

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.

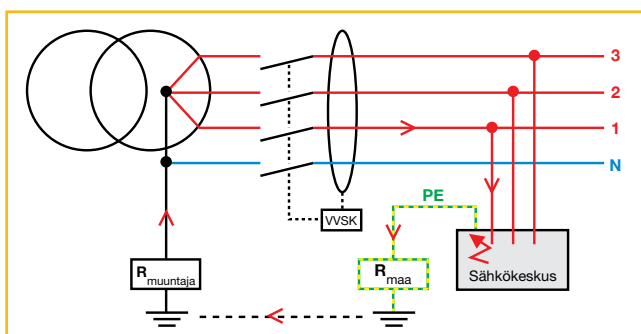
Mikä tekee maadoituksesta välttämätöntä?

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 kytkös 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 hengenvaaralliseksi 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.

Esimerkinä TT-järjestelmä > TN-järjestelmä:

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

Esimerkinä 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

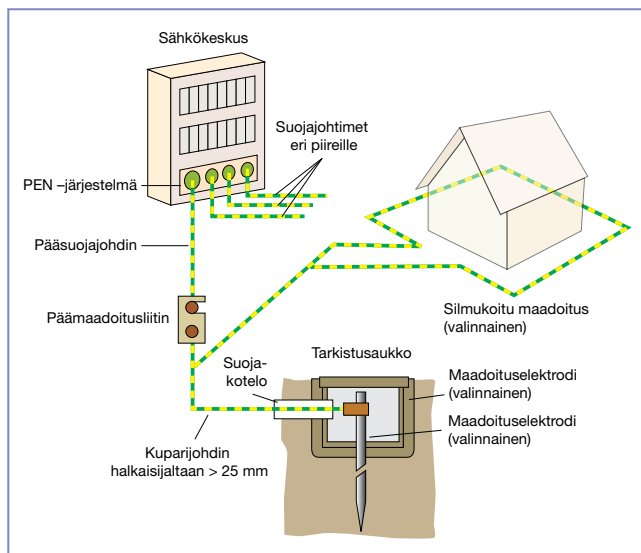
	Max. VVSK:n nimellisvirta (Δn)	Maadoituselektrodin max. vastus suojamaahan kytkemiseksi (Ohm)
Alhainen herkkyys	20 A	2,5
	10 A	5
	5 A	10
	3 A	17
Keskiherkkyys	1 A	50
	500 mA	100
	300 mA	167
	100 mA	500
Korkea herkkyys	≤ 30 mA	> 500

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).

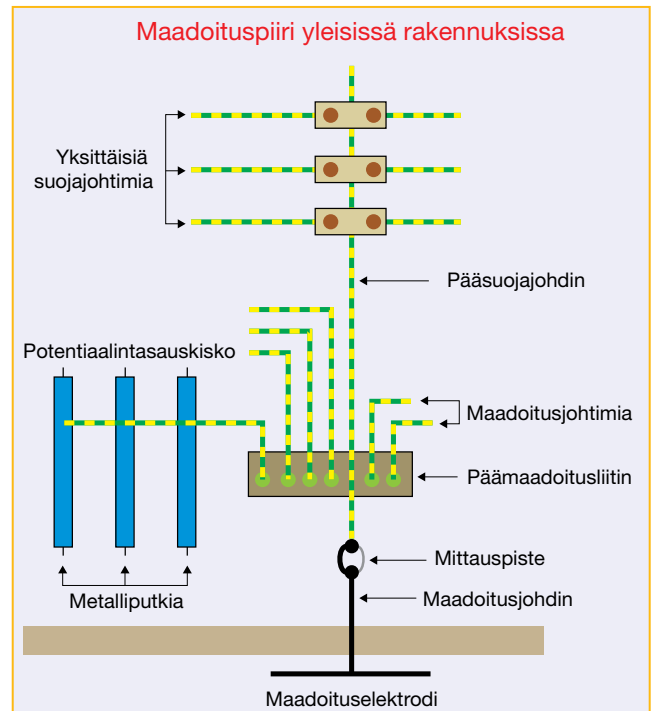


Maadoitustyyppistä riippumatta on tärkeää, että maadoittimen ja maan välinen yhteys on hyvä, jotta vuotovirrat johtuvat turvallisesti maahan. Maadoituksen laatuun vaikuttaa pääasiassa kolme asiaa:

- 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, mittausliitäntäosasta, 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).

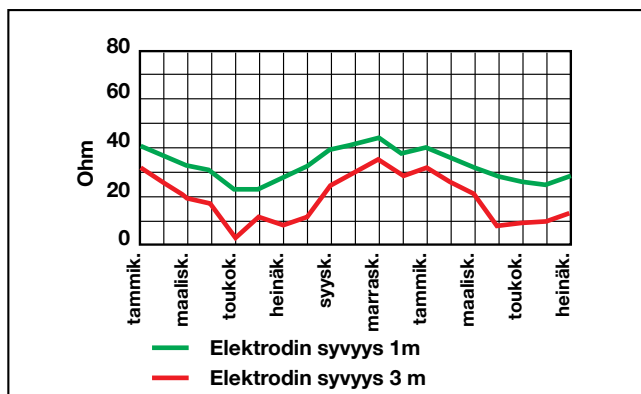
Saadut mittausarvot vaihtelevat näin ollen vuoden-aikojen ja muiden ympäristöolosuhteiden mukaan.

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

On suositeltavaa sijoittaa maadoitus aina mahdollisimman syväälle maahan.

Maadoitusvastuksen mittausopas

Alla oleva kuva havainnollistaa maadoitusvastusarvojen vaihtelua eri vuodenaikoina (elektrodi sijoitettuna 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.

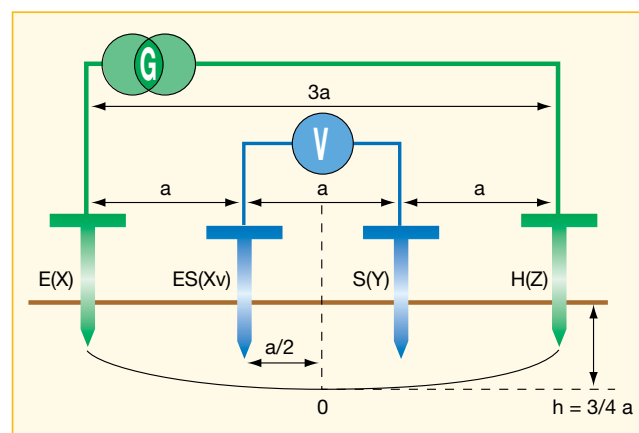
Mittausmenetelmässä käytetään 4-johdin maadoitusvastustesteriä, joka syöttää mittausvirran ja mittaa ΔV -arvon.

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

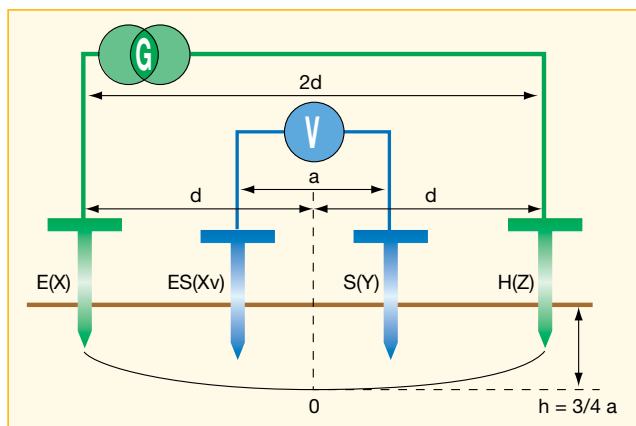
Schlumberg-menetelmä on hyvin samankaltainen kuin Wenner-menetelmä. Ainoa ero liittyy apuelektrodien sijoitteluun:

- 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 säästävää 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-Arnoux'n 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?
- maadoituselektrodi irrottaa ja onko elektrodin ainoa maadoitus vai kytketty muihin?
- mitä mittauksia edellytetään ja missä olosuhteissa mittaukset tehdään (esim. taajama, maasto)?

