

**FLUKE®**

# Aardings- weerstand



## **Principes, testmethoden en toepassingen**

**DIAGNOSTICEREN**  
van intermitterende  
elektrische problemen

**VOORKOMEN**  
van onnodige  
uitvaltijd

**FLUKE**

**INZICHT  
VERKRIJGEN**  
in de principes van  
aardingsveiligheid



# Waarom aarden, waarom testen?

## Waarom aarden?

Slechte aarding vergroot niet alleen de onnodige uitvaltijd, maar onvoldoende goede aarding is bovendien gevaarlijk en verhoogt het risico van machinestoringen.

Zonder een effectief aardingssysteem lopen we het risico een elektrische schok te krijgen, om nog maar te zwijgen over instrumentatiefouten, harmonische vervormingen, arbeidsfactorgerelateerde problemen en vele andere mogelijke intermitterende storingsdilemma's. Als foutstromen niet via een goed ontworpen en onderhouden leiding in het aardingssysteem naar de aarde kunnen lopen, zullen zij ongewenste wegen zoeken, die eventueel ook door mensen heen gaan. De volgende organisaties geven aanbevelingen en/of normen voor veilig aarden:

- 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)

Goed aarden is echter niet alleen bedoeld voor de persoonlijke veiligheid, maar ook om schade aan industriële installaties en apparatuur te voorkomen. Een goed aardingssysteem verbetert de bedrijfszekerheid van de apparatuur en verkleint het risico van schade als gevolg van blikseminslag of foutstromen. Elk jaar treden er miljardenverliezen op de werkplek op als gevolg van schade veroorzaakt door elektriciteitsbranden. Bij de cijfers is nog niet eens rekening gehouden met de daaruit voortvloeiende kosten voor juridische processen en de verliezen aan persoonlijke en bedrijfsproductiviteit.

## Waarom aardingssystemen testen?

Na verloop van tijd kunnen aardelektroden met hun aansluitingen door corrosieve bodems met een hoog vocht- of zoutgehalte en hoge temperaturen worden aangetast. Dus ondanks dat er bij de installatie van het aardingssysteem lage aardingsweerstandswaarden zijn gemeten, kan de weerstand van het aardingssysteem toch toenemen naarmate de aardingspennen steeds verder worden aangetast.

Aardingstesters, zoals de Fluke 1630-2 FC stroomtang-aardingstester, zijn onmisbare instrumenten voor het opsporen en verhelpen van storingen en voor het op peil houden van de effectieve bedrijfstijd. De oorzaak van frustrerende, intermitterende elektrische storingen kan dus een slechte aarding of een slechte netvoedingskwaliteit zijn.

Daarom wordt het dringend aangeraden alle aardingssystemen en aardaansluitingen minstens een keer per jaar te laten controleren als onderdeel van uw normale preventieve onderhoudsplan. Als tijdens deze periodieke controles een weerstandstoename van meer dan 20% wordt gemeten, moet de technicus de oorzaak van het probleem opsporen en een correctie aanbrengen om de weerstand te verminderen, en wel door extra aardelektroden toe te voegen aan het aardingssysteem of door aangetaste aardelektroden te vervangen.

## Wat is een aarde en hoe functioneert deze?

Aarde wordt door NEC (National Electrical Code) in artikel 100 gedefinieerd als: "Een geleidende verbinding, bedoeld of onbedoeld, tussen een stroomkring of een elektrisch apparaat en de aarde of een geleidend object dat dienstdoet als aarde." Aarden kan betrekking hebben op twee verschillende onderwerpen: het maken van aardverbindingen met de bodem, en het maken van aardverbindingen op apparatuur. Aardverbinding is een bewuste verbinding tussen een geleider van een stroomkring, gewoonlijk de nulleider, en een in de aarde aangebrachte aardelektrode. Aarding van apparatuur zorgt ervoor dat werkende apparaten binnen een bepaalde constructie deugdelijk zijn geaard. Deze twee aardingssystemen moeten van elkaar gescheiden blijven, met uitzondering van een verbinding tussen de beide systemen. Dit voorkomt spanningspotentiaalverschillen ten gevolge van een mogelijke overslag door blikseminslagen. Het doel van aarding is, naast het beveiligen van personen, machines en apparaten, het creëren van een veilig pad voor het afvoeren van foutstromen, blikseminslagen, statische ontladingen, EMI- en RFI-signalen en interferentie.

## Wat is een goede aardingsweerstandswaarde?

Er bestaat nogal wat verwarring over de vraag wat een goede aarding is en welke aardingsweerstandswaarde nodig is. In de ideale situatie moet de aarding een weerstand van nul ohm hebben.

Er is geen standaarddrempelwaarde voor aardingsweerstand die door alle norminstituten wordt erkend. De NFPA en de IEEE adviseren echter een aardingsweerstandswaarde van 5,0 ohm of minder.

De NEC stelt dat 'ervoor dient te worden gezorgd dat de systeemimpedantie naar aarde minder dan 25 ohm bedraagt zoals vermeld in NEC 250.56. In bedrijven met gevoelige apparatuur moet dit 5,0 ohm of minder zijn."

In de telecommunicatiebranche wordt 5,0 ohm of minder vaak als waarde gebruikt voor aarding en aansluiting.

Het doel van de aardingsweerstand is een zo laag mogelijke aardingsweerstandswaarde te bereiken, die zowel in economisch als fysisch opzicht zinvol is.



Waarom testen? Corrosieve bodems.



Waarom aarden? Blikseminslagen.



Gebruik de Fluke 1625-2 om de deugdelijkheid van uw aardingssystemen vast te stellen.

## Inhoudsopgave

2

Waarom aarden?  
Waarom testen?

4

Aardingsprincipes

6

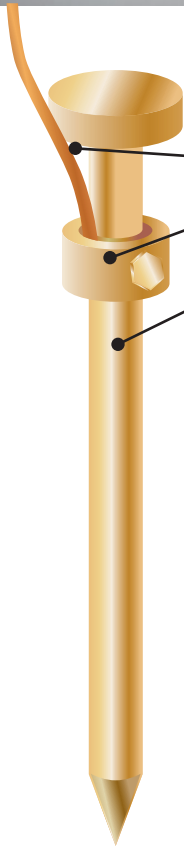
Methoden voor het testen van aarding

12

Meten van de aardingsweerstand

# Aardingsprincipes

## Componenten van een aardelektrode

- 
- Aardingsgeleider
  - Verbinding tussen aardingsgeleider en aardelektrode
  - Aardelektrode

## Locaties van weerstanden

### (a) De aardelektrode en zijn verbinding

De weerstand van de aardelektrode en zijn verbinding is in het algemeen zeer laag. Aardingspennen worden in het algemeen gemaakt van hooggeleidend materiaal met een lage weerstand, zoals staal of koper.

