

FLUKE®

Maadoitus- resistanssi



Periaatteet, testausmenetelmät ja sovellukset

DIAGNOSOI

satunnaiset
sähköongelmat

VÄLTÄ

tarpeettomia
seisokkeja

OPI

maadoituksen
turvallisuusperiaatteet



Miksi maadoittaa, miksi testata?

Mihin maadoitusta tarvitaan?

Huono maadoitus ei aiheuta pelkästään tarpeettomia seisokkeja vaan on myös vaarallinen ja lisää laitevaurioiden riskiä.

Mikäli maadoitusjärjestelmä ei ole kunnollinen, on olemassa sähköiskun vaara. Lisäksi laitteisiin voi tulla vikoja, harmoninen särö voi aiheuttaa ongelmia ja järjestelmässä voi ilmetä tehokeroingelmia tai monia muita satunnaisvikoja. Jos vikavirralla ei ole väylää maahan oikein suunnitellun ja ylläpidetyn maadoitusjärjestelmän kautta, se etsii ei-toivottuja reittejä ja voi purkautua esimerkiksi ihmiseen. Seuraavat organisaatiot ovat julkaisseet turvallisuuden varmistamiseksi maadoitusta koskevia suosituksia ja/tai standardeja:

- OSHA (Occupational Safety Health Administration)
- NFPA (National Fire Protection Association)
- ANSI/ISA (American National Standards Institute and Instrument Society of America)
- TIA (Telecommunications Industry Association)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Hyvä maadoitus ei ole pelkkä turvallisuustoimenpide, vaan se myös ehkäisee teollisuuslaitosten ja laitteiden vahinkoja. Hyvä maadoitusjärjestelmä parantaa laitteiden luotettavuutta ja vähentää salamaniskujen tai vikavirtojen aiheuttamien vahinkojen todennäköisyyttä. Työpaikoilla menetetään vuosittain miljardeja sähköpalojen vuoksi. Tähän summaan ei ole laskettu oikeudenkäyntikustannuksia eikä henkilökohtaisen tai yrityksen tuottavuuden laskusta aiheutuneita kuluja.

Miksi maadoitusjärjestelmiä testataan?

Syövyttävät maa-ainekset, jotka sisältävät paljon kosteutta ja suoloja, voivat ajan myötä korkeissa lämpötiloissa heikentää maadoitussauvoja ja niiden liittäntöjä. Vaikka maadoitusjärjestelmässä olisi asennettaessa pienet maadoitusvastusarvot, vastusarvo voi kasvaa ajan myötä, jos maa-aines syövyttää maadoitussauvoja.

Maadoitusvastustesterit, kuten Fluke 1630-2 FC -maadoitusvastuspihti, ovat korvaamattomia vianhakuvälineitä, joiden avulla vältät turhat seisokit. Turhauttavat, satunnaiset sähköviat voivat johtua huonosta maadoituksesta tai heikosta sähkönlauhdusta.

Sen vuoksi on suositeltavaa, että kaikki maadoitukset ja maadoitusliitännät tarkistetaan vähintään kerran vuodessa osana ennakoivaa kunnossapitosuunnitelmaa. Jos tarkistuksen aikana havaitaan vastusarvossa yli 20 prosentin kasvu, on syytä etsiä ongelman syy ja korjata vika vaihtamalla tai lisäämällä maadoitussauvoja, jotta vastusarvo pienenesi.

Mitä on maadoitus ja mihin sitä tarvitaan?

NEC:n (National Electrical Code) artikkeli 100 määrittelee maadoituksen seuraavasti: "Johtava liitäntä, joko tarkoituksellinen tai vahingossa muodostunut, jonka kautta sähköpiiri tai laite on yhteydessä maahan tai johonkin johtavaan osaan, joka toimii maana." Puhuttaessa maadoituksesta käsitellään kahta erilaista aihetta: suojamaadoitusta ja laitteen maadoitusta. Suojamaadoitus on suunniteltu liitos johtimen (usein nollajohtimen) ja maahan asennetun maadoituselektrodin välillä. Laitteen maadoitus taas takaa, että tietyn rakenteen toiminnalliset osat on maadoitettu asianmukaisesti. Nämä kaksi maadoitustapaa on pidettävä erillään lukuun ottamatta järjestelmien välistä kytkentää. Näin estetään mahdollisesti salamoinnin seurauksena syntyvän jännitepiikin aiheuttamat potentiaalierot. Sähköiskuilta suojaamisen lisäksi maadoituksella pyritään suojaamaan laitoksen ja laitteen toiminta. Lisäksi maadoituksella luodaan purkautumisväylä vikavirralle, salamaniskuille, staattiselle lataukselle, EMI- ja RFI-signaaleille ja muille sähköhäiriöille.

Mikä on hyvä maadoitusvastusarvo?

Hyvästä maadoituksesta ja vaadituista maadoitusvastusarvoista on monia mielipiteitä. Ihanteellinen maadoitusvastuksen arvo on nolla ohmia.

Ei ole olemassa yhtä kaikkien organisaatioiden tunnustamaa kynnysarvoa. NFPA ja IEEE suosittelevat maadoitusvastusarvoksi enintään 5,0 ohmia.

NEC:n mukaan "tulee varmistaa, että järjestelmän maadoituksen impedanssi on alle 25 ohmia (NEC 250.56). Lisäksi laitoksissa, joissa on herkkiä laitteita, arvon pitäisi olla korkeintaan 5,0 ohmia."

Tietoliikenneteollisuudessa on usein käytetty maadoitus- ja liitosarvona korkeintaan 5,0 ohmia.

Tavoitteena on päästä alimpaan mahdolliseen maadoitusvastusarvoon, joka on taloudellisesti ja fyysisesti järkevä.



Miksi kannattaa testata? Syövyttävät maa-ainekset.



Mihin maadoitusta tarvitaan? Salamanisku.



Käytä Fluke 1625-2 -mittaria maadoitusjärjestelmien kunnan määrittelymiseen.

Sisällysluettelo

Mihin maadoitusta tarvitaan?
Miksi kannattaa testata?

2

Maadoituksen perusteet

4

Maadoitusvastustestauksen menetelmät

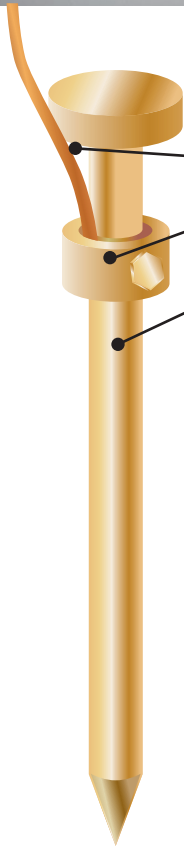
6

Maadoitusvastuksen mittaus

12

Maadoituksen perusteet

Maadoituselektrodin osat

- 
- maadoitusjohdin
 - maadoitusjohtimen ja maadoituselektrodin välinen liitäntä
 - maadoituselektrodi

Vastusten sijainnit

(a) Maadoituselektrodi ja sen liitäntä

Maadoituselektrodin ja sen liitännän vastus on yleensä hyvin pieni. Maadoitussauvat valmistetaan yleensä hyvin johtavista / pienen vastuksen materiaaleista, kuten teräksestä tai kuparista.

(b) Ympäröivän maan kosketusvastus elektrodiin

Yhdysvaltojen liittovaltion kauppaministeriöön kuuluva The National Institute of Standards on osoittanut, että tämä vastus on lähestulkoon merkityksetön, jos maadoituselektrodissa ei ole maalia, rasvaa tms. ja jos elektrodi on kunnolla kosketuksissa maan kanssa.

(c) Ympäröivän maan vastus

Maa ympäröi maadoituselektrodiä. Voidaan ajatella, että maa koostuu samankeskisistä kerroksista, jotka ovat kaikki yhtä paksuja. Lähimpänä elektrodiä olevien kerrosten ala on pienin, jolloin niiden vastus on suurin. Kuorten ala suurenee ulospäin mentäessä, jolloin myös vastus pienenee. Lopulta elektrodiä ympäröivän maan vastus on hyvin pieni.