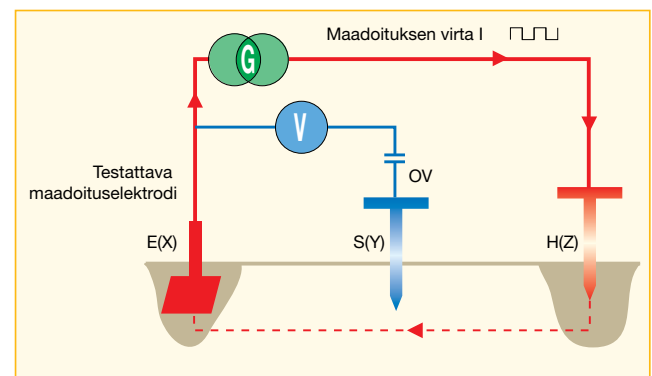
Maadoitusvastusmittaus yhden elektrodin asennuksessa

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-potentiaalikohtaan sijoitetun apuelektrodin (S) väliltä. Vastus voidaan näin ollen määrittää jakamalla mitattu jännite syötetyllä vakiovirralla (I) alla olevan kaavan mukaisesti:

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



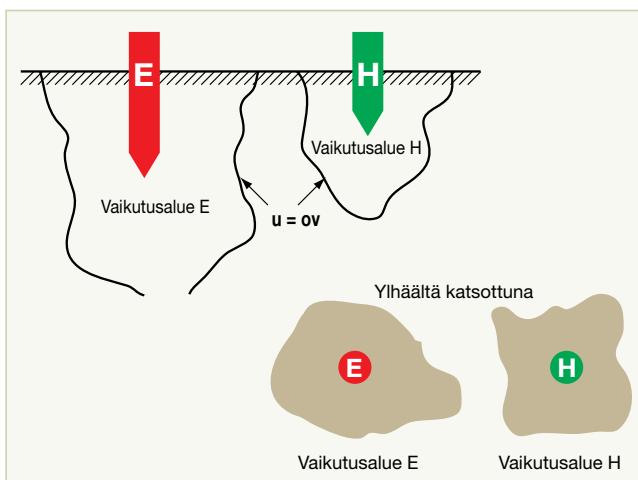
Tärkeää:

Vikavirta kulkee ensin maadoituksen kontaktivastusten läpi. Kun siirrytään etäämmäs elektrodista rinnakkaisten kytkentymisteiden (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 potentiaalielektrodi) 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-elektrodiä ja toistaa mittaus, jolloin sama mittaustulos varmistaa onnistumisen.

3-napamenetelmä (62 %-n-menetelmä)

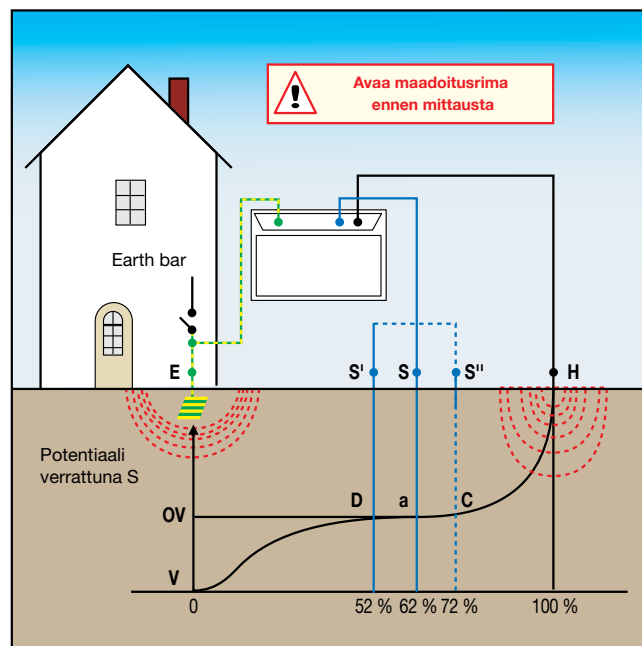
Tämä menetelmä vaatii kahden apuelektrodin käyttöä virransyöttöön ja 0 V:n potentiaalilinjan muodostamiseen. Apuelektrodien oikeanlainen asennointi suhteessa mitattavaan maadoitukseen E (X) on tärkeää.

Oikeiden mittaustulosten saamiseksi, on tärkeää että "0 V potentiaalilinjan apuelektrodit" ei aseteta E ja H -elektrodien välisen virran (i) vaikutusalueelle.

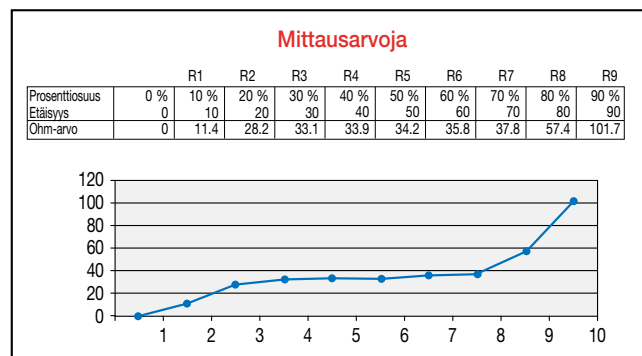
Kenttäkokemusten perusteella on havaittu, että paras menetelmä hyvälle mittaustarkkuudelle saavutetaan asettamalla S elektrodi 62 %:n etäisyydelle E:stä, kohtisuoraan linjaa E-H vastaan.

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)

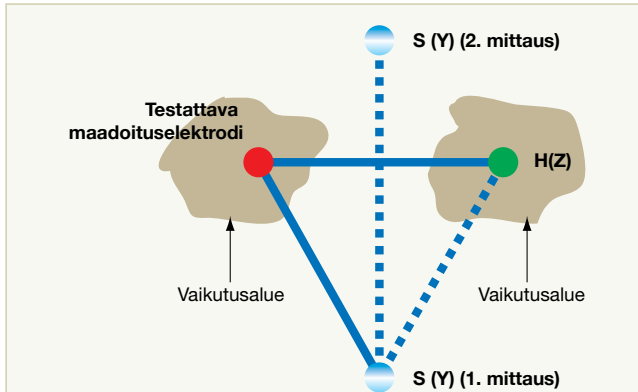
Tässä menetelmässä käytetään kahta apuelektrodiä. Kyseistä menetelmää käytetään, ellei "62 %-n menetelmää" voida käyttää (elektrodien asettaminen ei ole mahdollista).

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 mittaustulokset poikkeavat merkittävästi johtuu se siitä, että S sijaitsee maadoituselektrodin vaikutusalueella. Apuelektrodiä tulee tällöin siirtää ja mittaus uusia. Muutamien prosenttien eroavaisuus mittaustulosten välillä on sallittu. Vaikka päästäisiin samoihin mittaustuloksiin molemmilla mittauskertoilla, voivat tulokset silti olla epäluotettavia (johtuen vaikutusalueen laajuudesta).

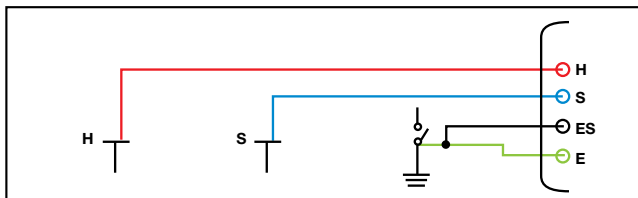
Toistamalla mittaus mittausväliä pidentämällä varmistetaan oikeiden mittaus tulosten saavuttaminen.