### (b) Contactweerstand van de omringende aarde naar de elektrode

Het National Institute of Standards (een overheidsinstantie van het Amerikaanse ministerie van Handel) heeft aangetoond dat deze weerstand nagenoeg verwaarloosbaar is, mits de aardelektrode vrij is van verf, vet, etc. en de aardelektrode goed contact heeft met de aarde.

### (c) Weerstand van de omringende aardmassa

De aardelektrode wordt omgeven door aarde bestaande uit denkbeeldige concentrische schillen van gelijke dikte. De schillen die zich het dichtst bij de aardelektrode bevinden, hebben het kleinste oppervlak en daardoor de hoogste weerstand. Elke volgende schil heeft een groter oppervlak en daardoor een lagere weerstand. Uiteindelijk wordt er een punt bereikt waar de verdere schillen nog maar weinig weerstand bieden aan de aarde rondom de aardelektrode.

Op basis van deze informatie moeten wij ons dus bij het installeren van aardingsystemen concentreren op methoden om de aardingsweerstand te verminderen.

## Wat is van invloed op de aardingsweerstand?

In de eerste plaats bepaalt de NEC-code (1987, 250-83-3) dat de aardelektrode over een lengte van ten minste 2,5 meter (8,0 voet) in contact moet staan met de bodem. Er zijn echter vier variabelen van invloed op de aardingsweerstand van een aardingsstelsel:

1. Lengte/diepte van de aardelektrode
2. Diameter van de aardelektrode
3. Aantal aardelektroden
4. Ontwerp van het aardingsstelsel

### Lengte/diepte van de aardelektrode

Een zeer effectieve manier om de aardingsweerstand te verlagen, is het dieper inslaan van de aardelektroden. De weerstand van de bodem is niet consistent en kan in hoge mate onvoorspelbaar zijn. Bij het installeren van een aardelektrode is het van essentieel belang dat dit op vorstvrije diepte plaatsvindt. Dit wordt gedaan opdat de weerstand ten opzichte van de aarde niet te zeer wordt beïnvloed door de bevroren bodem rondom de elektrode.

Door de lengte van de aardelektrode te verdubbelen, kunt u in het algemeen het weerstandsniveau met nog eens 40% verminderen. Er zijn omstandigheden waarin het fysiek onmogelijk is de aardelektroden dieper in te slaan, bijvoorbeeld op plaatsen die bestaan uit rots of graniet, enz. Voor deze gevallen worden andere methoden toegepast, inclusief cement voor aarding.

### Diameter van de aardelektrode

Het vergroten van de diameter van de aardelektrode heeft zeer weinig effect op het verkleinen van de weerstand. Als u bijvoorbeeld de diameter van een aardelektrode verdubbelt, zal de weerstand met maar 10% afnemen.

## Aantal aardelektroden

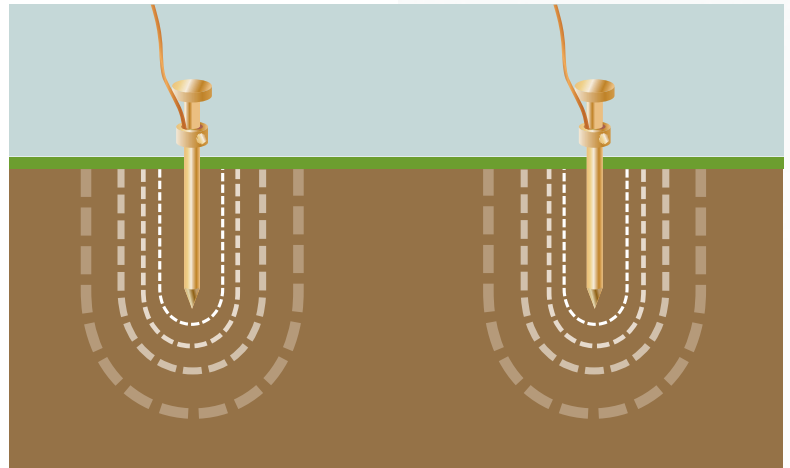
Een andere manier om de aardingsweerstand te verminderen, is het toepassen van meerdere aardelektroden. Bij deze methode wordt een aantal elektroden in de aarde geslagen en parallel met elkaar verbonden om de weerstand te verminderen. Om ervoor te zorgen dat de extra elektroden effectief zijn, moet de onderlinge afstand tussen de extra elektroden minimaal gelijk zijn aan de diepte van de in de aarde geslagen elektrode. Zonder een goede onderlinge afstand tussen de aardelektroden, overlappen de werkingssferen van de aardelektroden elkaar en wordt de weerstand niet kleiner.

Aan de hand van onderstaand overzicht van aardingsweerstand kunt u een aardingspen kiezen die voldoet aan de door u gestelde specifieke weerstandswaarden. Hierbij moet u bedenken dat de normwaarden slechts als vuistregel kunnen worden toegepast, omdat de bodem uit lagen bestaat en zelden homogeen van samenstelling is. De weerstandswaarden zullen sterk variëren.

## Ontwerp van het aardingssysteem

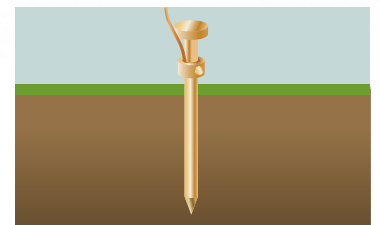
Eenvoudige aardingsystemen bestaan uit een enkele aardelektrode die in de aarde is geslagen. Het gebruik van één enkele aardelektrode is de meest gangbare vorm van aarding rondom een woonhuis of bedrijfspand. Samengestelde aardingsystemen bestaan uit meerdere met elkaar verbonden aardelektroden, gevlochten of roosternetwerken, aardingsplaten en aardingslussen. Deze systemen worden doorgaans toegepast voor verdeelstations van elektriciteitscentrales, centrale kantoren en zendmasten voor mobiele telefonie.

Door samengestelde netwerken wordt het contact met de omringende aarde sterk geïntensiveerd en worden de aardingsweerstand kleiner.

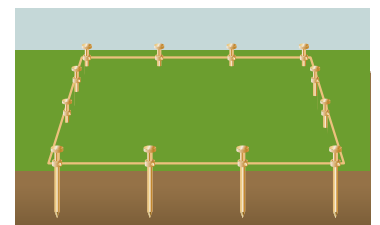


Elke aardelektrode heeft zijn eigen 'werkingssfeer'.