Näiden tietojen perusteella meidän pitäisi keskittyä vähentämään maadoitusvastusta, kun asennamme maadoitusjärjestelmiä.

Mitkä asiat vaikuttavat maadoitusvastukseen?

NEC:n (1987, 250-83-3) mukaan maadoituselektrodien on oltava vähintään 2,5 metriä pitkiä, jotta ne ovat kunnolla yhteydessä maahan. Maadoitusjärjestelmän maadoitusvastukseen vaikuttaa neljä muuttujaa:

1. Maadoituselektrodin pituus/syvyys
2. Maadoituselektrodin halkaisija
3. Maadoituselektrodien lukumäärä
4. Maadoitusjärjestelmän rakenne

Maadoituselektrodin pituus/syvyys

Erittäin tehokas tapa pienentää maadoitusvastusta on asentaa maadoituselektrodit syvemmälle maahan. Maa-aines ei ole resistiivisyydeltään tasalaatuista, joten huomattaviakin eroja voi esiintyä. Syvyys on merkittävä tekijä, kun elektrodeja asennetaan routarajan alapuolelle. Riittävän syvälle tehty asennus takaa, että maaperän jäätyminen ei vaikuta olennaisesti vastukseen.

Yleisesti ottaen maadoituselektrodin pituuden kaksinkertaistaminen voi vähentää vastustasoa 40 %. Aina ei ole mahdollista asentaa maadoitus-sauvoja enää syvemmälle (jos asennuskohdassa on esimerkiksi kalliota, graniittia tms.). Tällaisissa tapauksissa on tulee käyttää vaihtoehtoisia menetelmiä.

Maadoituselektrodin halkaisija

Maadoituselektrodin halkaisijan suurentaminen ei vaikuta vastuksen pienemiseen kovinkaan merkittävästi. Jos esimerkiksi maadoituselektrodin halkaisija kaksinkertaistetaan, vastus pienenee vain 10 %.

Maadoituselektrodien lukumäärä

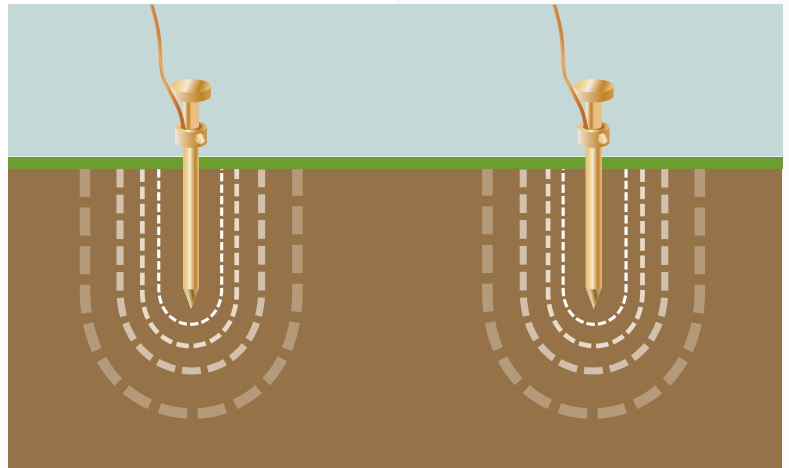
Maadoitusvastusta voi pienentää myös käyttämällä useita maadoituselektrodeja. Tässä tapauksessa maahan asennetaan useita elektrodeja, ja ne kytketään rinnan, jolloin vastus pienenee. Jotta lisäelektrodeista olisi hyötyä, lisäsauvojen välin on oltava vähintään yhtä suuri kuin niiden asennussyvyys. Jos sauvojen välillä ei ole tarpeeksi tilaa, niiden vaikutuspiirit leikkaavat toisensa eikä vastus pienene.

Voit käyttää alla olevaa maadoitusvastustaulukkoa apuna, kun valitset vaatimuksiasi vastaavaa maadoitussauvaa. Muista, että tätä taulukkoa täytyy käyttää vain suuntaa antavana ohjeena, sillä maaperä koostuu kerroksista ja on harvoin homogeenistä. Vastusarvot voivat vaihdella paljonkin.

Maadoitusjärjestelmän rakenne

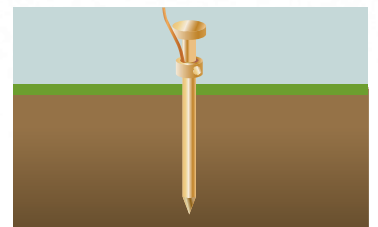
Yksinkertaiset maadoitusjärjestelmät koostuvat yhdestä maahan asennetusta maadoituselektrodista. Yhden maadoituselektrodin käyttäminen on yleisin maadoitustapa, jota käytetään esimerkiksi kotien ja liikekiinteistöjen maadoittamiseen. Monimutkaiset maadoitusjärjestelmät koostuvat useista maadoitussauvoista, toisiinsa liitettyistä silmukka- tai ruudukkoverkoista, maadoituslevyistä ja maadoitussilmukoista. Tällaisia järjestelmiä asennetaan yleensä sähköasemille ja matkapuhelinmastoalueille.

Monimutkaiset verkot lisäävät merkittävästi kosketusta ympäröivään maahan ja pienentävät maadoitusvastuksia.

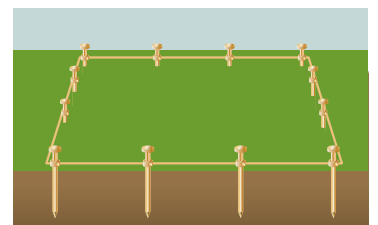


Jokaisella maadoituselektrodilla on oma "vaikutuspiirinsä".

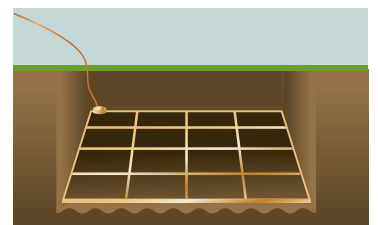
Maadoitusjärjestelmät



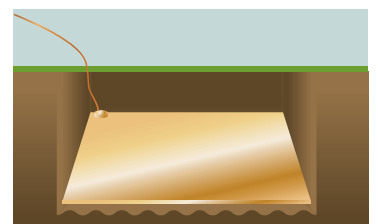
Yksi maadoituselektrodi



Useita toisiinsa kytkettyjä maadoituselektrodeja



Silmukkaverkko



Maadoituslevy

| Maaperän tyyppi | Maan resistiivisyys R_p | Maadoitusvastus | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|
| | | Maadoituselektrodin syvyys (metreinä) | | | Maadoitusliuska (metreinä) | | |
| | | ΩM | 3 | 6 | 10 | 5 | 10 |
| Hyvin kostea, suonkaltainen maa | 30 | 10 | 5 | 3 | 12 | 6 | 3 |
| Viljelysmaa, savi- ja hiesumaa | 100 | 33 | 17 | 10 | 40 | 20 | 10 |
| Hietasavin maa | 150 | 50 | 25 | 15 | 60 | 30 | 15 |
| Kostea hiekkamaa | 300 | 66 | 33 | 20 | 80 | 40 | 20 |
| Betoni 1:5 | 400 | - | - | - | 160 | 80 | 40 |
| Kostea sora | 500 | 160 | 80 | 48 | 200 | 100 | 50 |
| Kuiva hiekkamaa | 1000 | 330 | 165 | 100 | 400 | 200 | 100 |
| Kuiva sora | 1000 | 330 | 165 | 100 | 400 | 200 | 100 |
| Kivinen maaperä | 30000 | 1000 | 500 | 300 | 1200 | 600 | 300 |
| Kivi/kallio | 10^7 | - | - | - | - | - | - |

Mitä menetelmiä voidaan käyttää maadoituksen testaamiseen?

Käytettävissä on neljä eri suojamaadoituksen testaustapaa:

- **Maan resistiivisyys** (sauvoja käyttämällä)
- **Potentiaalinen aleneminen** (sauvoja käyttämällä)
- **Selektiivinen** (1 virtapihti ja sauvat)
- **Sauvaton** (vain virtapihdit)

Maan resistiivisyyden mittaus

Miksi maan resistiivisyys kannattaa mitata?