4-napamenetelmä

Menetelmä on perusteiltaan samankaltainen 3-napa mittaukseen nähden. Se sisältää lisäksi kytkennän 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 toimintoa 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.

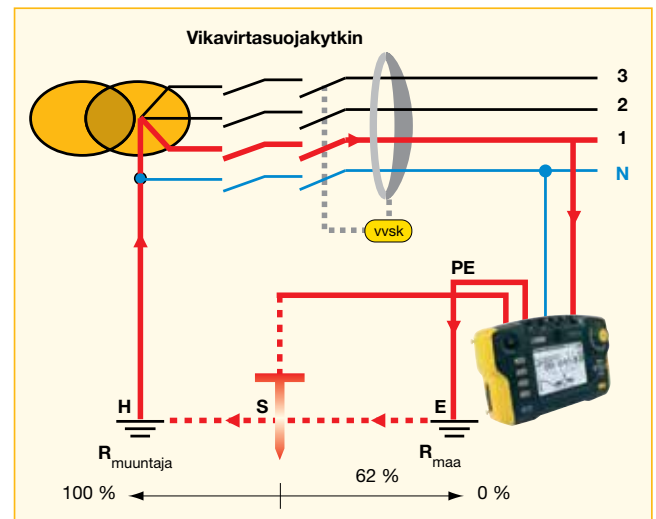
Tällöin potentiaalintasauskiskosta voidaan irrottaa maadoituselektrodi mittausta varten, jotta voidaan varmistua todella po. maadoitusvastuksen arvo. Muutoin maadoitusvastus koostuisi potentiaalintasaukseen liitettyjen, esimerkiksi vesijohto- tai kaasuputkien yms. yhteisvaikutuksesta. Maadoitusvastuksen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

Δ Irrota maadoituselektrodi vain jännitteettömästä verkosta!

Muunneltu 62 %:n menetelmä (yhellä apuelektrodilla)

(Ainoastaan TT- tai IT-järjestelmille)

Tämä menetelmä ei vaadi maadoitusriman avaamista ja siinä käytetään ainoastaan yhtä maadoitus sauvaa (S). Jakelumuuntajan 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 maadoitus kiskosta mittauksen ajaksi. Näin säästyy aikaa ja tekee menetelmästä turvallisemman.

Vaihe-PE silmukkamittaus

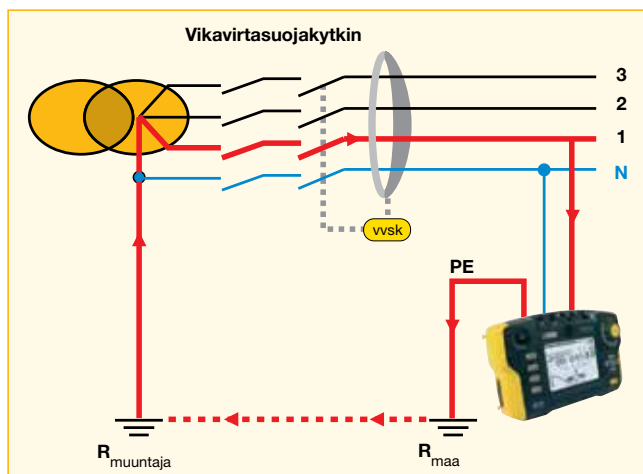
(Ainoastaan TT-järjestelmille)

Kaupunkiverkoston 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 kaupunkiverkostoissa ilman apuelektrodeja. Mittaus suoritetaan yksinkertaisesti verkkopistokkeen kautta.

Näin suoritettu silmukkaimpedanssimittaus sisältää maadoitusvastukseen summautuvana muuntajan sisäisen vastuksen ja mittaussiirin kaapelien vastuksen. Koska summautuvat vastukset ovat pieniä, edustaa mittaus tulos maadoitusvastusta.



Maadoitusvastuksen todellinen arvo on siksi mitattua arvoa pienempi:

R mitattu > R 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 mittausmenetelmiä voidaan käyttää yksittäisen maadoituksen mittaamiseen. Jos maadoitus koostuu useasta rinnakkaismaadoituksesta, on yksittäisen maadoituksen eristäminen sekä mittaus lähes mahdotonta. Tällaisissa tapauksissa mitataan kaikkien maadoitusten rinnankytkettyyn vastusarvoon. Toinen ratkaisu on se, että jokainen maadoitus 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 mittausmenetelmää; apuelektrodilla tai ilman. Kaikki selektiiviset maadoitusvastuksen mittausmenetelmät:

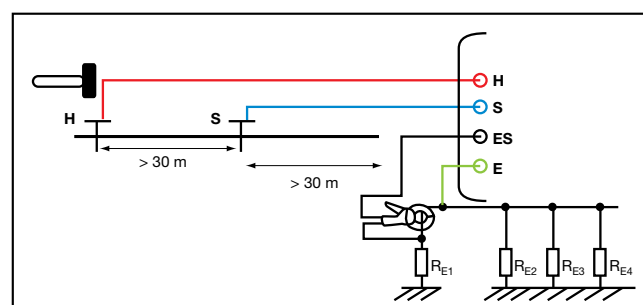
- Säästävät aikaa: virtapihdin avulla voidaan mitata maadoituksessa kulkeva virta ja ohittaa näin rinnakkaiset maadoituspiirit.
- Takaavat henkilö- ja laitteistoturvallisuuden sillä järjestelmän maadoitusta ei katkaista.

Selektiivinen 4-napamittaus

Kun perinteistä 3- tai 4-napa mittausmenetelmää 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 rinnakkaismaadoitusten kokonaisvastus.

Rinnakkaismaadoitusten vaikutuksen välttämiseksi on kehitetty selektiivinen 4-napa mittausmenetelmä. 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

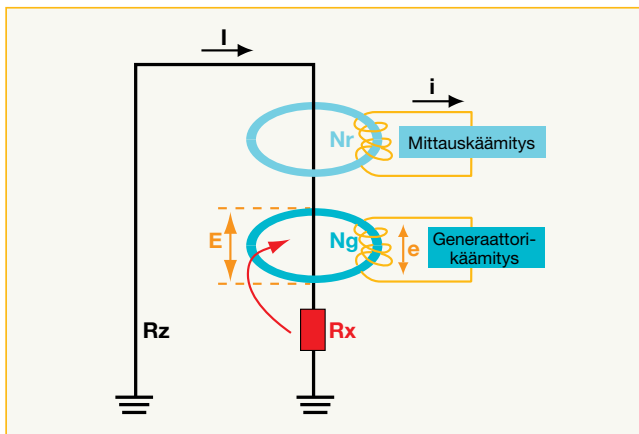
Nämä mittausmenetelmät ovat "vallankumouksellisia" perinteisiin menetelmiin nähden: Kuten selektiivinen 4-napamittaus, nämäkään 2 menetelmää eivät vaadi rinnakkaisen maadoitusjärjestelmän erottamista ja säästävät aikaa, koska ei ole tarpeellista etsiä apuelektrodeille sijoituspaikkoja.

Mittausperiaate:

Mittausmenetelmän edut ovat sen yksinkertaisuus ja nopeus: Maadoitusvastuspihtimittari laiteetaan maadoituskaapelin ympärille ja mitataan maadoitusvastusarvo sekä maadoittimen läpi kulkeva virta.