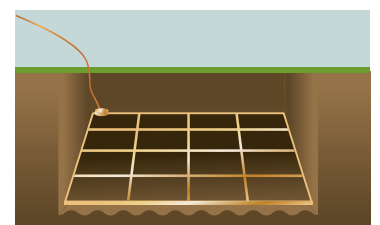
## Aardingsystemen



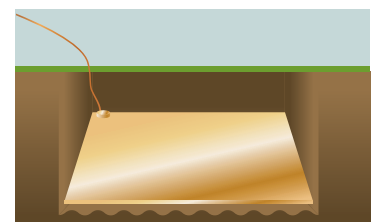
Enkelvoudige aardelektrode



Meerdere met elkaar verbonden aardelektroden



Vlecht netwerk



Aardingsplaat

Type bodem	Bodemweerstand $R_E$ $\Omega M$	Aardingsweerstand					
		Diepte van aardelektrode (meter)			Aardstrip (meter)		
		3	6	10	5	10	20
Zeer vochtige, drassige bodem	30	10	5	3	12	6	3
Leemhoudende, landbouw- en kleigronden	100	33	17	10	40	20	10
Zanderige kleigrond	150	50	25	15	60	30	15
Vochtige zandgrond	300	66	33	20	80	40	20
Beton 1:5	400	-	-	-	160	80	40
Vochtig kiezelzand	500	160	80	48	200	100	50
Droge zandgrond	1000	330	165	100	400	200	100
Droog kiezelzand	1000	330	165	100	400	200	100
Steenachtige bodem	30.000	1000	500	300	1.200	600	300
Rotsbodem	$10^7$	-	-	-	-	-	-

# Welke methoden voor aardingstesten zijn er?

Er zijn vier typen aardingstesten:

- **Bodemweerstand** (met elektroden)
- **Potentiaalverlies** (met elektroden)
- **Selectief** (met 1 stroomtang en elektroden)
- **Elektrodeloos** (met alleen stroomtangen)

## Aardingsweerstandsmeting

### Waarom moet de aardingsweerstand gemeten worden?

Het is zeer belangrijk te weten hoe groot de bodemweerstand is bij de keuze van het ontwerp van het aardingssysteem voor nieuwe installaties (veldtoepassingen) dat moet voldoen aan de door u gestelde aardingsweerstandswaarden. In de ideale situatie vindt u een locatie met de laagst mogelijke weerstand. Maar zoals hiervoor besproken, kunnen ongunstige bodemcondities worden overwonnen met uitgebreidere aardingssystemen.

De samenstelling, het vochtgehalte en de temperatuur van de bodem zijn factoren die alle van invloed zijn op de bodemweerstand. De bodem is zelden homogeen samengesteld en de bodemweerstand zal variëren op verspreid liggende locaties en op diverse bodemdieptes. Het vochtgehalte wisselt met de seizoenen naargelang de aard van de bodemlagen en het grondwaterpeil. Omdat de bodem en het water in het algemeen stabiel zijn in dieper gelegen bodemlagen, is het raadzaam om de aardings elektroden zo diep mogelijk, liefst onder de grondwaterspiegel, in de aarde te slaan. Ook moeten de aardings elektroden worden geïnstalleerd op een plaats waar de temperatuur stabiel is, d.w.z. op een vorstvrije diepte.

Om effectief te kunnen zijn, moet een aardingssysteem zodanig zijn ontworpen dat het geschikt is voor extreem slechte omstandigheden.

### Hoe kan ik de aardingsweerstand berekenen?

In de onderstaande meetprocedure wordt de algemeen aanvaarde Wenner-methode gebruikt, die is ontwikkeld door dr. Frank Wenner van het US Bureau of Standards in 1915. (F. Wenner, A Method of Measuring Earth Resistivity; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, p. 478-496; 1915/16.)

#### De formule luidt als volgt:

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

( $\rho$  = de gemiddelde bodemweerstand tot een diepte A in ohm-cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = de afstand in cm tussen de elektroden

R = de gemeten weerstandswaarde in ohm van het meetinstrument

**Opmerking:** Opmerking: deel ohm-centimeter door 100 voor de omrekening naar ohm-meter. Let goed op de eenheden.

**Voorbeeld** U heeft besloten drie meter lange aardelektroden te installeren als onderdeel van uw aardingssysteem. Om de bodemweerstand op een diepte van drie meter te meten, adviseerden wij een onderlinge afstand van negen meter tussen de testelektroden aan te houden.

Voor het meten van de bodemweerstand schakelt u de Fluke 1625-2 in en leest u de weerstandswaarde in ohm af. Laten we aannemen dat in dit geval de weerstandsuitlezing 100 ohm bedraagt. In dit geval weten we dus dat:

$$A = 9 \text{ meter, en}$$

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

De bodemweerstand is dan gelijk aan:

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

$$\rho = 2 \times 3,1416 \times 9 \text{ meter} \times 100 \text{ ohm}$$

$$\rho = 5655 \Omega\text{m}$$

## Hoe kan ik de aardingsweerstand meten?

Om de bodemweerstand te testen, moet u de aardings-tester aansluiten zoals hieronder is aangegeven.

Zoals u ziet zijn de vier aardingspennen in een rechte lijn op onderling gelijke afstand in de grond geslagen. De afstand tussen de aardingspennen moet minstens drie keer groter zijn dan de diepte van de pen. Dus als de diepte van elke aardingspen 30 cm, moet ervoor worden gezorgd dat de afstand tussen de aardingspennen groter is dan 91 cm. De Fluke 1625-2 genereert een bekende stroom via de beide buitenste aardingspennen, en het spanningspotentiaalverlies wordt gemeten tussen de twee binnenste aardingspennen. Aan de hand van de wet van Ohm ( $V=IR$ ) berekent de Fluke-tester automatisch de aardingsweerstand.

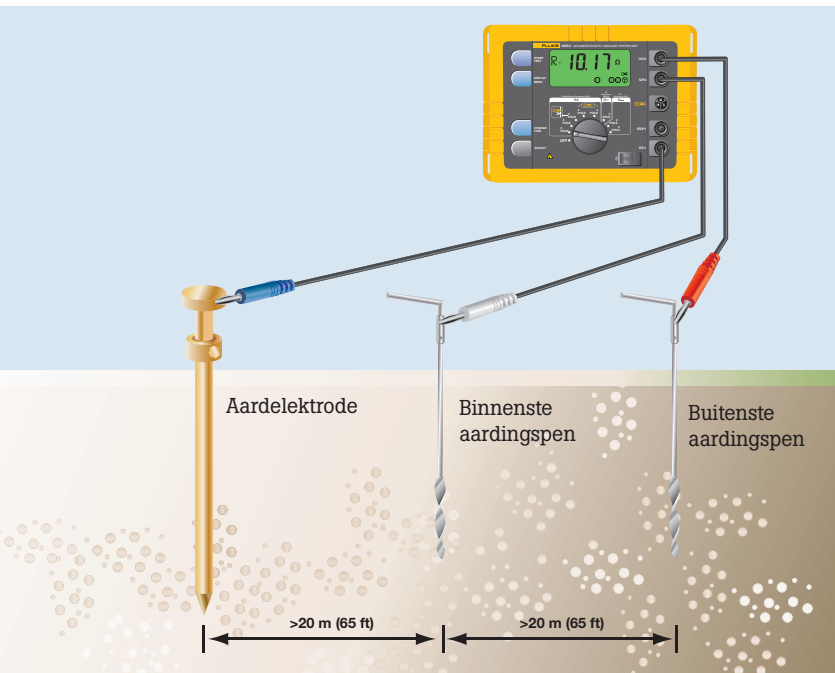
Omdat de meetresultaten vaak vertekend en onbruikbaar worden door de aanwezigheid van stukken metaal in de bodem, waterhoudende grondlagen, enz., is het altijd raadzaam aanvullende metingen uit te voeren waarbij de as van de aardingspen 90 graden is gedraaid. Door de diepte en afstand een aantal keren te wijzigen, ontstaat er een profiel op basis waarvan een geschikt aardingsweerstandssysteem kan worden gekozen.

