarja P01102021

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 2 x 50 m kaapelikelaa (punainen, sininen), 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

> 100 m, 3-napa mittausarja P01102022

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 2 x 100 m kaapelikelaa (punainen, sininen), 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

> 50 m, 4-napa mittausarja P01102040

Mukana toimitetaan 4 kpl apupiikkiä, 2 x 50 m kaapelikelaa (punainen, sininen), 2 x 30 m kaapelikelaa (musta, vihreä), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

> 100 m, 4-napa mittausarja P01102024

Mukana toimitetaan 4 kpl apupiikkiä, 3 x 100 m kaapelikelaa (punainen, sininen, vihreä), 1 x 30 m (musta) 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

> 150 m, 4-napa mittausarja P01102025

Mukana toimitetaan 4 kpl apupiikkiä, 3 x 150 m kaapelikelaa (punainen, sininen, vihreä), 1 x 30 m (musta) 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

> Lisäsetti: 100 m P01102030

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 1 x 100 m kaapelikelaa ja 1 x 30 m kaapelikerä.

> Mittausarja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen, 100 m P01102030

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 1 x 100 m kaapelikelaa (vihreä), 1 x 30 m (musta).

> CA647X liitäntäsarja (µΩ mittauksiin) P01102037

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 4 x 1,5 m kaapeleita m kaapelikelaa Ø 4 mm:n banaani-liittimillä.

Lisävarusteet ja varaosat

> Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen:

Y-typin banaaniadapterisetti (5 kpl)	P01102028
Kelakahvasetti (4 kpl)	P01102029
Apuelektrodi (piikki)	P01102031
Kaapelikelaa, 150 m (punainen)	P01295260
Kaapelikelaa, 100 m (punainen)	P01295261
Kaapelikelaa, 50 m (punainen)	P01295262
Kaapelikelaa, 150 m (sininen)	P01295263
Kaapelikelaa, 100 m (sininen)	P01295264
Kaapelikelaa, 50 m (sininen)	P01295265
Kaapelikelaa, 100 m (vihreä)	P01295266
Kaapelikelaa, 30 m (musta)	P01295267
Kaapelikelaa, 30 m (vihreä)	P01295268
Kaapelikelaa, 10 m (vihreä)	P01102026
Olkalaukku nro. 8 (CA6421-23)	P01298061A
Pehmeä laukku (CA6460-72)	P01298066
Varustelaukku (CA6460-72)	P01298067
Akku (CA6462/70/71/72)	P01296021
Sulakesetti, HBC 0,1 A 6,35 x 31,5 mm (10 kpl)	P01297012
Laturi 230 V _{AC} (CA6470N/71/72)	P01102035
Autolaturi (CA6470-72)	P01102036
MN82 -pihdit (CA6471/72)	P01120452
C182 -pihdit (CA6471/72)	P01120333
DataView -ohjelmisto	P01102095

Maadoitusvastuksen mittaus pihtimenetelmällä

CA6416 & CA6417

Helppokäyttöiset silmukkavastuspihtimittarit CA6416 sekä CA6417 nopeaan ja turvalliseen maadoitusvastuksen mittaukseen, riippumatta vuodenajasta. OLED -näyttö mahdollistaa mutkattoman työskentelyn myös auringonvalossa.

Ergonomia

- Helppolukuinen OLED -näyttö
- Automaattinen Pre-Hold -toiminto
- Automaattinen kalibrointi
- Helppokäyttöinen pihtimekanismi
- Yhteensopiva GTC sekä DataView® -ohjelmistojen kanssa
- Saatavana Android -sovellus, mikä mahdollistaa mittaussijainnin tallentamisen

Mittaus

- Silmukkavastusmittaus 0,01...1500 Ω
- Maainduktanssin mittaus 10...500 μH
- Vuotovirran mittaus 0,2 mA...40 A
- Näyttää samanaikaisesti maadoitusvastuksen, vuotovirran, kosketusjännitteen sekä maavastuksen resistiiviset ja induktiiviset komponentit
- Muistikapasiteetti mahdollistaa 300 (CA6416) ja 2000 (CA6417) mittaustuloksen tallennuksen

Käyttöjännite

- Toimii 4 x AA 1,5 V -paristoilla tai 4 x NiMH -akuilla

Pihtirakenne:

Virtapihdin varsinainen mittapää on laitteen avainkomponentti, mikä takaa tuotteen korkean suorituskyvyn. Chauvin-Arnoux® -silmukkavirtapihdit koostuvat kahdesta, toisistaan riippumattomista, magneettiireistä erinomaisella kohinavaimennuksella. Laitteen mekaaninen muotoilu sekä kätevä avausmekanismi tekevät pihdeistä erittäin helppokäyttöiset, mikä vaikuttaa myös saatujen mittaustulosten tarkkuuteen. Mittapään kosketuspinta on suunniteltu ehkäisemään mittaustuloksia häiritsevien partikkeleiden tarttumista.