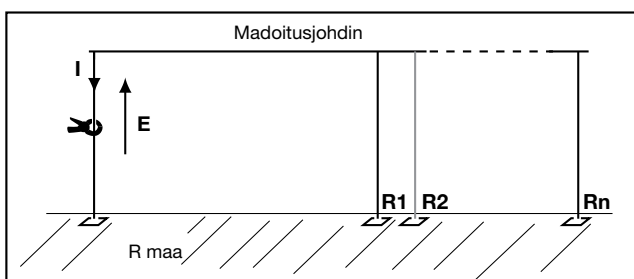
Maadoitusvastuspihtimittari koostuu kahdesta käämityksestä; "generaattorikäänitys" ja "vastaanotinkääänitys".

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



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

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



Jos jännite E annetaan jossakin pisteessä maadoitusjärjestelmässä Rx, 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 mittaussarvo)

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

$R_1 // R_2 \dots // R_n$ (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:

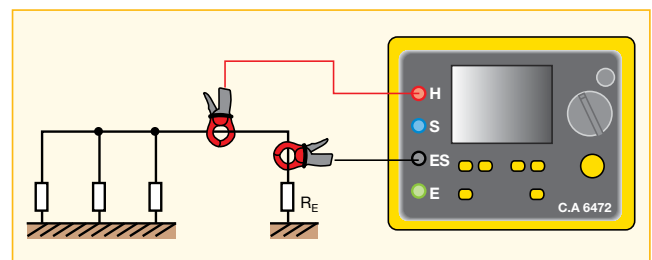
Mitattu $R_{\text{loop}} = R_x$ (maadoitusarvon vastus, jota mitataan).

Silmukkamittaus kahdella pihdillä

Mittausperiaate on sama kuin maadoitusvastusvirta-pihtimenetelmässä.

Mittausperiaate:

Kaksi maadoitusvastustesteriin kytkettyä virtapihtyä asetetaan testattavan maadoitusjohtimen ympärille. 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 pihtyä: 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-Arnoux'n C- tai MN-pihtien kanssa edellä mainitun menetelmän mukaisesti. Pihdit soveltuvat käytettäväksi kaikenlaisien johtimien sekä liitäntöjen mittauksessa.

Ennen kuin ryhdytään mittaamaan silmukavastuspihtimittareilla, 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 20Ω maadoituselektrodi rinnan $100 \mu\text{uun}$ 20Ω elektrodin kanssa.

Silmukan vastusarvoksi saadaan:

$$R_{\text{loop}} = 20 + 1 / 100 * (1/20) = 20 + 1/5 = 20,2 \Omega$$

Esimerkki 2:

Ajatellaan kahden 20Ω maadoituselektrodia rinnan kytkettyinä.

Silmukan vastusarvoksi saadaan:

$$R_{\text{loop}} = R1 + R2 = 40 \Omega$$

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

2 – Mittauspiirin tunnistaminen

Silmukkavastuspihtimittarimenetelmän käyttö vaatii sen, että mittaaja ymmärtää maadoitusjärjestelmän rakenteen:

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

3 – Mittaustaajuus ja impedanssi

On tärkeää huomata, että edellä kuvatuissa mittauksissa puhutaan "silmukkavastuksista". Havaitaan, että pihdin mittauseriaate 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 mitättömiä verrattuna silmukkavastukseen, joten silmukkaimpedanssi Z vastaa silmukkavastuksen R -arvoa.

Pitkissä verkoissa, kuten esimerkiksi rautatietelinjat ei Induktiivisen osa ole enää merkityksetön. Tällaisessa tapauksessa mitattu silmukkaimpedanssi on todellista silmukkavastusta suurempi.

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

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

Kytkeytyvyyden mittaus

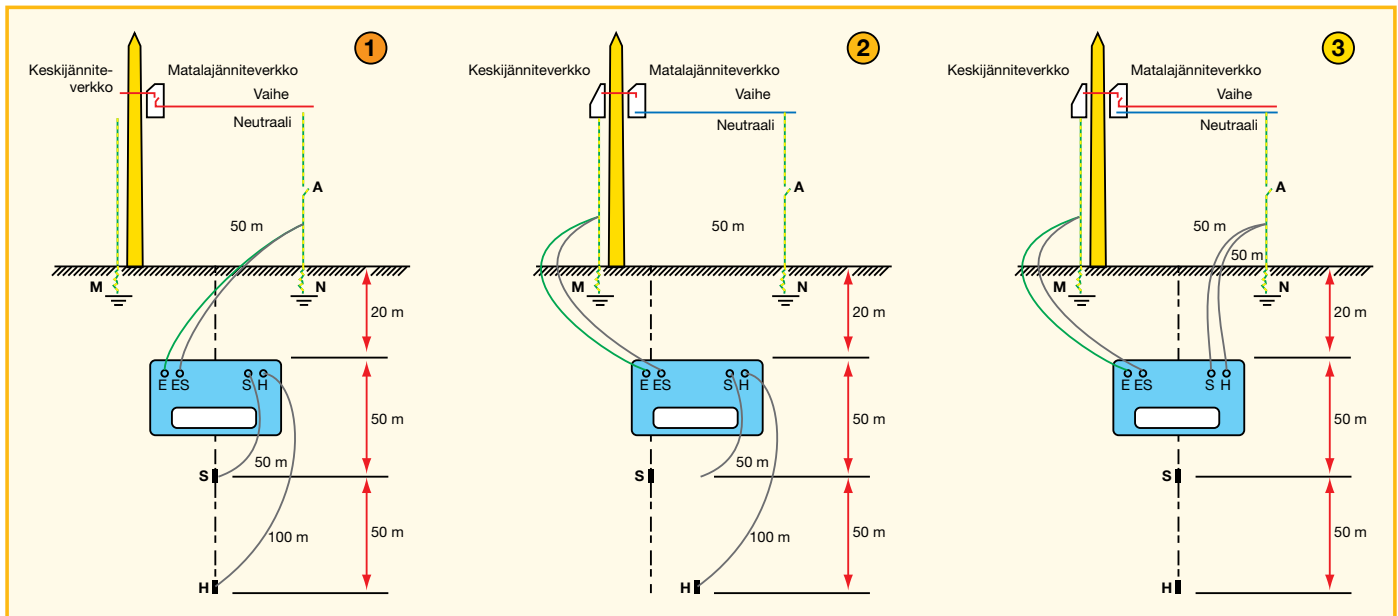
Menetelmää käyttävät yleisesti sähköntoimittajat keski- ja käyttöjänniteverkostojen välisen kytkennän testauksessa. Tämä tarkoittaa kahden maadoitusjärjestelmän - joita ei normaalisti ole kytketty yhteen - tarkistusmittausta.

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 potentiaalinen nousuun ja näin ollen myös matalajänniteverkoston nollopotentiaalinen nousuun, minkä seurauksena voi syntyä vaaratilanteita sekä ihmisille että pienjänniteverkkoon kytketyille laitteistoille.

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

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

- riittävä etäisyys mitattavasta maadoitimesta 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: $R_{\text{neutraali}}$

*A (nollaus) tulee avata, jotta ensimmäisen maadoitus-selektrodin 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 $R_{\text{alusta/nolla}}$

- 4 Laske kytkeytyvyys:

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

- 5 Laske kytkeytyvyyskerroin:

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

HUOM. Muista sulkea nolla **A**.

Maadoitusvastuksen mittaus suurilla taajuuksilla

Kaikki tähänastiset maadoitusvastuksen mittaussuunnitelmat suoritetaan alhaisilla mittaustaajuuksilla, mikä 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 kytketyistä erilaisiin maadoituksiin. Toisaalta joissakin vanhoissa asennuksissa voi olla "piilotettu" kytkentä muihin maadoituksiin vaikka maadoitus irrotettaisiin potentiaalintauskiskosta. Vaikka kyseisten maadoitusten induktanssin vaikutus on alhainen matalilla taajuuksilla, voi se nousta korkeisiin arvoihin suurilla taajuuksilla (esim. salamäniskiessä). 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.