Aardingsweerstandsmetingen worden vaak onzuiver door de aanwezigheid van aardstromen en hun harmonischen. Om te voorkomen dat dit gebeurt, gebruikt de Fluke 1625-2 een automatisch frequentieregelsysteem (AFC). Dit systeem selecteert automatisch de testfrequentie met de minste ruis, zodat u een duidelijke uitlezing krijgt.



Opstelling voor het testen van de aardingsweerstand met de Fluke 1623-2 of 1625-2.

# Welke methoden voor aardingstesten zijn er?



## Potentiaalverliesmeting

De potentiaalverliestestmethode wordt gebruikt om van een aardingsysteem of een individuele elektrode het vermogen te meten om energie van een bepaalde plek af te voeren.

### Hoe werkt de potentiaalverliestest?

Eerst moet de betrokken aardelektrode worden losgekoppeld van de aansluiting op de installatie. Daarna wordt de tester aangesloten op de aardelektrode. Vervolgens worden voor de 3-polige potentiaalverliestest twee aardingspennen in de aarde geslagen in een rechte lijn en op enige afstand van de aardelektrode. Normaal is een onderlinge afstand van 20 meter (65 voet) voldoende. Zie voor meer bijzonderheden over het plaatsen van de pennen de volgende paragraaf.

Een bekende stroom wordt gegenereerd door de Fluke 1625-2 tussen de buitenste pen (hulpaardingspen) en de aardelektrode, terwijl het spanningspotentiaalverlies wordt gemeten tussen de binnenste aardingspen en de aardelektrode. Aan de hand van de wet van Ohm ( $V=IR$ ) berekent de tester automatisch de weerstand van de aardelektrode.

Sluit de aardingstester aan zoals in de afbeelding is aangegeven. Druk op START en lees de waarde  $R_E$  (weerstand) af. Dit is de werkelijke waarde van de aan de test onderworpen aardelektrode. Als de aardelektrode parallel of in serie is geschakeld met andere aardingspennen, komt de  $R_E$ -waarde overeen met de totale waarde van alle weerstanden.

### Hoe worden de pennen geplaatst?

Om de hoogste graad van nauwkeurigheid te bereiken bij de uitvoering van een 3-polige aardingsweerstandstest, moet de probe worden aangebracht op een plaats buiten de werkingssfeer van de aan de test onderworpen aardelektrode en de hulpaardingspen.

Als de probe niet buiten deze werkingssfeer blijft, zullen de effectieve weerstandszones elkaar overlappen en elke meting die wordt uitgevoerd ongeldig maken. De tabel geeft richtlijnen voor het correct plaatsen van de probe (binnenste aardingspen) en hulpaardingspen (buitenste pen).

Om de nauwkeurigheid van de resultaten te controleren en er zeker van te zijn dat de aardingspennen zich buiten de werkingssferen bevinden, moet de binnenste aardingspen (probe) 1 meter (3 voet) in een van beide richtingen worden verplaatst en moet er een nieuwe meting worden uitgevoerd. Als de meetwaarde aanzienlijk afwijkt (30 %), moet u de afstand tussen de te testen aardelektrode, de binnenste aardingspen (probe) en de buitenste aardingspen (hulpaardingspen) zo lang vergroten tot de meetwaarden redelijk constant blijven wanneer u de binnenste aardingspen (probe) verplaatst.

Diepte van de aardelektrode	Afstand tot de binnenste aardingspen	Afstand tot de buitenste aardingspen
2 m	15 m	25 m
3 m	20 m	30 m
6 m	25 m	40 m
10 m	30 m	50 m



## Selectieve meting

De selectieve test komt in hoge mate overeen met de potentiaalverliestest, omdat dezelfde metingen worden uitgevoerd, maar dan op een veel veiligere en eenvoudiger manier. Dit komt omdat bij de selectieve test de te testen aardelektrode niet hoeft te worden losgekoppeld van de aansluiting op de installatie. De technicus hoeft zijn eigen leven niet in gevaar te brengen door het loskoppelen van de aarding, en evenmin ander personeel of elektrische apparatuur aan gevaar bloot te stellen doordat de betreffende installatie niet langer geaard is.

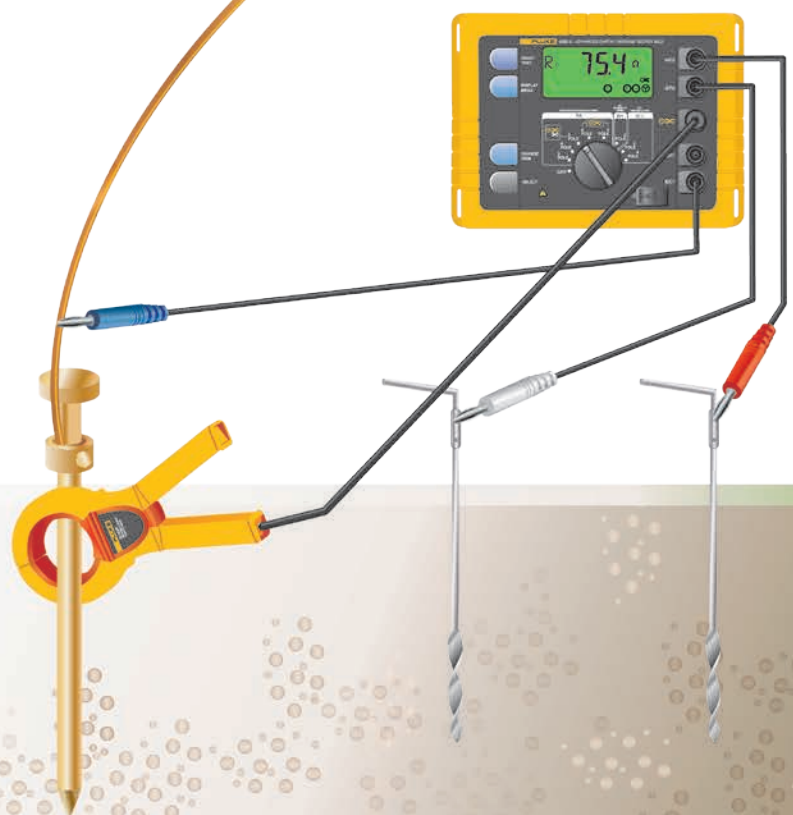
Net als bij de PotentiaalVerliestest worden twee aardingspennen in de aarde geplaatst in een rechte lijn en op enige afstand van de aardelektrode. Normaal is een onderlinge afstand van 20 meter (65 voet) voldoende. De tester wordt vervolgens op de te testen aardelektrode aangesloten, wat als voordeel heeft dat de aansluiting op de installatie niet hoeft te worden losgekoppeld. In plaats daarvan wordt een speciale stroomtang om de aardelektrode geplaatst, die de effecten van de parallelle weerstanden in een geaard systeem elimineert, zodat alleen aan de betreffende aardelektrode een meting wordt uitgevoerd.