Maan resistiivisyyden määrittäminen on erityisen tärkeää, kun suunnitellaan maadoitusjärjestelmän rakennetta uuteen, rakentamattomaan kohteeseen, jotta maadoitusvastusvaatimukset täyttyvät. Ihanteellinen sijainti on sellainen, jossa on mahdollisimman pieni resistiivisyys. Heikotkin maaperän ominaisuudet on kuitenkin mahdollista selättää yksityiskohtaisilla maadoitusjärjestelmillä.

Maaperän koostumus, kosteuspitoisuus ja lämpötila vaikuttavat maaperän resistiivisyyteen. Maaperä on harvoin homogeenistä, ja sen resistiivisyys vaihtelee eri alueilla ja eri syvyyksissä. Maan kosteuspitoisuus vaihtelee vuodenaikojen, maakerrosten ja pohjaveden korkeuden mukaan. Maaperä- ja vesiominaisuudet ovat yleensä vakaampia syvemmissä kerroksissa, joten on suositeltavaa asentaa maadoitussauvat niin syväälle kuin mahdollista, mieluiten pohjaveden pinnan korkeudelle. Lisäksi sauvat tulisi asentaa syvyyteen, jossa vallitsee vakaa lämpötila, eli routarajan alapuolelle.

Jotta maadoitusjärjestelmä olisi tehokas, se on suunniteltava kestämään pahimpia mahdollisia olosuhteita.

Miten maaperän resistiivisyys lasketaan?

Alla kuvatussa testausmenetelmässä käytetään yleisesti hyväksyttyä Wenner-menetelmää, jonka kehitti Dr. Frank Wenner Yhdysvaltojen Bureau of Standards -virastossa vuonna 1915. (F. Wenner, A Method of Measuring Earth Resistivity; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, p. 478-496; 1915/16.)

Kaava on seuraava:

$$\rho = 2 \pi A R$$

(ρ = maan resistiivisyyden keskiarvo syvyydessä A yksikössä ohm-cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = elektronien välinen etäisyys senttimetreinä

R = mitattu vastusarvo ohmeina

Huomaa: kun jaat ohmisenttimetrit sadalla, saat ohmimetrejä. Ole tarkkana yksiköiden suhteen.

Esimerkki: Olet päättänyt asentaa kolmimetriset maadoitussauvat osana maadoitusjärjestelmääsi. Jotta voisit mitata maaperän resistiivisyyden kolmen metrin syvyydessä, testielektrodien on siis oltava yhdeksän metrin etäisyydellä toisistaan.

Mittaa maaperän resistiivisyys käyttämällä Fluke 1625-2 testeriä. Oletetaan, että mittaustulos on 100 ohmia. Tiedämme nyt seuraavat asiat:

$$A = 9 \text{ metriä ja}$$

$$R = 100 \text{ ohmia}$$

Tällöin maan resistiivisyys lasketaan seuraavasti:

$$\rho = 2 \times \pi \times A \times R$$

$$\rho = 2 \times 3,1416 \times 9 \text{ metriä} \times 100 \text{ ohmia}$$

$$\rho = 5\,655 \, \Omega\text{m}$$

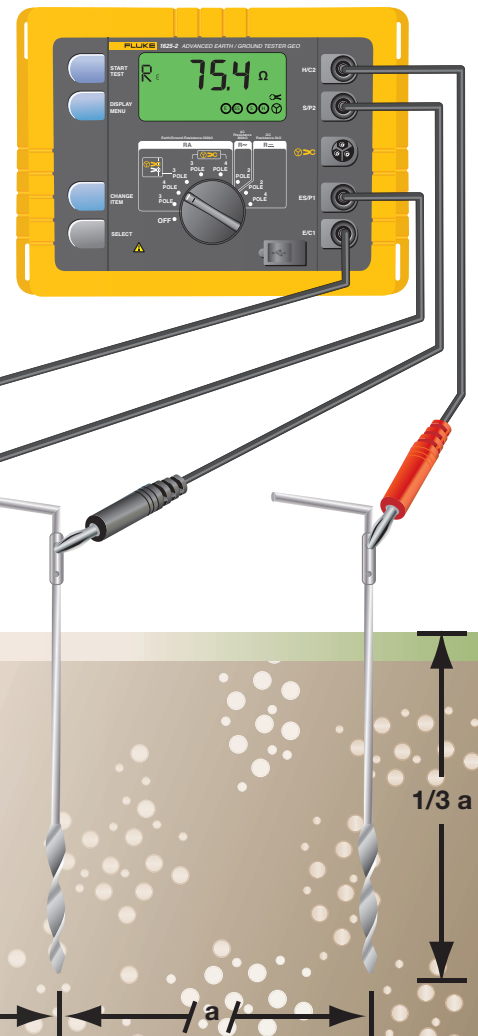
Miten mitataan maan resistiivisyyden?

Kun mitaat maan resistiivisyyttä, kytke maadoitus-testeri kuvan osoittamalla tavalla.

Kuten näet, maahan on asetettu suoraan riviin neljä maadoitussauvaa saman välimatkan päähän toisistaan. Maadoitussauvojen välisen etäisyyden pitäisi olla vähintään kolme kertaa niin suuri kuin sauvojen syvyys. Jos maadoitussauva on 30 senttimetrin syvyydellä, sauvojen välisen etäisyyden on oltava suurempi kuin 91 senttimetriä. Fluke 1625-2 tuottaa tunnetun virran kahden ulomman maadoitussauvan läpi, ja jännitepotentiaalini häviö mitataan kahden sisemmän maadoitussauvan väliltä. Flukin testeri laskee automaattisesti maan resistiivisyyden käyttämällä Ohmin lakia ($U = RI$).

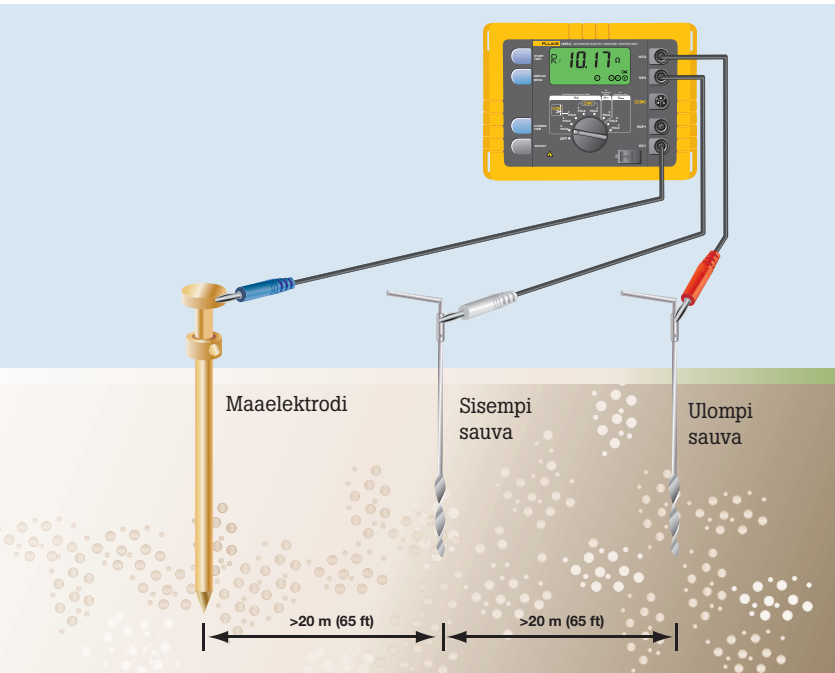
Koska maanalaiset metallinpalat, pohjavesikerrokset jne. voivat vääristää tuloksia, on suositeltavaa tehdä lisämittauksia, joissa mittaussuuntaa käännetään 90 astetta. Kun syvyyttä ja etäisyyttä muutetaan useita kertoja, saadaan aikaan profiili, jonka avulla sopivan maadoitusjärjestelmän valinta on mahdollista.