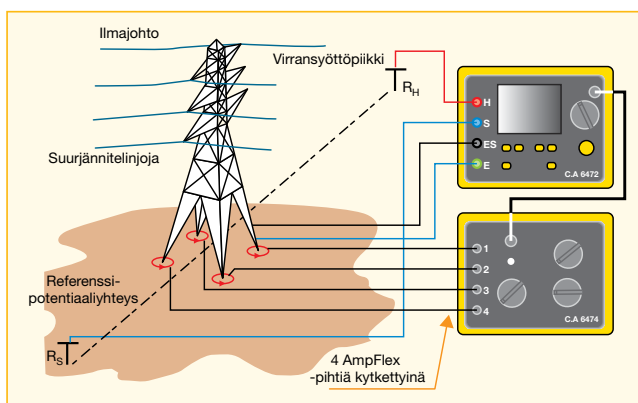
Maadoitusvastuksen mittausta yhdessä taajuusanalyysin kanssa voidaan näin ollen käyttää maadoitusjärjestelmän käyttäytymisen arviointiin tilanteissa, joissa salama iskeytyisi kohteeseen.

Maadoitusvastuksen mittaus pylväsvoimainlinjojen maadoituskaapeleille

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

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

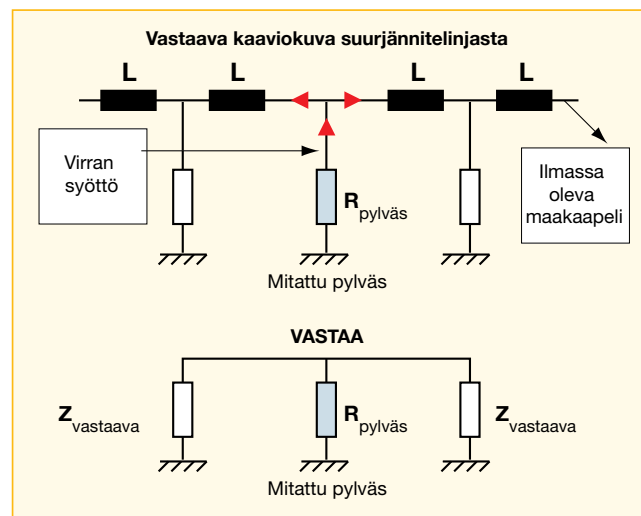
Kun maadoitusvastustesteri CA6472 kytetään yhteen vektoriprosessointilaitte CA6474:n kanssa, voidaan menettelyä käyttää selektiivisenä maston maadoitusmittausmenetelmänä ja mitata vastus vaikka mastomaadoitus on osa rinnakkaismaadoitusjärjestelmää. Kyseisellä kahden mittalaitteen menetelmällä on kaksi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

1. Joustavien lenkkivirtapihtien käyttö (AmpFLEX™)

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

2. Korkeataajuus (5 kHz asti) mittaus antaa:

- yhteismitallisen Z-arvon (kts. oikealla sijaitseva kaavio), joka on paljon suurempi kuin mitattava maadoitusvastus. Ilmassa pylväiden kautta kulkevan maadoitusjohdon virta tulee suuren mittaustaajuuden ansiosta merkityksettömäksi 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 salamakäyttäytymistä.



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 mittauksien olomuotoisuudesta riippumatta, sillä korkea maaperän resistiivisyys voi estää riittävän mittausvirran pääsyn maahan, jolloin aktiivista menetelmää ei voi käyttää.

Muita mittauksia

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

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

Ilmamaakaapelin liittännän laadun arviointi

Virran kulkiessa ilmassa maadoituskaapelissa ja sitten pylvään kautta maahan pitää liittäntöjen olla hyvälaatuisia. Mittaamalla virta pylvään yläpäässä ja liittäntävastus ilmamaadoituskaapelin ja pylväskaapelin välillä voidaan todeta liittännän 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 johtueen maan resistiivisyydestä (esim. kiviperäinen maa) on sillä vaikutusta mittaustarkkuuteen; mittausvirta 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 häiriöjännitteen 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 valiten automaattisesti pienikohinaisimman mittaustaajuuden.

Siten apuelektrodien vastuksen mittauksessa toiminnot, joilla parannetaan häiriöjännitesietoa säästävät aikaa kentällä ja auttavat ymmärtämään ja ratkaisemaan virhetilanteita. Kuitenkin, jos mittausarvo 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 mittausolosuhteisiin:

- 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 välttämättä metallipintojen, kaapeleiden, kiskojen, aitojen jne. läheisyyttä.
3. Jotta saavutetaan hyväksyttävä mittaustarkkuus on käytettävä matalan resistiivisyyden apuelektrodeja ja mikäli mahdollista upottaa ne syvälle maahan ja/tai kostuttaa maaperää.
4. Mittaustuloksen varmistamiseksi suositellaan suorittamaan uusintamittaus sen jälkeen, kun vertailuelektrodia 0 V on siirretty.

Katsaus erilaisiin maadoitusvastuksen mittausmenetelmiin

	Maaseuturakennus, jossa mahdollisuus upottaa apuelektrodeja	Kaupunkirakennus, jossa ei voi käyttää apuelektrodeja
Yksi apuelektrodi		
3-napa "62 %" menetelmä	■	
Kolmio-menetelmä (2 elektrodiä)	■	
4-napa -menetelmä	■	
Muunneltu 62 % -menetelmä (1 elektrodi)		■ Ainoastaan TT-järjestelmä
Vaihe-PE -silmukkamittaus	■	■
Monta apuelektrodiä rinnankytkettyinä		
Selektiivinen 4-napa -menetelmä	■	
Maadoitusvastuspihti	■	■
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 silmukkamittaus- ja 3-napamittaus käyttäen elektrodeja. 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-napamittauksella 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 mittaus tulokset vaihtelevat merkittävästikin ilmasto-olosuhteista riippuen.



Muistiinpanoja:

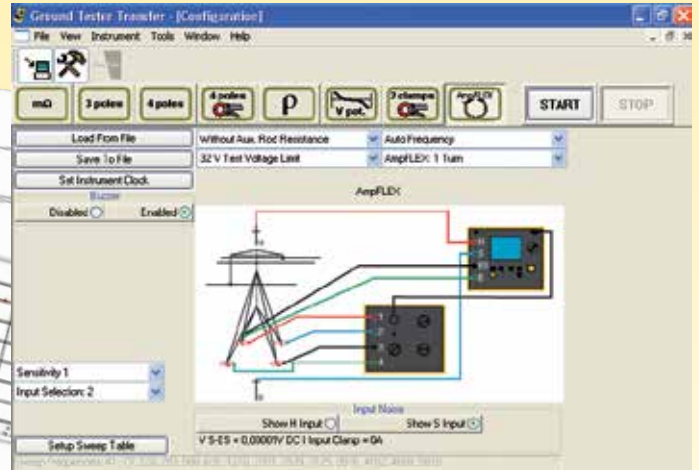
DataView®

(Yhteensopiva CA6470N, CA6471, CA6472 ja CA6474 kanssa)

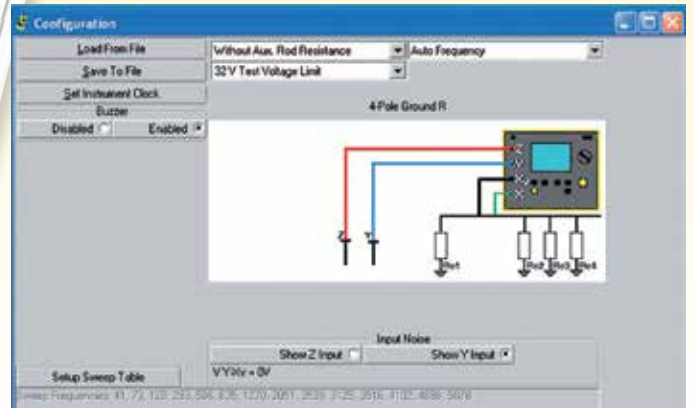
Lisenssivapaa ohjelmisto laitteiden konfigurointiin ja etähallintaan sekä reaaliaikaiseen tulosten tarkasteluun. Luo raportteja tallennetuista mittauksista.