Net zoals hiervoor, wordt er door de Fluke 1625-2 een bekende stroom gegenereerd tussen de buitenste aardingspen (hulpaardingspen) en de aardelektrode, terwijl het spanningspotentiaalverlies wordt gemeten tussen de binnenste aardingspen en de aardelektrode. Met de stroomtang wordt alleen de stroom gemeten die door de betreffende aardelektrode stroomt. De gegenereerde stroom gaat ook door andere parallelle weerstanden, maar alleen de stroom die door de stroomtang loopt (d.w.z. de stroom die door de betreffende aardelektrode loopt) wordt gebruikt voor het berekenen van de weerstand ( $V=IR$ ).

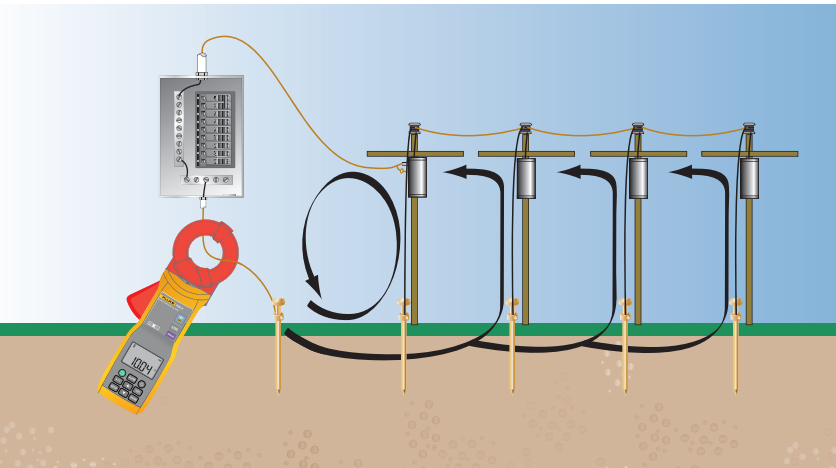
Als de totale weerstand van het aardingsstelsel moet worden gemeten, dient de weerstand van elke aardelektrode te worden gemeten door de stroomtang om elke afzonderlijke aardelektrode te plaatsen. Daarna kan de totale weerstand van het aardingsstelsel worden berekend.

Voor het testen van de weerstand van afzonderlijke aardelektroden van hoogspanningsmasten met bovengrondse aardings- of statische draden, moeten deze draden worden losgekoppeld. Als er zich aan de voet van de mast meerdere aardingspennen bevinden, moeten deze één voor één worden losgekoppeld en getest. De Fluke 1625-2 heeft echter een optioneel accessoire, een stroomtangtransformator met een diameter van 320 mm, die de individuele weerstand van elk element kan meten, zonder dat er aardingsdraden of bovengrondse statische/aardingsdraden hoeven te worden losgekoppeld.

Sluit de aardingstester aan zoals is aangegeven. Druk op START en lees de waarde  $R_e$  af. Dit is de werkelijke waarde van de aan de test onderworpen aardelektrode.



# Welke methoden voor aardingstesten zijn er?



Het testen van stroompaden met de elektrodeloze methode met gebruikmaking van de 1630-2 FC stroomtang-aardingstester.

## Elektrodeloze meting

De Fluke 1630-2 FC stroomtang-aardingstester kan aardlusweerstand in aardingssystemen met meer aardpennen meten met gebruikmaking van de elektrodeloze testmethode. Deze testtechniek maakt het gevaarlijke en tijdsverslindende loskoppelen van parallelle aardpennen en het zoeken naar geschikte locaties voor het aanbrengen van hulpaardingsspennen overbodig. U kunt de aardingstesten ook uitvoeren op plaatsen die voorheen niet aanmerking kwamen, namelijk binnen in gebouwen, op hoogspanningsmasten en overal waar u geen toegang tot de aarde heeft.

Bij deze test wordt de stroomtang-aardingstester om de aardingspen of de verbindingkabel aangebracht. Aardingspennen worden in het geheel niet gebruikt. Eén klembek induceert een bekende spanning en de stroom wordt vervolgens door de andere klembek gemeten. De stroomtangstester bepaalt automatisch de aardingslusweerstand op deze aardingspen. Deze techniek is in het bijzonder geschikt voor aardingssystemen met meerdere aardingspennen, die gewoonlijk worden toegepast bij bedrijven of op industriële locaties. Als er maar één aardverbinding is, zoals in veel woonsituaties het geval is, levert de elektrodeloze methode geen acceptabele waarde op en moet de potentiaalverliestestmethode worden gebruikt.

De Fluke 1630-2 FC werkt volgens het principe dat in parallelle/meervoudig geaarde systemen de netto weerstand van alle aardleidingen tezamen buitengewoon laag is in vergelijking met één enkele aardleiding (namelijk de leiding die wordt getest). Derhalve is de netwerkweerstand van alle parallelle retourleidingweerstand effectief gelijk aan nul. De elektrodeloze meting meet alleen weerstanden van individuele aardelektroden in parallel geschakelde aardingssystemen. Als het aardingssysteem niet parallel is geschakeld, ontstaat er of een open stroomkring of u meet de aardingslusweerstand.



Opstelling voor de elektrodeloze methode met de 1630-2 FC.

## Aardingsimpedantiemetingen

Bij het berekenen van mogelijke kortsluitstromen in energiecentrales en in andere hoogspannings-/stroomsituaties, is het belangrijk de totale aardingsimpedantie te bepalen, omdat deze impedantie bestaat uit geïnduceerde en capacatieve elementen. Omdat de inductiviteit en weerstand in de meeste gevallen bekend zijn, kan de werkelijke impedantie worden bepaald aan de hand van een complexe berekening.