Maavirrat ja niiden harmoniset yliaallot vääristävät usein maan resistiivisyyden mittauksia. Fluke 1625-2 käyttää vääristymien ehkäisyyn automaattista taajuuden säätöä (AFC). Järjestelmä valitsee automaattisesti testitaajuuden, jolla on vähiten häiriötä, jolloin saat selkeän tuloksen.



Maaperän resistiivisyyden testauksen asetukset käytettäessä Fluke 1623-2- tai 1625-2-mittaria.

Mitä menetelmiä voidaan käyttää maadoituksen testaamiseen?



Potentiaalin alenemismittaus (käännepistemenetelmä)

Potentiaalin alenemistestausta käytetään maadoitusjärjestelmän valmiuden mittaamiseen tai mittaamaan yksittäisen maadoituselektrodin valmiutta johtaa energiaa pois.

Kuinka potentiaalin alenemistestaus tehdään?

Ensin mittauksen kohteena oleva maadoituselektrodi on irrotettava. Seuraavaksi testeri kytketään maadoituselektrodiin. Kolmijohtimisessa potentiaalin alenemistestauksessa asetetaan seuraavaksi kaksi maadoitussauvaa maahan suorassa linjassa pois päin maadoituselektrodista. Tavallisesti 20 metrin etäisyys on riittävä. Katso seuraavasta kohdasta lisäohjeita sauvojen asettamiseen.

Fluke 1625-2 -mittari luo tietyn virran ulomman sauvan (lisämaadoitussauva) ja maadoituselektrodin välille samalla, kun mitataan jännitepotentiaalin alenema sisemmän sauvan ja maadoituselektrodin välillä. Flukin testeri laskee automaattisesti maadoituselektrodin resistiivisyyden käyttämällä Ohmin lakia ($U = RI$).

Kytke maadoitusvastustesteri kuvan osoittamalla tavalla. Paina START ja lue R_E (vastus) -arvo. Tämä on testattavan maadoituselektrodin todellinen arvo. Jos maadoituselektrodi on kytketty rinnan tai sarjaan muiden maadoitussauvojen kanssa, R_E -arvo on kaikkien vastusten yhteisarvo.

Kuinka sauvat asetetaan?

Jotta kolmijohtimisessa maadoitusvastustestissä saataisiin mahdollisimman tarkat tulokset, on tärkeää, että sauva asetetaan testattavan maadoituselektrodin ja lisämaadoituksen vaikutuspiirin ulkopuolelle.

Jos et pääse vaikutuspiirin ulkopuolelle, vastusten vaikutusalueet limittyvät ja kaikki mittaukset ovat mitättömiä. Taulukossa on ohje mittapään (sisempi sauva) ja lisämaadoituksen (ulompi sauva) soveltuvista asetusetäisyyksistä.

Tarkista tulosten tarkkuus ja varmista, että maadoitussauvat ovat vaikutusalueiden ulkopuolella, siirtämällä sisempää sauva (mittapää) 1 metri kumpaankin suuntaan ja tekemällä uusi mittaus. Jos mittaustuloksissa on huomattava ero (30 %), tulee etäisyyttä testattavan maadoitussauvan, sisemmän sauvan (mittapää) ja ulomman sauvan (lisämaadoitus) välillä on lisätä, kunnes mitatut arvot pysyvät kohtalaisen samoina sisemmän sauvan siirtämisestä huolimatta.

| Maadoituselektrodin syvyys | Etäisyys sisempään sauvaan | Etäisyys ulompaan sauvaan |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 2 m | 15 m | 25 m |
| 3 m | 20 m | 30 m |
| 6 m | 25 m | 40 m |
| 10 m | 30 m | 50 m |

Selektiivinen mittaus

Selektiivinen mittaus on samankaltainen kuin potentiaalinen alenemistestaus. Selektiivisen mittauksen avulla voidaan tehdä kaikki samat mitaukset, mutta helpommin ja turvallisemmin. Näin siksi, että selektiivisessä testauksessa testattavaa maadoituselektrodiä ei tarvitse irrottaa. Mittaajan ei tarvitse vaarantaa itseään maadoituksen poistamisen aikana tai vaarantaa muita henkilöitä tai laitteita maadoittamattoman rakennuksen sisällä.

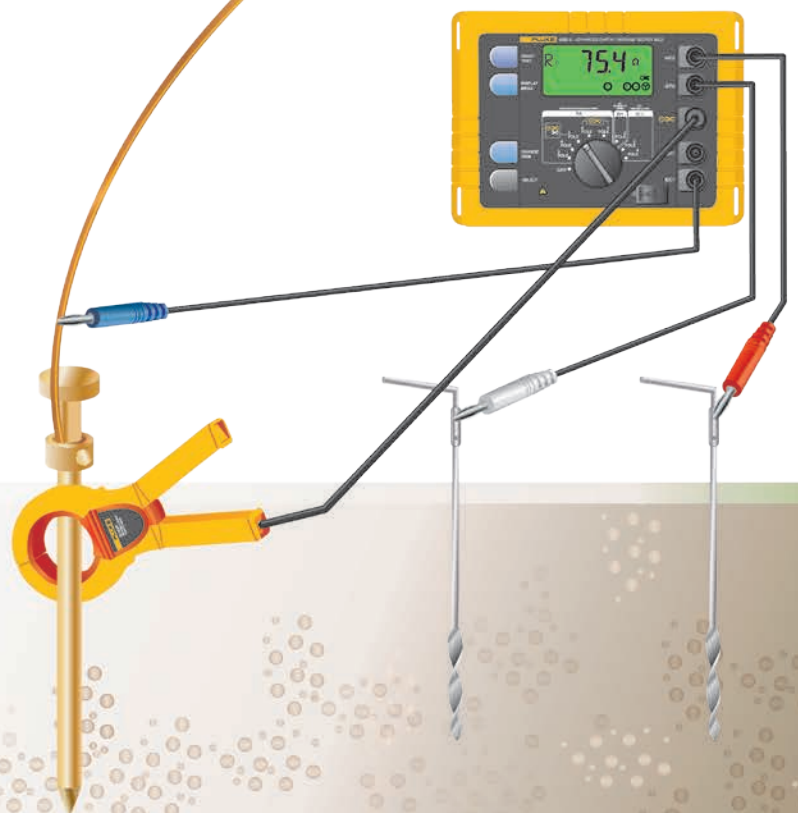
Kuten potentiaalinen alenemistestaus KSES:llä, kaksi maadoitussauvaa sijoitetaan maahan suorassa linjassa maadoituselektrodista pois päin. Tavallisesti 20 metrin etäisyys on riittävä. Testeri liitetään tämän jälkeen testattavaan maadoituselektrodiin, menetelmässä on se hyvä puoli, että liitosta maadoitusta ei tarvitse katkaista. Sen sijaan maadoituselektrodin ympärille asetetaan erityinen pihti, joka poistaa maadoitusjärjestelmässä rinnakkain vaikuttavien vastusten vaikutukset niin, että vain tietyn maadoituselektrodin vastus mitataan.

Kuten aiemmin, Fluke 1625-2 -mittari luo tietyn virran ulomman sauvan (lisämaadoitussauva) ja maadoituselektrodin välille samalla, kun jännitepotentiaalinen alenema sisemmän sauvan ja maadoituselektrodin välillä mitataan. Vain testattavan maadoituselektrodin läpi kulkeva virta mitataan virtapihdin avulla. Mittarin luoma virta kulkee myös muiden rinnakkaisten vastusten läpi, mutta vain pihdin (eli testattavan maadoituselektrodin) läpi kulkevaa virtaa käytetään vastuksen ($U = RI$) mittaamiseen.