DataView® -toiminnot:

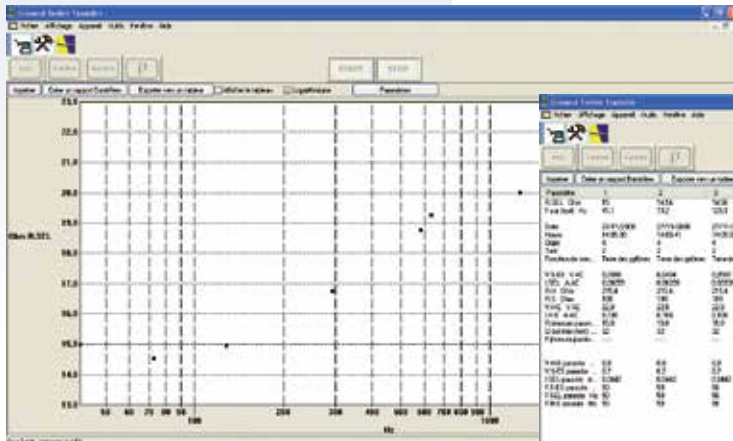
- Kaikkien toimintojen asetusten konfigurointiin
- Mittausten etähallinta PC:n kautta
- Laitteeseen tallennettujen mittausten haku
- Mahdollista lisätä omia kommentteja suoraan raportteihin
- Mahdollista luoda omia raportteja tallennetuista mittausarvoista
- Näyttää kuvaajana: Impedanssin mittaus taajuuden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



Mittausasetukset valitulle mittausmenetelmälle sekä kytkentäkaavake näytöllä.



Mittausasetukset valitulle mittausmenetelmälle sekä kytkentäkaavake näytöllä.



Frequency (Hz)	Impedance (ohm)	Phase (deg)	Capacitance (pF)	Inductance (uH)
10	1000	90	1000000	0
20	500	90	500000	0
30	333	90	333333	0
40	250	90	250000	0
50	200	90	200000	0
60	167	90	166667	0
70	143	90	142857	0
80	125	90	125000	0
90	111	90	111111	0
100	100	90	100000	0
110	91	90	90909	0
120	83	90	83333	0
130	77	90	76923	0
140	71	90	71429	0
150	67	90	66667	0
160	63	90	63000	0
170	59	90	59375	0
180	56	90	56250	0
190	53	90	53333	0
200	50	90	50000	0

Maadoitusvastustesterin valintaopas



	CA6422	CA6424	CA6460	CA6462	CA6470N TERCA 3	CA6471	CA6472	CA6416	CA6417
Maadoitusvastuksen mittaaminen									
3-napamenetelmä	•	•	•	•	•	•	•		
4-napamenetelmä			•	•	•	•	•		
Maadoituskytkentä					•	•	•		
Silmukkaimpedanssimenetelmä								•	•
Selektiivinen maadoitusvastuksen mittaaminen									
4-napa + silmukkaimpedanssimenetelmä						•	•		
Kahden pihdin silmukkaimpedanssimenetelmä						•	•		
Voimakaapeli ilmajohdolla									
CA6474:lla							•		
Maan resistiivisyys									
Manuaalinen			•	•					
Automaattinen					•	•	•		
Potentiaalimittaus									
							•		
Jatkuvuus									
					•	•	•		
Mittaustaajuus									
128 Hz			•	•					
128 Hz tai 256 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									
LCD-näyttö	•	•	•	•					
Kolmiosainen LCD-näyttö					•	•	•		
OLED-näyttö								•	•
Käyttöjännite									
Paristot	•		•					•	•
Akku		•		•	•	•	•		
Lisätietoa sivulla	18	18	20	20	22	24	26	32	32

3-napaiset maadoitusvastustesterit

CA6422 & CA6424

Vedenpitävät maadoitusvastustesterit CA6422 ja CA6424 ovat kompaktin kokoiset ja käyttäjäystävälliset.

Laitteiden avulla suoritettavat 3-napamittaukset onnistuvat nopeasti ja luotettavasti.

Käytetään pääosin kunnossapitotarkastuksissa.

Ergonomia

- Erittäin helppokäyttöiset
- Vankka ja vedenpitävä kotelointi soveltuu kaikkiin sääolosuhteisiin
- Selkeä, taustavalaistu 206-segmentin LCD-näyttö
- Kätevät aputoiminnot
- Värimerkityt tulot ja mittausjohdot kytkentöjen helpottamiseksi



CA6422

Mittaus

- Vastuksen mittaus 2- tai 3-napamenetelmän avulla
- Varoittaa liian korkeiden jännitteiden ollessa läsnä
- Jännitteen ja virran mittaus (CA6424)

Käyttöjännite

- AA-paristot tai akut (CA6424)
- Paristojen tai akkujen kesto: > 2000 (CA6422) tai > 1500 (CA6424) x 3P maadoitusvastuksen mittausta (100 Ω)



CA6424

		CA6422	CA6424
Ominaisuudet			
Mittaukset		Maadoitusvastus	Maadoitusvastus
Tyyppi		2- & 3-napa	2- & 3-napa
Maaperän resistiivisyys		Ei	Ei
2P	Mittausalue	0,05...99,99 Ω / 80,0...999,9 Ω / 0,800...9,999 kΩ / 8,00...50,00 kΩ	
	Resoluutio	0,01 Ω / 1 Ω / 10 Ω / 100 Ω	
	Tarkkuus	± (2%R + 10 nroa) / ± (2%R + 2 nroa) / ± (2%R + 1 nro) / ± (2%R + 1 nro)	
3P	Mittausalue	0,5 Ω...2 kΩ	0,5 Ω...50,00 kΩ
	Resoluutio	0,01 Ω / 0,1 Ω / 1 Ω	0,01 Ω / 0,1 Ω / 1 Ω / 10 Ω
	Tarkkuus	± (1%R + 10 nroa) / ± (1%R + 2 nroa) / ± (1%R + 1 nro)	
	Taajuus	128 Hz tai 256 Hz	
	Muisti	Tallentaa: RE @ 62%; RE @ 52%; RE @ 72%	
Virran mittaus		-	G72-virtapihdin avulla (0,5 mA...60 A)
RH-elektrodin vastuksen mittaus		-	0,05...9,999 kΩ / 8...49,99 kΩ
U _{SE} jännitteen mittaus		-	0,10...99,99 V _{AC} / 80,0...600 V _{AC}
Muut ominaisuudet			
Käyttöjännite		6 x LR 6 tai AA-paristoa	6 x NiMH-akkua, latausaika n. 6 h
Näyttö		206-segmentin taustavalaistu LCD	
Sähköturvallisuus		IEC 61557-1 ja IEC 61557-5	
Mitat		223 x 126 x 70 mm	
Paino		1 kg	

Tilaustiedot

> CA6422 P01127012

Mukana toimitetaan 6 x LR6 AA-paristoa, 1 pikaopas, 1 käyttöturvallisuustiedote, 1 varmennustodistus, WEB-linkki/QR-koodi käyttöohjeiden lataamista varten.