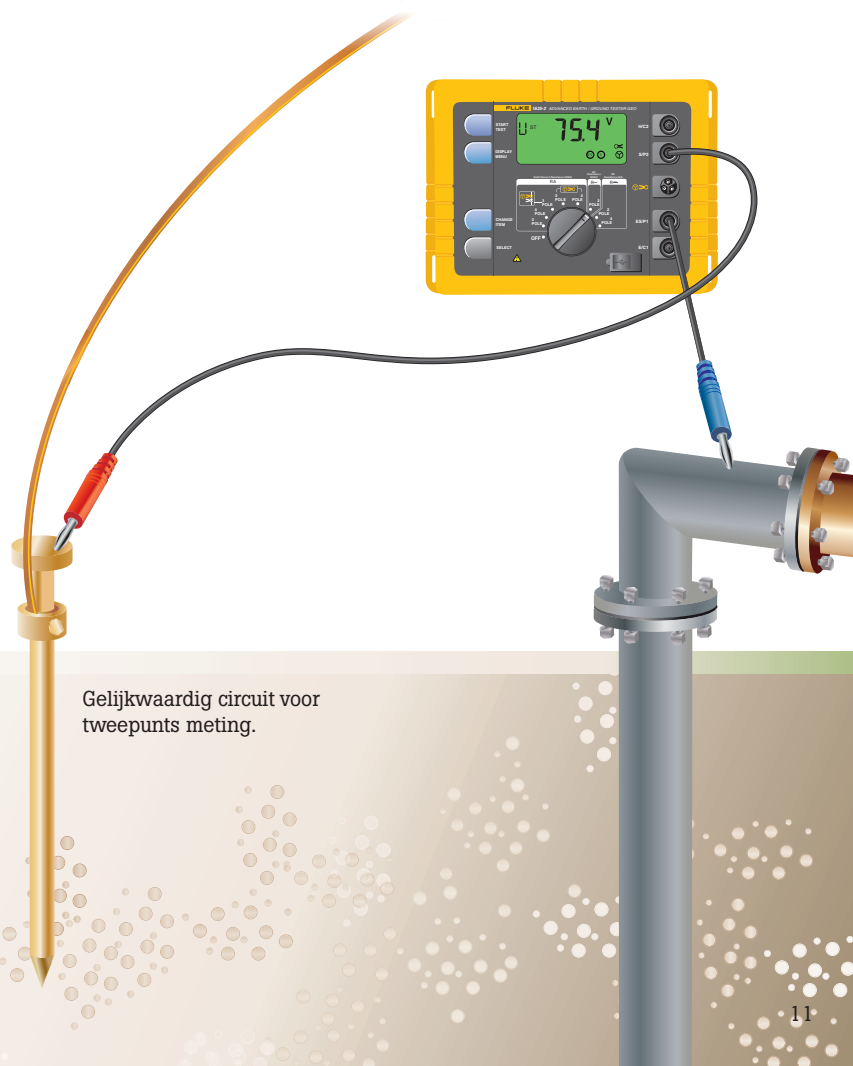
Omdat de impedantie frequentieafhankelijk is, gebruikt de Fluke 1625-2 een 55 Hz-sigitaal voor deze berekening om daarmee de spanning/bedrijfsfrequentie zo dicht mogelijk te benaderen. Dit garandeert dat het meetresultaat de waarde bij de werkelijke bedrijfsfrequentie zo dicht mogelijk benadert. Met deze functie van de Fluke 1625-2 is een nauwkeurige en directe meting van de aardingsimpedantie mogelijk.

Technici van energiebedrijven die hoogspanningsleidingen testen, zijn geïnteresseerd in twee zaken: de aardingsweerstand bij blikseminslag en de impedantie van het volledige systeem in het geval van kortsluiting op een bepaald punt in de leiding. Kortsluiting betekent in dit geval dat een spanningvoerende draad losbreekt en de metalen constructie van de mast raakt.

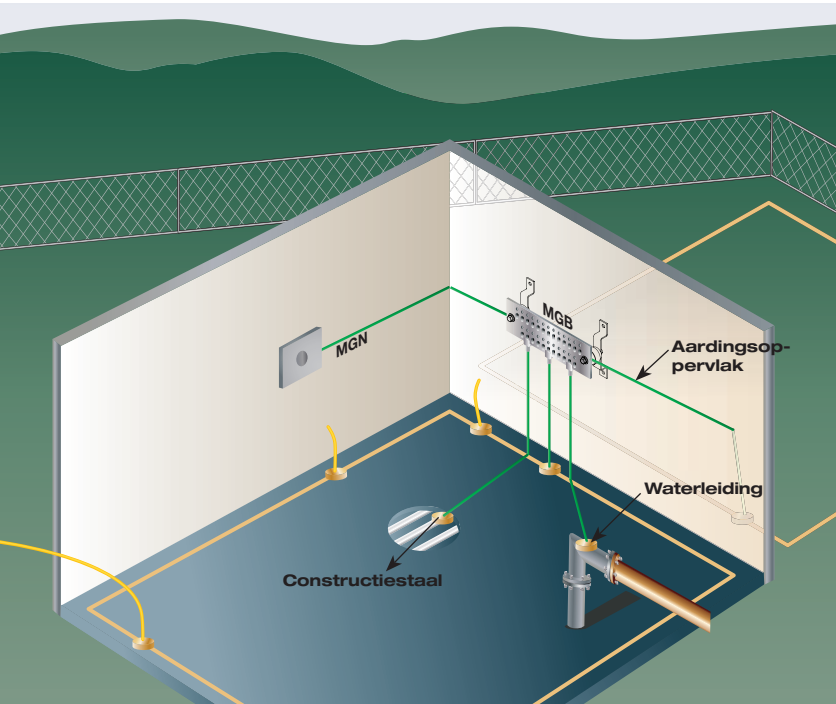
## Tweepolige aardingsweerstand

In situaties waar het inslaan van aardingspennen niet praktisch of niet mogelijk is, stellen de Fluke 1623-2 en 1625-2 testers u in staat tweepolige aardingsweerstandmetingen/doorbeltests uit te voeren zoals hieronder weergegeven.

Om deze test te kunnen uitvoeren, moet de technicus beschikken over een deugdelijke en bekende aarding, zoals een geheel metalen waterleiding. De waterleiding moet lang genoeg zijn en geheel van metaal zijn vervaardigd, zonder isolerende koppelingen of flenzen. In tegenstelling tot vele andere meetinstrumenten voeren de Fluke 1623-2 en 1625-2 de test uit met een relatief hoge stroom (kortsluitstroom > 250 mA), wat consistente resultaten garandeert.



# Metten van de aardingsweerstand



Inrichting van een doorsnee centraal kantoor.

## In centrale kantoren

Bij het uitvoeren van een aardingsonderzoek van een centraal kantoor zijn er drie verschillende metingen vereist.