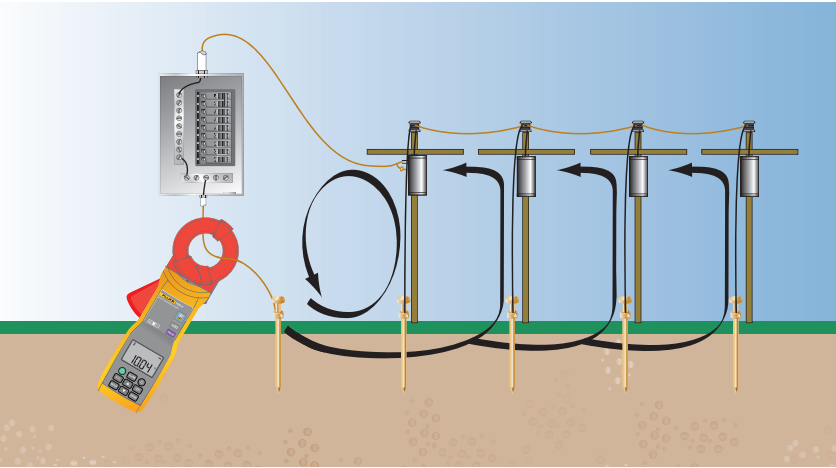
Jos maadoitusjärjestelmän kokonaisvastus on mitattava, jokaisen maadoituselektrodin resistanssi on mitattava asettamalla pihti jokaisen yksittäisen maadoituselektrodin ympärille. Maadoitusjärjestelmän kokonaisvastus on tämän jälkeen laskettavissa.

Jos testataan suurjännitepylvään, jossa on ukkosenjohdin tai maan pinnan yläpuolinen staattinen johdin, yksittäisen maadoituselektrodin vastuksia, edellä mainitut johtimet on irrotettava. Jos pylvään alustassa on useampi kuin yksi maadoitus, myös nämä muut maadoitukset on poistettava toiminnasta yksi kerrallaan ja testattava. Fluke 1625-2 -mittarissa on kuitenkin lisävaruste, halkaisijaltaan 320 mm:n virtamuuntajapihti, jonka avulla voidaan mitata kunkin jalan yksittäiset vastukset irrottamalla maadoitusjohtimia tai ukkosenjohtimia tai muita maan pinnan yläpuolella olevia johtimia.

Kytke maadoitusvastustesteri kuvan mukaisella tavalla. Paina START ja lue R_E -arvo. Tämä on testattavan maadoituselektrodin todellinen vastusarvo.



Mitä menetelmiä voidaan käyttää maadoituksen testaamiseen?



Testaa sähkövirran reitit sauvattomalla menetelmällä 1630-2 FC -maadoitusvastuspihtien avulla.

Sauvaton mittaus

Fluke 1630-2 FC -maadoitusvastuspihdin avulla voidaan mitata maadoituksen silmukkavastuksia sauvattomasti järjestelmistä, joissa on useita maadoitusjärjestelmiä. Tämä testausmenetelmä tekee vaarallisesta ja aikaa vievästä samanaikaisten maadoitusten irrottamisesta sekä sopivan paikan etsimisestä lisämaadoitussauvoille tarpeetonta. Maadoitustestauksen voi tehdä myös paikoissa, joissa sitä ei ennen ole osattu kuvitellakaan: rakennuksien sisällä, korkeajännitepylväissä tai missä tahansa, jossa maadoitukseen ei pääse käsiksi.

Tässä testausmenetelmässä maadoitusvastuspihti asetetaan maadoitussauvan tai kaapelin ympärille. Testisauvoja ei tarvita. Virtapihdin toinen puoli mittaa virran. Pihti määrittää automaattisesti maadoituselektrodin silmukkavastuksen. Tämä tekniikka on erittäin hyödyllinen useita maadoituksia käyttävissä järjestelmissä, joita useat kaupalliset laitokset tai teollisuuslaitokset ovat. Jos maadoituspolkuja on vain yksi, kuten asuintiloissa usein on, sauvattomalla mittausmenetelmällä ei saada hyväksyttävää arvoa. Tällöin mittausmenetelmäksi on valittava potentiaalinen alenemistestaus.

Fluke 1630-2 FC toimii sillä periaatteella, että rinnakkain / useista kohdista maadoitetuissa järjestelmissä kaikkien maadoitusreittien kokonaisvastus on huomattavasti matalampi verrattuna mihin tahansa yksittäiseen reittiin (testattava maadoitus). Niinpä kaikkien rinnakkaisten paluureittien kokonaisvastukset ovat tosiasiansa nolla. Sauvattomassa mittausmenetelmässä mitataan yksittäisen maadoitussauvan vastus joka on rinnankytkettynä maadoitusjärjestelmiin. Jos maadoitusjärjestelmä ei ole rinnan maan kanssa, piiri on joko avoin tai mittataan maadoituksen silmukkavastusta.



Sauvattoman menetelmän asetukset käytettäessä 1630-2 FC -testeriä.

Maadoitusimpedanssimittaukset

Kun yritetään laskea voimaloiden tai muiden korkeajännite/-virtakohteiden mahdollista oikosulkuvirtaa, monimutkaisen maadoitusimpedanssin määrittäminen on tärkeää, sillä impedanssi koostuu induktiivisista ja kapasitiivisista elementeistä. Koska useimmissa tapauksissa induktiivisuus ja resistiivisyys tunnetaan, todellinen impedanssi voidaan määrittää monimutkaisen laskennan avulla.

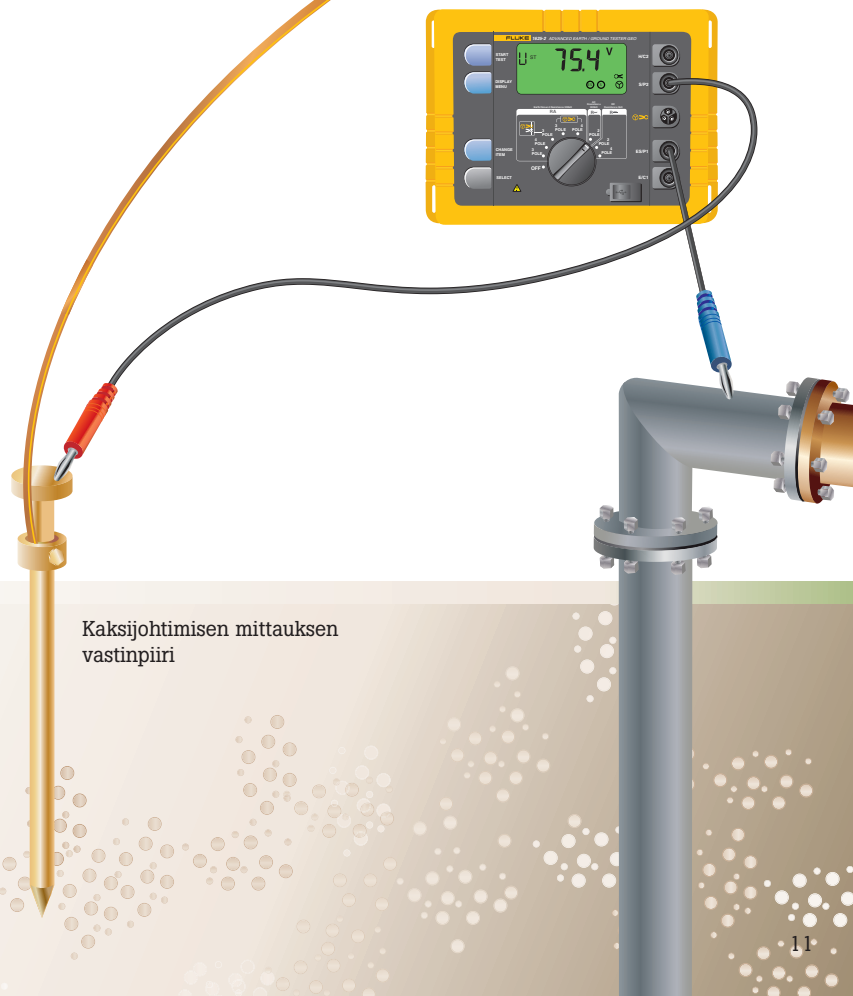
Koska impedanssi on taajuusriippuvainen, Fluke 1625-2 käyttää 55 Hz:n signaalia tähän laskentaan, jotta tulos olisi mahdollisimman lähellä jännitteen todellista käyttötaajuutta. Tämä varmistaa, että mittaus on lähellä todellisen käyttötaajuuden arvoa. Tämä 1625-2 -testerin toiminto tekee maadoitusimpedanssin suorasta ja tarkasta mittauksesta mahdollista.