> CA6424 P01127014

Laitteen mukana toimitetaan kantolaukku, 6 x NiMH-akkua, 1 USB 2A-verkkosovitin, 1 µUSB-kaapeli, 1 pikaopas, 1 käyttöturvallisuustiedote, 1 akun turvallisuustiedote, 1 varmennustodistus, WEB-linkki/QR-koodi käyttöohjeiden lataamista varten.



CA6424 yhdessä G72-virtapihdin (lisävaruste) kanssa

Lisävarusteet

Laukku	P01298006
G72-virtapihti (CA6424-yhteensopiva)	P01120872
4-pisteen handsfree-hihna.....	HX0302
15 m mittaussetti.....	P01102017
50 m mittaussetti.....	P01102021
Rannehihna.....	HX0122

Lisätietoa mittausseteistä löytyy 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 tulojen sekä kaapeleiden ansiosta

Mittaus

- Maadoitusvastuksen sekä maaperän resistiivisyyden mittaus 3- tai 4-napamenetelmällä
- Kehitetty soveltuvaksi korkeisiin kohina- ja häiriötasoihin
- Automaattinen mittausalueen valinta
- 3 vianilmoitus LED-valoa:
 - korkea kohinataso
 - korkea apuelektrodien vastus
 - liitännävika

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 mΩ / 100 mΩ/ 1Ω (alueesta riippuen)	10 mΩ/ 100 mΩ / 1 Ω (alueesta riippuen)
Tarkkuus	± (2 % + 1 nro)	± (2 % + 1 nro)
Kuormittamaton jännite	≤ 24 V	≤ 48 V
Taajuus	128 Hz	128 Hz
Vaoitukset	3 vianilmoitus LED-valoa	3 vianilmoitus LED-valoa
Muita ominaisuuksia		
Teholähde	8 x 1,5 V-paristot	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

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

Lisätietoa mittausseteistä löytyy 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 resistiivisyystesteri kuuluu laajaan Chauvin-Arnoux -monitoimitesterivalikoimaan. Ammattilaisen mittalaite, joka on kuitenkin helppokäyttöinen. Laite toimitetaan kestävässä, vesitiiviissä kotelossa. Sen toiminnallisia ominaisuuksia ovat: iso taustavalaistu näyttö, värikoodatut tulot ja halutun laitetoiminnon valinta nopeasti ja turvallisesti kätevän kiertokytkimen avulla.

Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: kenttäkäyttöön
- 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®-ohjelman kanssa



CA6470N TERCA 3

Mittaukset

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

Käyttöjännite

- 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
	Testijännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	40 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testivirta	250 mA asti
	Tarkkuus	± 2 % lukemasta ± 1 nro
Maadoitusvastus 4-napamentelmä	Alue	0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,001 Ω ...100 Ω
	Testijännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	40 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testivirta	250 mA asti
	Tarkkuus	± 2 % lukemasta + 1 nro
Maaperän resistiivisyys 4-napamenetelmä	Mittausmenetelmä	Wenner- tai Schlumberg-menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω -metri tai Ω -jalkanäytöllä
	Alue (automaattinen)	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testijännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	73...91,5...101...128 Hz, valittavissa
Ulkopuolisen jännitteen mittaus	Alue (automaattinen)	0,1...65,0 V _{AC/DC} - DC, 450 kHz asti
	Tarkkuus	± 2 % luettu tulos + 2 nroa
Vastus- Jatkuvuus- ja liitäntävastusmittaukset	Mittausmenetelmä	2- tai 4-napa, valittavissa
	Alue (automaattinen)	2-napa: 0,01 Ω ...99,9 k Ω , 4-napa: 0,001 Ω ...99,9 k Ω
	Tarkkuus	± 2 % lukemasta + 2 nroa
	Testijännite	16 V _{DC} (napaisuus +, - tai automaattinen)
	Testivirta	> 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 V _{DC} / 1,9 A tai 12 V _{DC} (siirrettävissä)	
Turvallisuus	50 V CAT IV	
Mitat / Paino	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Tilustiedot

> CA6470N Terca 3..... Sähkönumero: 6750270

Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja latausjohto, PC-ohjelma, USB-kaapeli sekä käyttöohjeet



Lisävarusteet ja varaosat

DataView®-raportointiohjelma	P01102095
Pehmeä laukku.....	P01298066
Laukku	P01298067
12 V _{DC} -autolaturi	P01102036
Optinen/RS232-kaapeli	P01295252
Akkulaturi 230 V _{AC}	P01102035
Akku.....	P01296021
Optinen USB -kaapeli.....	HX0056-Z

Lisätietoa mittausseteistä löytyy 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-luokituksen kuuluva koteloointi takaa laitteen soveltuvuuden kenttäkäyttöön. Sen toiminnallisia ominaisuuksia ovat: iso taustavalaistu näyttö, värikoodatut tulot ja halutun laitetoiminnon valinta nopeasti ja turvallisesti kätevä kiertokeytimen 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®-ohjelman 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- menetelmä)
- Kytkeytyvyys mittausta
- 200 mA:n jatkuvuus-/liitäntävastustestaus (2- tai 4- napakytkentä)
- Mittaustaajuus: 41...512 Hz (apuelektrodilla) sekä 128...1758 Hz (selektiivinen mittausta pihdeillä)
- Apuelektrodien vastusmittausta
- Datamuisti jälkitarkastelua ja raportointia varten



Käyttöjännite

- Akku
- Autolaturi 12 V

Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

		CA6471
Ominaisuudet		
Maadoitusvastuksen mittaus 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 mittaus 3-napamenetelmä	Alue	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testijännite	16 V tai 32 V, valittavissa
	Mittaustaajuus	41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testivirta	250 mA asti
	Tarkkuus	± 2 % lukemasta + 1 nro 128 Hz asti
	Maadoitusvastus 4-napamenetelmä / 4-napamenetelmä + pihdit	Alue
Erottelu		0,01 Ω ...100 Ω
Testijännite		16 V tai 32 V, valittavissa
Mittaustaajuus		41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
Testivirta		250 mA asti
Tarkkuus		± 2 % lukemasta + 1 nro
Maaperän resistiivisyys	Mittausmenetelmä	Wenner- tai Schlumberg-menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω -metri tai Ω -jalanäytöllä
	Alue (automaattinen)	0,01 Ω ...99,99 k Ω ; Ω max. 999 k Ω
	Erottelu	0,01 Ω ...100 Ω
	Testijännite	16 V tai 32 V, valittavissa
Ulkopuolisen jännitteen mittaus	Alue (automaattinen)	0,1...65,0 V _{AC/DC} - DC 450 kHz asti
	Tarkkuus	± 2 % lukemasta + 1 nro
Vastus- Jatkuvuus- ja liitäntävastusmittaukset	Mittausmenetelmä	2- tai 4-napa, valittavissa
	Alue (automaattinen)	2-napa: 0,01 Ω ...99,9 Ω , 4-napa: 0,001 Ω ...99,99 Ω
	Tarkkuus	± 2 % lukemasta + 2 nroa
	Testijännite	16 V _{DC} (napaisuus +, - tai autom.)
	Testivirta	> 200 mA max., kun R < 20 Ω
Tallennus	Muistikapasiteetti	512 mittausarvoa
	Kommunikointi	Optinen-eristetty USB
Muita ominaisuuksia		
Käyttöjännite	Ladattavat akut	
Akun lataus	Ulkoinen käyttöjännite 18 V _{DC} / 1,9 A tai 12 V _{DC} (siirrettävissä)	
Turvallisuus	50 V CAT IV	
Mitat / Paino	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Tilastiedot ja varaosat

> **CA6471** Sähkönumero: 6750532
Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja latausjohto, 2 kpl C182-pihtiä, PC-ohjelma, USB-kaapeli, pehmeä kanto-laukku sekä käyttöohjeet.