CA 6416 & CA 6417	
Tekniset tiedot	
Silmukkavastusmittaus 1 500 -lukuinen näyttö	Mittausalue (Ω) / Tarkkuus (Ω) / Epätarkkuus 0,010...0,099 / 0,001 / $\pm 1,5 \% \pm 0,01$ luettu arvo 0,10...0,99 / 0,01 / $\pm 1,5 \% \pm 2$ luettu arvo 1,0...49,9 / 0,1 / $\pm 1,5 \% \pm$ luettu arvo 50,0...99,5 / 0,5 / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo 100...199 / 1 / $\pm 3 \% \pm$ luettu arvo 200...395 / 5 / $\pm 5 \% \pm$ luettu arvo 400...590 / 10 / $\pm 10 \% \pm$ luettu arvo 600...1150 / 50 / n. 20 % 1200...1500 / 50 / n. 25 %
Taajuudet	Mittausaajuus 2,083 Hz / Laskentataajuus 50, 60, 128 tai 2 083 Hz
Silmukkaimpedanssin mittaus	$\pm (5 \% + 1 \text{ luku})$
Taajuus	Mittausalue (μH) / Tarkkuus (μH) / Epätarkkuus 10...100 / 1 / $\pm 5 \% \pm$ luettu arvo 100...500 / 1 / $\pm 3 \% \pm$ luettu arvo
Kosketusjännite	Mittausalue (V) / Epätarkkuus (V) 0,1...4,9 / 0,1 5,0...49,5 / 0,5 50,0...75,0 / 1
Virranmittaus 4 000 -lukuinen näyttö	Mittausalue (A) / Tarkkuus (A) / Epätarkkuus 0,200...0,999 mA / 1 μA / $\pm 2 \% \pm 50 \mu\text{A}$ 1,000...2,990 mA - 3,00...9,99 mA / 10 μA / $\pm 2 \% \pm 50 \mu\text{A}$ 10,00...29,90 mA - 30,00...99,9 mA / 100 μA / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo 100,0...299,0 mA - 0,300...0,990 mA / 1 mA / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo 1,000...2,990 A - 3,00...39,99 A / 10 mA / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo
Asetukset	
Käyttäjätilat	Oletus- tai Edistynyt
Hälytys	Konfiguroitavissa
Summeritoiminto	Aktiivinen
HOLD -toiminto	Manuaalinen tai automaattinen PRE-HOLD
Automaattinen sammutus	Aktiivinen / Passiivinen
Tekniset tiedot	
Näyttö	152 -osainen OLED -näyttö, koko: 48 x 39 mm
Kaapelin maksimihalkaisija	35 mm
Tallennus	300 (CA6416) TAI 200 (CA6417) aika- ja päivämäärämerkittyä mittausarvoa
Kommunikointi	Bluetooth, taso 2 (CA6417)
Käyttöjännite	4 x 1,5 V LR6 (AA) alkaline -paristoa TAI 4 x NiMH -paristoa
Käyttöaika	1440 mittausta x 30 s
Kalibrointi	Automaattisesti käynnistyksen yhteydessä
Sähköturvallisuus	IEC 61010 600 V CAT IV
Suojaluokitus	IP40
Koko	55 x 95 x 262 mm
Paino	n. 935 g paristoinen

Tilaustiedot

- > **CA6416** Sähkönumero: 6750530
Mukana kantolaukku, 4 x 1.5 V:n paristot
- > **CA6417** Sähkönumero: 6750531
Mukana kantolaukku, 4 x 1.5 V:n paristot, GTC -ohjelmisto

Lisävarusteet

- CA64 -kalibrointisilmukka..... P01122301
DataView® -ohjelmisto..... P01102095
Bluetooth modeemi USBP01102112
Kova kantolaukku P01298080

SLO MYYNTIKONTTORIT

ETELÄ

Espoo	Olarinkuoma 14, 02200 ESPOO	010 283 2600
Helsinki, Hermann	Työpajankatu 2, 00580 HELSINKI	010 283 2550
Helsinki, Kamppi	Hietaniemenkatu 14, 00100 HELSINKI	010 283 2720
Helsinki, Keskusta	Kesäkatu 1-3, 00290 HELSINKI	010 283 2500
Lohja	Takasenkatu 56, 08150 LOHJA	010 283 2750
Porvoo	Yrittäjäkatu 24, 06150 PORVOO	010 283 2800
Riihimäki	Tehdaskatu 1, 11710 RIIHIMÄKI	010 283 2850
Tuusula	Hietakatu 1, 04300 TUUSULA	010 283 2950
Vantaa, Koivuhaka	Mäkituvantie 3, 01510 VANTAA	010 283 2900
Vantaa, myyntikont.	Pitkäkatu 2, 01740 VANTAA	010 283 2300
Vantaa, Tuusulan m.	Pitkäkatu 2, 01740 VANTAA	010 283 2330