Vóór het testen dient de hoofdaardingspen binnen het centrale kantoor te worden opgespoord, om na te gaan welk type aardingssysteem er is geïnstalleerd. Zoals op deze pagina wordt getoond, is de hoofdaardingspen (MGB) door aardingsleidingen verbonden met:

- de meervoudig geaarde nulleider (MGN) of de inkomende dienstleidingen,
- het aardingsoppervlak,
- de waterleiding en
- de staalconstructie van het gebouw

Voer eerst de elektrodeloze test uit bij alle individuele aardingssystemen die vanaf de hoofdaardingspen (MGB) lopen. Het doel hiervan is, na te gaan of alle aardingssystemen, in het bijzonder de nulleider (MGN), wel zijn aangesloten. Het is belangrijk op te merken dat u niet zozeer de individuele weerstand meet, als wel de lusweerstand op die plaatsen waar u de stroomtang hebt aangebracht. Verbind, zoals in afbeelding 1 weergegeven, de Fluke 1625-2 of 1623-2 met zowel de inducerende als de detecterende stroomtangen die om elke aansluiting zijn aangebracht, om de lusweerstand van de MGN, het aardingsoppervlak, de waterleiding en de staalconstructie van het gebouw door te meten.

Voer vervolgens de 3-polige PotentiaalVerliestest uit op het complete aardingssysteem dat is verbonden met de MGB zoals weergegeven in afbeelding 2. Voor een aardingsmeting over grotere afstand gebruiken veel telefoonbedrijven ongebruikte kabelparen met een lengte tot wel anderhalve kilometer. Noteer de meetwaarden en herhaal deze test ten minste één keer per jaar.

Meet daarna de individuele weerstanden van het aardingssysteem volgens de selectieve testmethode met de Fluke 1625-2 of 1623-2. Sluit de Fluke-tester aan zoals in afbeelding 3 is weergegeven. Meet de weerstand van de MGN; de gemeten waarde is de weerstand van dat specifieke element van de MGB. Meet daarna het aardingsoppervlak. Deze uitlezing is de werkelijke weerstandswaarde van het aardingsoppervlak van het centrale kantoor. Verplaats nu de meting naar de waterleiding en herhaal dan de meting voor de weerstand van de staalconstructie in het gebouw. U kunt de nauwkeurigheid van deze metingen eenvoudig controleren met behulp van de wet van Ohm. De berekende cumulatieve weerstand van de afzonderlijke elementen moet gelijk zijn aan de weerstand van het complete aardingssysteem (rekening houdend met een redelijke foutmarge in verband met mogelijk niet gemeten aardingselementen).

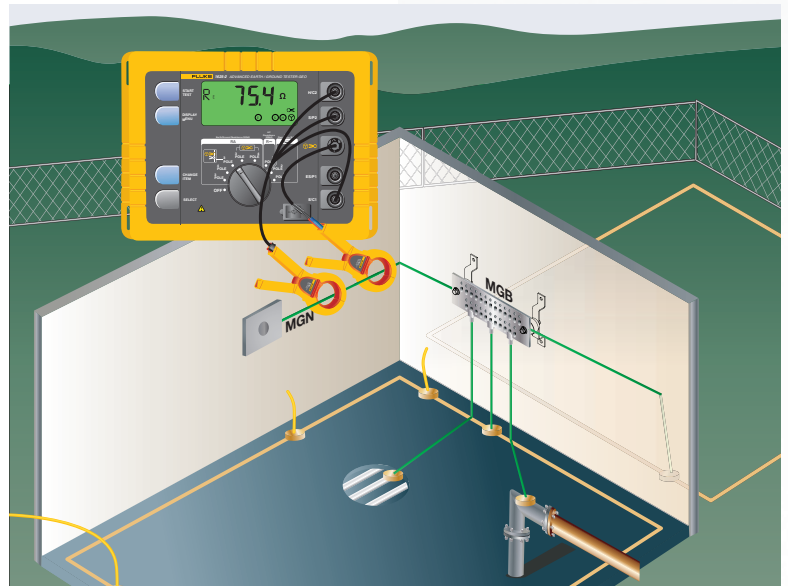
Deze testmethoden leveren het nauwkeurigste meetresultaat op voor een centraal kantoor, omdat ze de individuele weerstanden met hun werkelijke gedrag in een aardingssysteem weergeven. Hoewel de metingen nauwkeurig zijn, kunnen zij niet aantonen hoe het systeem zich zal gedragen als netwerk, omdat in geval van een blikseminslag of foutstroom alles onderling is verbonden.

**Om dit te laten zien, dient u enige aanvullende tests aan individuele weerstanden uit te voeren.**

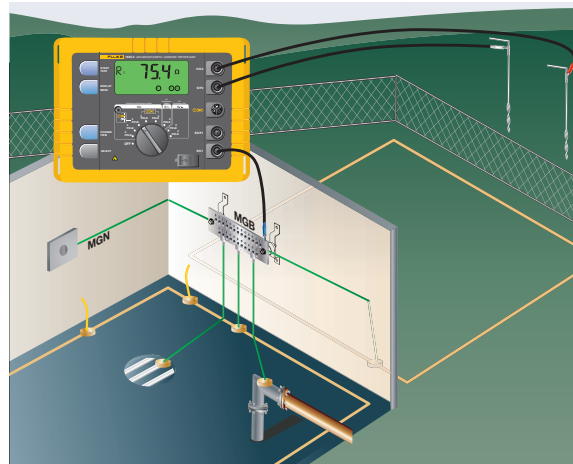
Voer eerst de 3-polige PotentiaalVerliestest op elk element, los van de MGB en noteer iedere meetwaarde. Volgens de wet van Ohm moet het totaal van de meetwaarden gelijk zijn aan de weerstand van het complete systeem. De berekeningen zullen een afwijking laten zien van 20 % tot 30 % ten opzichte van de totale  $R_E$ -waarde.

Tot slot meet u de weerstanden van de verschillende elementen van de MGB volgens de Selectieve Elektrodeloze methode. Dit gaat net zo als bij de Elektrodeloze methode, behalve de wijze waarop de beide afzonderlijke stroomtangen worden gebruikt. We plaatsen de inducerende stroomtang rond de kabel naar de MGB omdat de MGB is verbonden met de inkomende netvoeding, die parallel geschakeld is aan het aardingssysteem, hebben we aan deze eis voldaan. Plaats de detecterende stroomtang om de aardingskabel die naar het aardingsoppervlak voert. Wanneer we nu de weerstand meten, meten we de werkelijke weerstand van het aardingsoppervlak plus het parallelle pad van de MGB. En omdat deze weerstand ohms zeer laag moet zijn, mag hij geen wezenlijke invloed hebben op de uitgelezen waarde. Deze procedure kan worden herhaald voor de andere elementen waarmee de aardingspen is verbonden, namelijk de waterleiding en de staalconstructie.