Lisävarusteet ja varaosat

DataView®-raportointiohjelma	P01102095
Pehmeä laukku.....	P01298066
Laukku	P01298067
12 V _{DC} -autolaturi.....	P01102036
Optinen RS232 -kaapeli	P01295252
Akkulaturi 230 V _{AC}	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 mittausseteistä löytyy 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 voimakapeleiden yksittäisten maadoittimien testaukseen rinnakkaismaattokytkennoissä.

Ergonomia

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



CA6472



DataView®

Mittaukset

- Maadoitusvastuksen mittaus 3- tai 4-napamenetelmällä
- Selektiivinen maadoitusvastuksen mittaus (4-napamenetelmä, pihdeillä tai silmukkavastuspihdeillä)
- Maaperän resistiivisyys: automaattinen laskenta (Wenner- tai Schlumberg-menetelmä)
- Maadoituksen mittaus
- 200 mA:n jatkuvuus-/ liitäntävastustestaus (2- tai 4 -napakytkentä)
- Rinnakkaismaadoituksen mittaus CA6474:n avulla
- Mittaustaajuus: 41...5078 Hz (parhaan taajuuden automaattinen tai manuaalinen haku)
- Apuelektrodien vastusmittaus
- Korkea häiriöjännitteiden sieto 60 V (huippu)



Käyttöjännite

- 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
	Mittaustaajuus	Auto 1367 Hz; 128 Hz...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
	Mittaustaajuus	41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 nro (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
	Mittaustaajuus	41 Hz...5078 Hz automaattinen tai valittavissa
	Testausvirta	250 mA asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 nro
Maaperän resistiivisyys	Mittausmenetelmä	Wenner- tai Schlumberg-menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω -metri tai Ω -jalanäytöllä
	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
	Mittaustaajuus	41 Hz...5078 Hz, valittavissa
Jännitteen mittaus	Alue (automaattinen)	0,1...65,0 V _{AC/DC} - DC 450 kHz asti
	Tarkkuus	$\pm 2\%$ lukemasta + 1 nro
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 nroa
	Testausjännite	16 V _{DC} (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 V _{DC} / 1,9 A tai 12 V _{DC} (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 latausjohto, 2 kpl C182-pihtiä, PC-ohjelma, USB-kaapeli, pehmeä kanto-laukku sekä käyttöohjeet.



Lisävarusteet ja varaosat

DataView®-raportointiohjelma	P01102095
Pehmeä laukku.....	P01298066
Laukku	P01298067
12 V _{DC} -autolaturi.....	P01102036
Optinen/RS232 -kaapeli	P01295252
Akkulaturi 230 V _{AC}	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 mittausseteistä löytyy sivulta 30.

Lisälaitte 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 kaikentyyppisten mastojen mittauksiin (1-, 2-, 3- tai 4-jalkaiset)
- Yhteensopiva DataView®-ohjelman kanssa

Mittaus

- Maston maadoituksen vastus: Selektiivinen mittaus maston maadoitusvastuksen tarkastuksiin ilman sähköpiirin katkaisemista. Automaattisessa tilassa tehdyt mittaukset jopa 5 kHz:n 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



CA6474



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 kΩ
Tarkkuus	± (5 % + 1 nro)
Taajuus	41...5078 Hz
Taajuuspyyhkäisy -toiminto	Kyllä
Muita ominaisuuksia	
Käyttöjännite / Tallennus / Mittausarvojen näyttö	CA6472:n avulla
Mitat / Paino	260 x 240 x 120 mm / 2,3 kg

Tilaustiedot

> CA 6474 P01126510

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

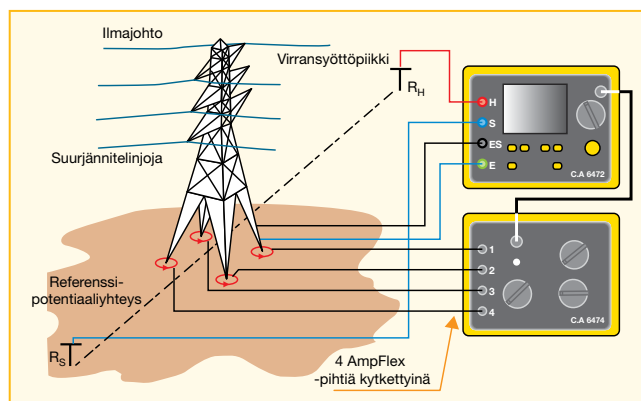
Lisävarusteet ja varaosat

CA6472-CA6474 liitäntäkaapeli	P01295271
BNC/BNC-kaapeli, 15 m	P01295272
Joustavia AmpFLEX™ virtapihtejä, 8 m	P01120551
AmpFLEX™-merkintäsarja (12 osainen)	P01102045
Vihreä kaapeli (E-tulolla), 5 m	P01295291
Musta kaapeli (ES-tulolla), 5 m	P01295292
Y-tyyppin banaaniaadapteri	P01102028
Kalibrointisilmukka.	P01295294

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



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



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 mittauskaapeleiden 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, kelat, hauenleuat jne.) kuljetus onnistuu kätevästi mukana tulevassa laukussa.



Maadoitusvastuksen mittaussarja P01102022 kunnossapitotarkastuksiin soveltuva, 3-napamenetelmä.



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

Tilautiedot 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 kaapelikela ja 1 x 30 m kaapelikela.

> Mittausarja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen, 100 m..... P01102030

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

> CA647X liitäntäsarja (µΩ mittauksiin) P01102037

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

Lisävarusteet ja varaosat

> Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen:

Y-typin banaaniadapteriseti (5 kpl)	P01102028
Kelakahvasetti (4 kpl).....	P01102029
Apuelektrodi (piikki).....	P01102031
Kaapelikela, 150 m (punainen).....	P01295260
Kaapelikela, 100 m (punainen).....	P01295261
Kaapelikela, 50 m (punainen).....	P01295262
Kaapelikela, 150 m (sininen)	P01295263
Kaapelikela, 100 m (sininen)	P01295264
Kaapelikela, 50 m (sininen)	P01295265
Kaapelikela, 100 m (vihreä).....	P01295266
Kaapelikela, 30 m (musta)	P01295267
Kaapelikela, 30 m (vihreä).....	P01295268
Kaapelikela, 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-pihti (CA6471/72)	P01120452
C182-pihti (CA6471/72)	P01120333
DataView-ohjelma.....	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®-ohjelman 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 1,5 V AA-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, magneetti-piireistä erinomaisella kohinavaimennuksella. Laitteen mekaaninen muotoilu sekä kätevä avausmekanismi tekevät pihteistä erittäin helppokäyttöiset, mikä vaikuttaa myös saatujen mittaustulosten tarkkuuteen. Mittapään kosketuspinta on suunniteltu ehkäisemään mittaustuloksia häiritsevien partikkeleiden tarttumista.



CA6416 & CA6417

Tekniset tiedot	
Silmukkavastusmittaus 1 500-lukeman 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	Mittaustaajuus 2083 Hz / Laskentataajuus 50, 60, 128 tai 2083 Hz
Silmukkaimpedanssin mittaus	$\pm (5 \% + 1 \text{ nro})$
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-lukeman 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-akkua
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 paristoiheen

Tilaustiedot

- > **CA6416** Sähkönumero: 6750530
Mukana kantolaukku, 4 x 1,5 V:n paristoa
- > **CA6417** Sähkönumero: 6750531
Mukana kantolaukku, 4 x 1,5 V:n paristoa, GTC-ohjelma

Lisävarusteet

- CA64-kalibrointisilmukka P01122301
- DataView®-ohjelma P01102095
- Bluetooth USB-modeemi P01102112
- Kova kantolaukku P01298080

Muistiinpanoja:

Dotted lines for taking notes.