Henkilöt, jotka testaavat korkeajännitteisiä siirto-kaapeleita, ovat kiinnostuneita kahdesta asiasta: maadoitusvastuksesta salamaniskun varalta ja koko järjestelmän impedanssista, jos tietyssä kohtaa linjaa tapahtuu oikosulku. Oikosulku tarkoittaa tässä tapauksessa käytössä olevan johdon hallitsematonta irtoamista ja joutumista kosketuksiin pylvään metallikehikon kanssa.

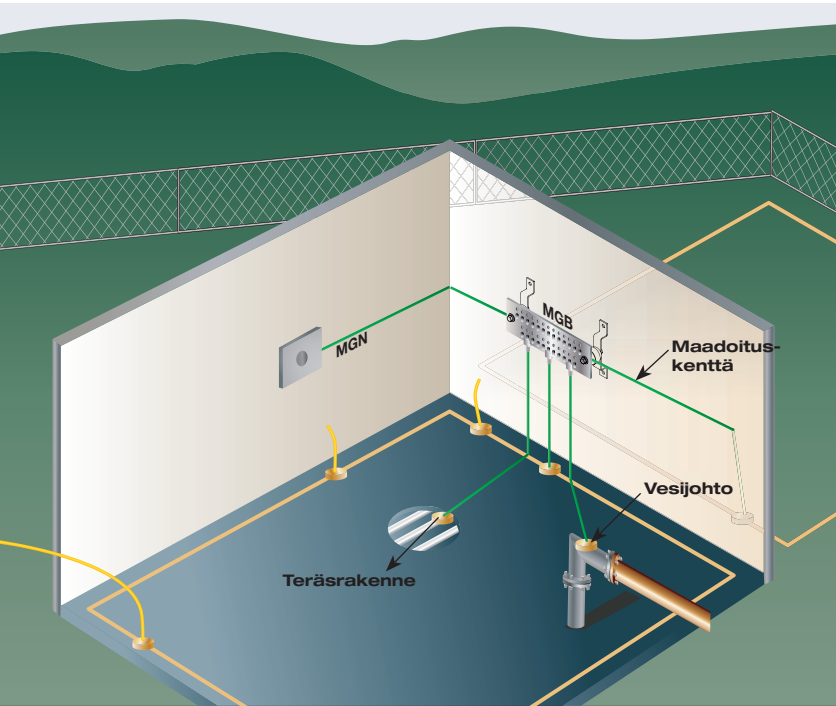
Kaksijohtiminen maadoitusvastuksen mittaus

Tilanteissa, joissa maadoitussauvan asettaminen maahan ei ole käytännöllistä tai edes mahdollista, Fluke 1623-2- ja 1625-2-testerit tarjoavat sinulle mahdollisuuden tehdä kaksijohtimisen maadoitusvastuksen/maadoitusjatkuvuuden mittauksen alla kuvatulla tavalla.

Jotta testi voidaan tehdä, tulee käyttää tunnettua ja hyvää suojamaata, kuten täysmetallista vesijohtoa. Vesijohdon on oltava riittävän iso ja täysmetallinen, eikä siinä saa olla eristäviä kytkentöjä tai jalkoja. Toisin kuin monet muut testerit, Fluke 1623-2- ja 1625-2-testerit käyttävät testiin kohtalaisen korkeaa virtaa (oikosulkuvirta >250 mA), mikä takaa luotettavat tulokset.



Maadoitusvastuksen mittaus



Tavallisen keskustatoimiston pohjapiirros.

Keskukset

Kun suoritetaan keskuksen maadoitustarkastusta, tarvitaan kolme erilaista mittausta.

Ennen testaamista etsi päämaadoituskisko keskuksista ja määritä, millainen maadoitusjärjestelmä keskuksessa on käytössä. Kuten kuvassa näkyy, päämaadoituskisko ja seuraavat osat on yhdistetty maadoitusjohtimilla:

- useammasta pisteestä maadoitettu nollajohdin tai liittymisjohto
- maadoituskenttä
- vesiputki
- teräsrakenne.

Suorita ensin sauvaton testi kaikille yksittäisille päämaadoituskiskon maadoituksille. Tarkoituksena on varmistaa, että kaikki maadoitukset on kytketty, erityisesti useammasta pisteestä maadoitettu nollajohdin. On tärkeää huomata, että et mittaa yksittäisiä vastuksia, vaan silmukavastusta johtimesta johon pihtimittari on kytketty. Kytke kuvan 1 osoittamalla tavalla Fluke 1625-2:n tai 1623-2:n indusoiva ja mittaava pihti, jotka asetetaan kunkin kytkennän ympärille useammasta pisteestä maadoitetun nollajohtimen, maadoituskentän, vesiputken ja rakenneteräksen silmukavastuksen mittausta varten.

Suorita seuraavaksi koko maadoitusjärjestelmän 3-johtiminen potentiaalinen Alenemistestaus. Kytke mittari päämaadoituskiskoon kuvan 2 osoittamalla tavalla. Saadaksesen kattavan maadoituksen, monet puhelinyhtiöt hyödyntävät käyttämättömiä kaapeli-pareja, jotka yltävät jopa noin 1,5 km:n etäisyydelle. Merkitse mittaustulos muistiin ja toista testi ainakin vuosittain.

Kolmanneksi mittaa maadoitusjärjestelmän yksittäiset vastukset käyttämällä Fluke 1625-2- tai Fluke 1623-2 -mittarin selektiivistä testiä. Kytke Flukin mittalaite kuvan 3 osoittamalla tavalla. Mittaa useammasta pisteestä maadoitetun nollajohtimen vastus. Arvo on päämaadoituskiskon kyseisen haaran vastusarvo. Mittaa seuraavaksi maadoituskenttä. Tämä lukema on keskuksen maadoituskentän todellinen vastusarvo. Siirry seuraavaksi mittaamaan vesiputken vastusarvoa ja tee sitten sama mittaus teräsrakenteelle. Voit helposti tarkistaa näiden mittausten tarkkuuden Ohmin lain avulla. Yksittäisten haarojen vastuksen pitäisi olla laskettaessa yhtä suuri kuin annetun kokonaisu-järjestelmän vastuksen (pieniä eroja voi olla, sillä kaikkia maadoituselementtejä ei välttämättä ole mitattu).

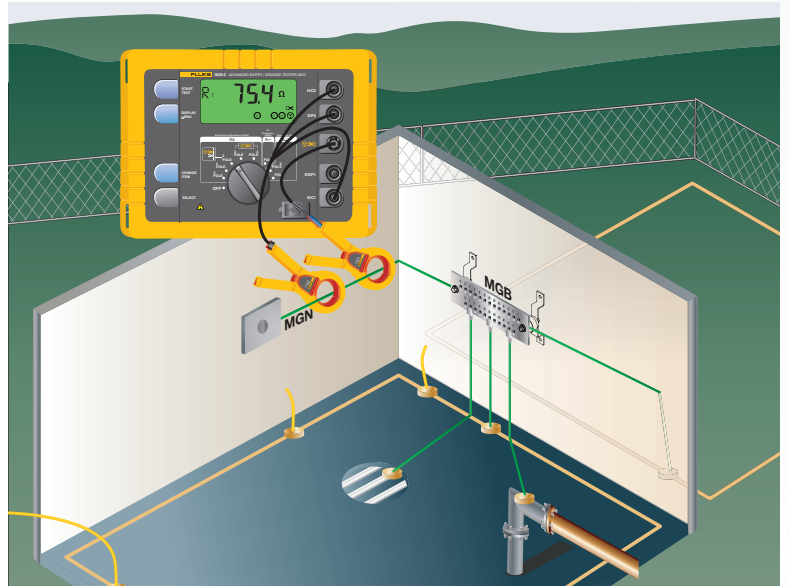
Nämä testimenetelmät antavat tarkimmat mittaustulokset keskuksessa, sillä saat tietää yksittäisten vastusten arvot ja eri osien todellisen toiminnan maadoitusjärjestelmässä. Vaikka tulokset ovatkin tarkkoja, mittaukset eivät kerro, miten järjestelmä toimii verkkona, sillä salaman iskiessä tai vikavirtatilanteessa kaikki osat yhdistyvät.