LÄNSI

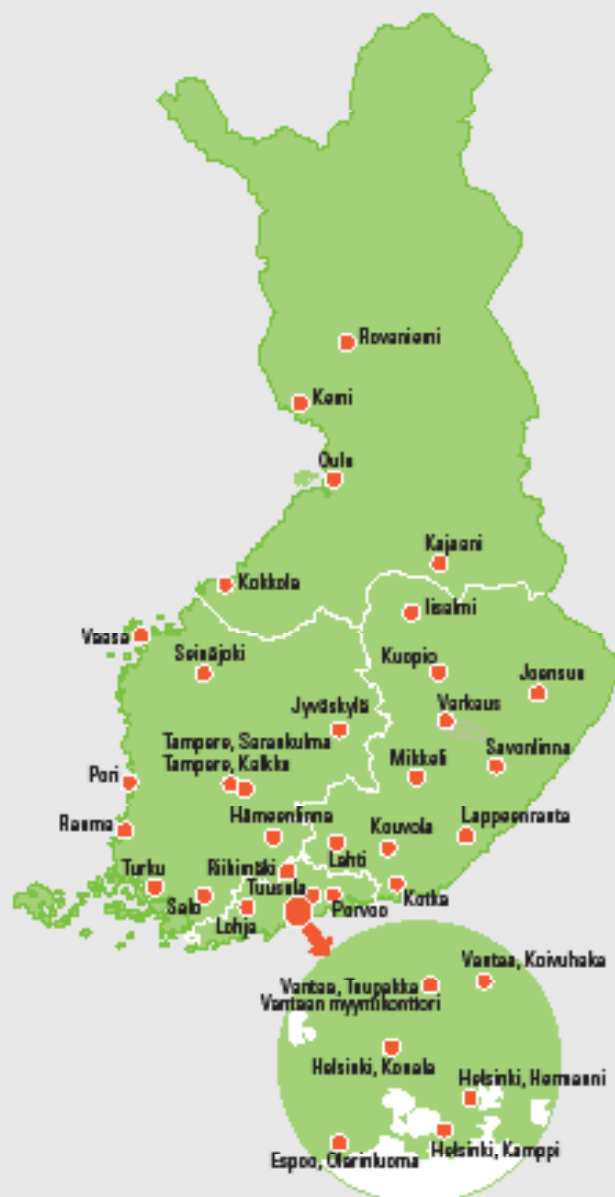
Hämeenlinna	Mäkelintie 1, 13130 HÄMEENLINNA	010 283 2650
Jyväskylä	Seppäläntie 5, 40320 JYVÄSKYLÄ	010 283 3600
Pori	Havahduskatu 1 A, 28600 PORI	010 283 3240
Rauma	Aittakatu 12, 26100 RAUMA	010 283 3460
Salo	Myllyojankatu 10, 24100 SALO	010 283 3440
Seinäjoki	Väinökatu 18, 60120 SEINÄJOKI	010 283 3560
Tampere, Sarankulma	Pietarinkatu 10, 33900 TAMPERE	010 283 3200
Tampere, Kallio	Kolmihäntäkatu 6, 33330 TAMPERE	010 283 3222
Turku	Radiomiehentie 2, 20230 TURKU	010 283 3400
Vaasa	Silmukkatie 4, 65100 VAASA	010 283 3500

ITÄ

Iisalmi	Ratapolkku 1, 74120 IISALMI	010 283 3740
Joussuu	Kuumanenkatu 31, 80130 JOENSUU	010 283 3750
Kotka	Jylpyntie 14, 48230 KOTKA	010 283 3840
Kouvola	Seppäkatu 4, 45130 KOVOLA	010 283 3800
Kuopio	Ajantie 2, 70780 KUOPIO	010 283 3700
Lahti	Jussilankatu 5, 15680 LAHTI	010 283 2700
Lappeenranta	Myllymäenkatu 15, 53100 LAPPEENRANTA	010 283 3860
Mikkeli	Töölökatu 12, 50130 MIKKELI	010 283 3880
Savonlinna	Ilkallionkatu 6, 57200 SAVONLINNA	010 283 3770
Varkaus	Käsitökatu 45, 78210 VARKAUS	010 283 3790

POHJOINEN

Kajaani	Järnkatu 2, 87100 KAJAANI	010 283 3980
Kemi	Mekaniikkatie 4, 94600 KEMI	010 283 3940
Kokkola	Tervahovin tie 2, 67100 KOKKOLA	010 283 3540
Oulu	Kallisensuonkatu 5, 90400 OULU	010 283 3900
Rovaniemi	Aittatie 1, 96100 ROVANIEMI	010 283 3960





Lataa SLO App

- Kätevä ja monipuolinen tuotehaku
- Seurattavuus
- Asiakashinnat
- Tilaukset

Toimii verkkokauppatunnuksella!

MYYMÄLÄT PALVELEVAT MA-PE klo 7.00-16.00

SLO Verkkokauppa www.slo.fi

Verkkokauppa palvelu 24/7 sähkö- ja teloterveikköiden tilauksiin.

VALTAKUNNALLINEN TILAUSKESKUS

Ma-pe klo 7.00-17.00, pikatilaukset klo 16.00-17.00.

Puh. 010 283 2222, faksi 010 283 2044, tilauskeskus@slo.fi

HÄTÄPALVELU ma-pe klo 17.00-7.00, la-su 24h. Puh. 010 283 3333

SLO

SÄHKÖTARVIKKEITA AMMATTILAISILLE