Lisäksi tarvitaan vielä muutamia yksittäisten vastusten lisätestejä.

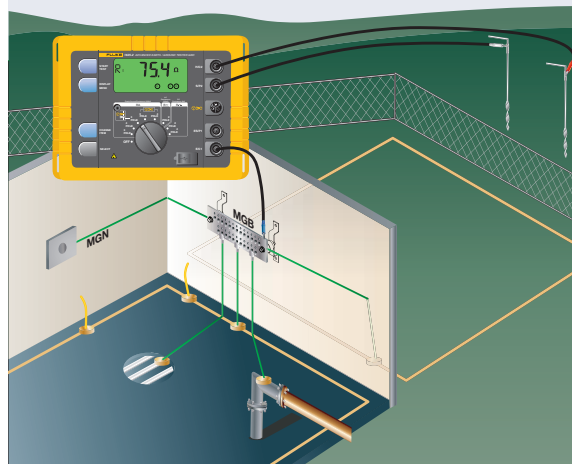
Suorita ensin 3-johtiminen potentiaalinen Alenemistestaus kaikille päämaadoituskiskon haaroille ja merkitse kaikki mittaustulokset muistiin. Ohmin lain mukaisesti näiden mittausten tulosten pitäisi vastata koko järjestelmän vastusta. Laskelmista näet, että tulos poikkeaa 20–30 % kokonaisvastusarvosta.

Mittaa lopuksi päämaadoituskiskon eri haarojen vastukset Selektiivisen Sauvattoman menetelmän avulla. Menetelmä toimii muuten samoin kuin Sauvaton menetelmä, mutta kahta erillistä pihtiä käytetään eri tavalla. Indusoiva jännitepihti asetetaan päämaadoituskiskoon menevän kaapelin ympärille, ja koska päämaadoituskisko on kytketty sähkönsyöttöön, joka on rinnakkainen maadoitusjärjestelmän kanssa, vaatimus täyttyy. Ota mittaava pihti ja aseta se maadoituskenttään johtavaan maadoitusjohtimeen. Kun vastus mitataan, kyseessä on maadoituskentän todellinen vastus yhdistettynä päämaadoituskiskon rinnakkaiseen reittiin. Koska arvon pitäisi olla hyvin pieni ohmimäärältään, sen ei pitäisi vaikuttaa mitattuun lukemaan juurikaan. Tämä prosessi voidaan toistaa myös muiden haarojen, eli vesiputken ja rakenneteräksen osalta.

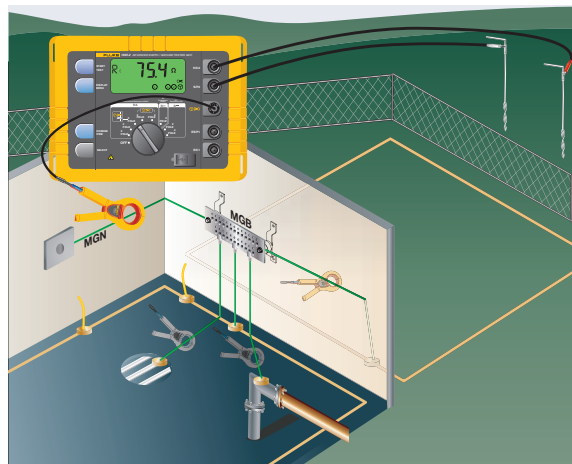
Mittaa päämaadoituskisko Sauvattoman Selektiivisen menetelmän avulla asettamalla indusoiva jännitepihti vesiputkeen johtavan johtimen ympärille (kuparivesiputken vastuksen pitäisi olla hyvin pieni), jolloin lukema kertoo pelkän useammasta pisteestä maadoitetun nollajohtimen vastuksen.



Kuva 1: Sauvaton testaus keskuksessa.

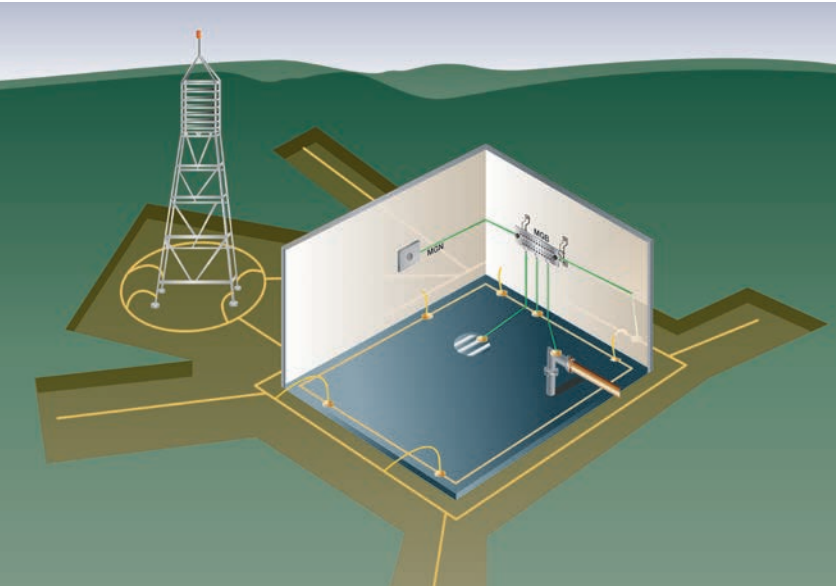


Kuva 2: Tee 3-johtiminen potentiaalinen alenemistestaus koko maadoitusjärjestelmälle.



Kuva 3: Mittaa maadoitusjärjestelmän yksittäiset vastukset selektiivisen testauksen avulla.

Lisää maadoitusvastusovelluksia



Tyypillinen matkapuhelinmastoasennus.

Sovelluskohteet

Fluke 1625-2 -laitetta voi käyttää maadoitusjärjestelmän mittaamiseen myös neljässä muussa tapauksessa.

Matkapuhelin-, mikroaalto- ja radiomastot

Useimmissa kohteissa on 4-jalkainen masto, jonka jokainen jalka on erikseen maadoitettu. Maadoitukset on yhdistetty toisiinsa kuparikaapelilla. Maston vieressä on mastoalueen rakennus, joka sisältää lähetyslaitteiston. Rakennuksen sisällä on kehämaadoitus ja päämaadoituskisko, johon kehämaadoitus on kytketty. Mastoalueen rakennus on maadoitettu kaikista neljästä kulmastaan, jotka on yhdistetty päämaadoituskiskoon kuparikaapelilla. Kulmat on myös yhdistetty toisiinsa kuparilangalla. Rakennuksen maadoitusrengas ja maston maadoitusrengas on myös yhdistetty toisiinsa.

Sähköasemat

Sähköasema on siirto- ja jakelujärjestelmän asema, jossa jännite yleensä muunnetaan suuresta pienemmäksi. Tyypillinen sähköasema sisältää johtopääterakenteita, suurjännitekojeistoja, yhden tai useampia tehomuuntajia, pienjännitekojeistoja, suojauksen jännitepiikeiltä, hallintalaitteita ja mittalaitteita.

Etäkytkentäasemat

Etäkytkentäasemat, joissa käytetään digitaalisia johdonkeskittimiä ja muita tietoliikennelaitteita. Etäkytkentäasemat on maadoitettu yleensä kaapin molemmista päistä, ja lisäksi kaapin ympärillä on sarja maadoitussauvoja, jotka on yhdistetty toisiinsa kuparilangalla.

Ukkosenjohdattimet kaupallisissa rakennuksissa ja teollisuuslaitoksissa

Useimmissa ukkosenjohdatinjärjestelmissä rakennuksen kaikki neljä kulmaa on maadoitettu ja yhdistetty toisiinsa kuparikaapelilla. Maadoitussauvojen määrä vaihtelee rakennuksen koon ja sen mukaan, millaiseen vastusarvoon järjestelmän on suunniteltu yltävän.

Suosittelut testit

Loppukäyttäjien on tehtävät samat kolme testusta jokaiselle käyttökohteelle: Sauvaton mittaus, 3-johtiminen Potentiaalinen Alenemismittaus ja Selektiivinen mittaus.

Sauvaton mittaus

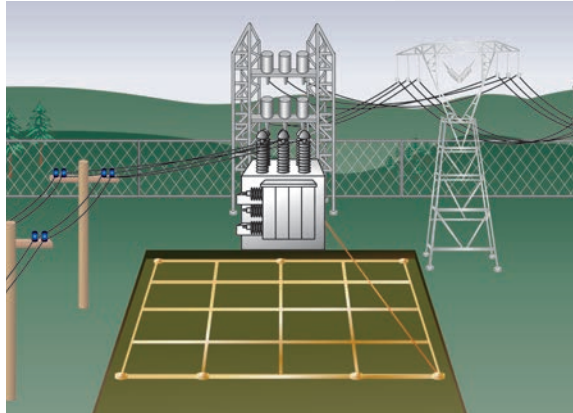
Tee sauvaton mittaus ensin seuraaville kohteille:

- maston yksittäiset jalat ja rakennuksen neljä kulmaa
(matkapuhelinmastoalueet/mastot)
- kaikki maadoitusliitännät
(sähköasemat)
- etäasemalle vievät johdot
(etäkytkentä)
- rakennuksen maadoitussauvat
(ukkosenjohdattimet).

Kaikille käyttökohteille tämä ei ole todellinen maadoitusvastusmittaus verkkomaadoituksen vuoksi. Tämä on pääasiassa jatkuvuudesta, jolla varmistetaan, että kohde on yleensäkin maadoitettu, että sähköliitäntä on kunnossa ja että järjestelmässä kulkee virtaa.

3-johtiminen Potentiaalinen Alenemismittaus

Toiseksi mitataan koko järjestelmän vastus 3-johtimisen potentiaalisen alenemismenetelmän avulla. Pidä sauvojen asettelun säännöt mielessäsi. Mittaustulos on hyvä merkitä muistiin, ja mittaukset tulisi suorittaa vähintään kahdesti vuodessa. Tämä mittaus kertoo koko kohteen vastusarvon.

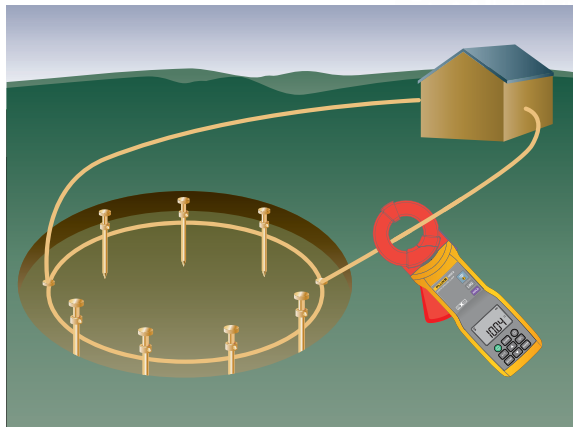


Tyypillinen sähköasema-asennus.

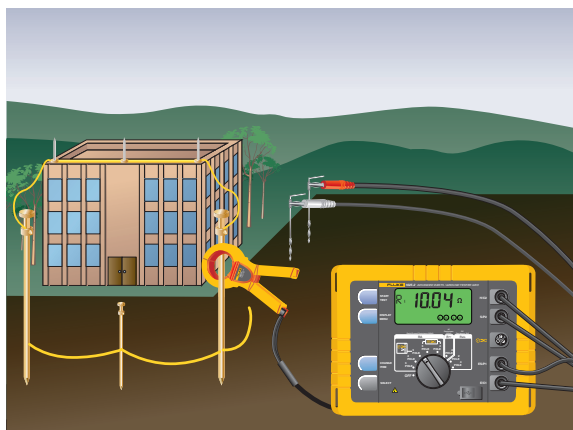
Selektiivinen mittaus

Viimeiseksi mitataan yksittäiset maadoitukset käyttämällä selektiivistä menetelmää. Testi varmistaa yksittäisten maadoitusten ja niiden liitäntöjen eheyden ja määrittää, onko maadoituspotentiaali suurin piirtein sama koko järjestelmässä. Jos jotkin mittaukset paljastavat suurempia vaihteluja kuin muut, syy täytyy selvittää. Vastukset mitataan seuraavista kohteista:

- kaikki maston jalat ja kaikki neljä rakennuksen kulmaa (matkapuhelinmastot/alueet/mastot)
- yksittäiset maadoitussauvat ja niiden liitännät (sähköasemat)
- etäaseman molemmat päät (etäkytkentä)
- rakennuksen kaikki neljä kulmaa (ukkosjohtimet)



Sauvattoman menetelmän käyttäminen etäkytkentäasemalla.



Selektiivisen testauksen käyttäminen ukkosjohtin-järjestelmässä.

Maadoitusvastustuotteet



Edistyksellinen Fluke 1625-2 maadoitusvastustesteri



Fluke 1623-2 perusmaadoitusvastustesteri



Fluke 1630-2 FC -maadoitusvastuspihtimittari

Koko testerituotevalikoima

Fluke 1623-2 ja 1625-2 ovat maadoitusvastustestereitä, joilla voidaan testata maadoitusvastus kaikilla neljällä eri tavalla.

Fluke 1625-2 -testerin edistyksellisiin ominaisuuksiin kuuluu:

- automaattinen taajuuden säätö (AFC) – tunnistaa häiriöt ja valitsee mahdollisimman häiriöttömän mittaustaajuuden automaattisesti
- R*-mittaus – laskee maadoituksen impedanssin 55 Hz:llä ja pystyy näin tarkasti kertomaan sen maadoitusvastuksen arvon, jonka maavikakin "näkee"
- säädettävät rajat nopeampaan testaukseen

Fluke 1630-2 FC -testerin edistyksellisiin ominaisuuksiin kuuluu:

- yksipihtinen sauvaton testaus
- mittaustiedonkeruu – tallenna jopa 32 760 mittausta sisäiseen muistiin esiasetetun tallennusvälin mukaisesti
- hälytysrajat – käyttäjän määrittämät korkean/matalan arvon hälytysrajat mittausten nopeaan arviointiin
- kaistanpäästösuodatin – valittavissa oleva kaistanpäästösuodattimen toiminto poistaa ei-toivotun häiriön AC-vuotovirtamittauksista
- 1630-2 FC on osa kasvavaa yhteen liitettävien mittauslaitteiden ja laitehuolto-ohjelmien järjestelmää. Lisätietoja Fluke Connect -järjestelmästä on verkkosivulla flukeconnect.com.

Lisävarusteet

320 mm:n mittauspihti – pylväiden yksittäisten jalkojen selektiiviseen testaukseen.



Täydellinen 1625-2-paketti



Fluke 1630-2 FC, referenssisilmukkavastus sekä kova kantolaukku

Maadoitusvastustesterien vertailu

| Tuote | Potentiaalinen alenemistestaus | | Selektiivinen testaus | Sauvaton testaus | Kaksijohtiminen menetelmä |
|-----------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| | 3-johtiminen | 4-johtiminen/maaperä | 1 pihti | 2 pihtiä | 2-johtiminen |
| Fluke 1621 | | | | | |
| Fluke 1623-2 | | | | | |
| Fluke 1625-2 | | | | | |
| Fluke 1630-2 FC | | | | | |

Fluke. Keeping your world up and running.®

Fluke Finland Oy
Teknobulevardi 3-5
01530 VANTAA
Puh.: 0800 111 862
E-mail: cs.fi@fluke.com
Web: www.fluke.fi

©2013, 2014, 2017 Fluke Corporation. Kaikki oikeudet pidätetään. Oikeudet muutoksiin ilman ennakoilmoitusta pidätetään.
2/2017 4346628c-fin

Tätä asiakirjaa ei saa muokata ilman Fluke Corporationin kirjallista lupaa.