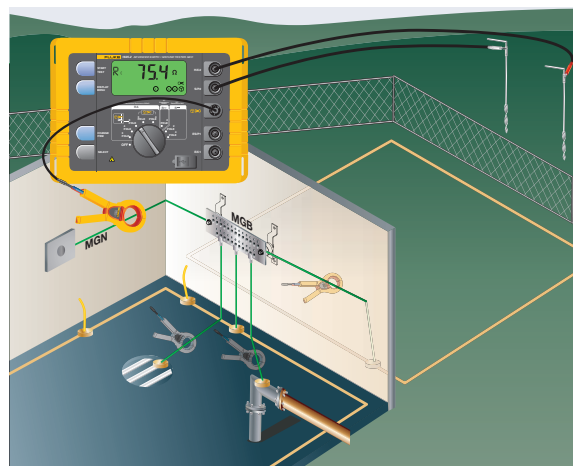
Als u de MGB wilt meten volgens de Selectieve Elektrodeloze methode, moet de inducerende stroomtang om de draad naar de waterleiding worden geplaatst (omdat de koperen waterleiding een zeer lage weerstand zou moeten hebben); de aldus gevonden waarde is de weerstand van alleen de MGN.



Figuur 1: Elektrodeloos testen van een centraal kantoor.

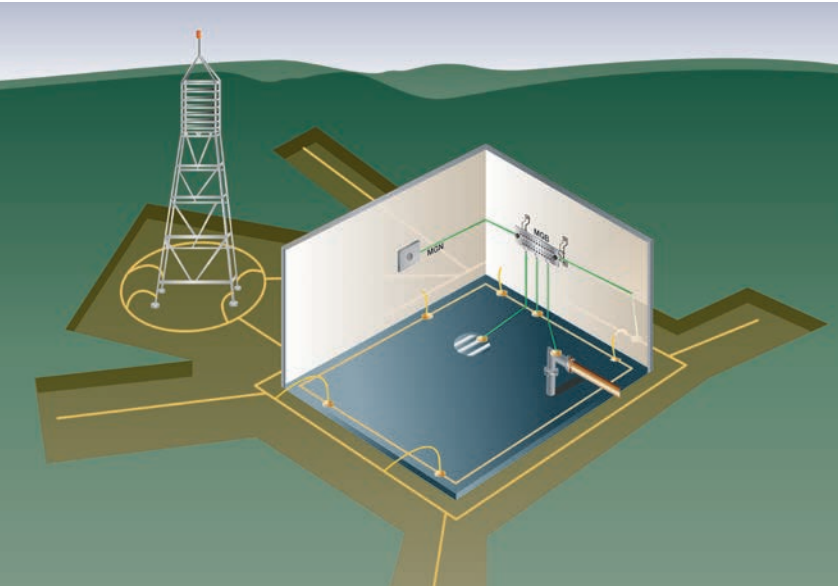


Afbeelding 2: Uitvoeren van de 3-polige potentiaalverliestest op het complete aardingssysteem.



Afbeelding 3: Meten van de individuele weerstanden van het aardingssysteem met gebruikmaking van de selectieve test.

# Meer toepassingen van de aardingsweerstandsmeting



Een standaardopstelling bij een installatie van een telefonietoren.

## Toepassingsplaatsen

Er zijn nog vier bijzondere toepassingen waarbij u de Fluke 1625-2 kunt gebruiken om de capaciteit van het aardingssysteem te meten.

### Zendmasten voor mobiele telefonie, micro- en radiogolven

Op de meeste locaties staat een toren met 4 poten waarvan elke poot afzonderlijk is geaard. De aardingspennen zijn verbonden met een koperen kabel. Naast de toren bevindt zich het gebouw voor mobiele telefonie, waarin alle communicatie-apparatuur is ondergebracht. Binnen het gebouw zijn een ringaarding en een MGB aanwezig, waarbij de ringaarding verbonden is met de MGB. Het gebouw voor mobiele telefonie is op alle 4 hoeken geaard door middel van een koperen kabel naar de MGB, en de 4 hoeken zijn ook onderling verbonden via een koperdraad. Er is ook een verbinding tussen de aardingsring van het gebouw en aardingsring van de toren.

### Elektrische verdeelstations

Een verdeelstation is een onderstation in een transmissie- en verdeelsysteem waarbij de spanning gewoonlijk wordt omgezet van hoog- naar laagspanning. Een standaard verdeelstation bevat leidingaansluitingsapparatuur, hoogspanningsschakelinstallaties, één of meer transformatoren, laagspanningsschakelinstallaties, overbelastingsbeveiligingen, en meet- en regelsystemen.

### Op afstand gelegen schakelstations

Op afstand gelegen schakelstations zijn ook bekend als 'slick sites', waar digitale lijnconcentratoren en andere telecommunicatieapparatuur in bedrijf zijn. Het op afstand gelegen station is gewoonlijk op elke hoek van de behuizing geaard en rondom de behuizing bevinden zich een aantal aardingspennen die met koperdraad zijn verbonden.

### Bliksembeveiliging op commerciële/ industriële locaties

De meeste bliksem-/foutstroombeveiligingssystemen zijn van een ontwerp waarbij alle vier hoeken van het gebouw zijn geaard en gewoonlijk door een koperen kabel zijn verbonden. Afhankelijk van de grootte van het gebouw en de weerstandswaarde die met het systeemontwerp wordt beoogd, varieert het aantal aardelektroden.

### Aanbevolen tests

Eindgebruikers zijn verplicht om dezelfde drie tests uit te voeren bij elke toepassing: Elektrodeloze meting, 3-polige PotentiaalVerliesmeting en Selectieve meting.

### Elektrodeloze meting

Voer eerst een elektrodeloze meting uit aan:

- de afzonderlijke poten van de mast en op de vier hoeken van het gebouw (**mobiele-telefoniegebouwen/masten**)
- alle aardingsaansluitingen (**elektrische verdeelstations**)
- de leidingen naar het op afstand gelegen station (**afstandsbediening**)
- de aardingspennen van het gebouw (**beveiliging tegen blikseminslag**)

Voor alle toepassingen geldt dat dit in verband met de netwerkaarding geen betrouwbare aardingsweerstandsmeting is. Dit is in hoofdzaak een doorgangstest om te controleren of het gebouw is geaard, of er een elektrische verbinding bestaat en of het systeem stroom kan doorlaten.

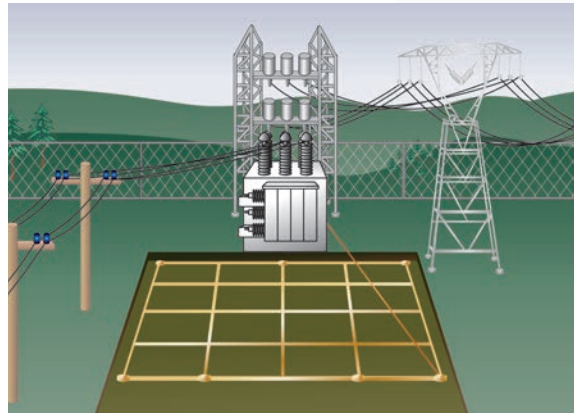
### 3-polige PotentiaalVerliesmeting

Hierna meten we de weerstand van het gehele systeem volgens de 3-polige potentiaalverliesmethode. Neem de regels voor het plaatsen van de aardingspennen in acht. De aldus gevonden meetwaarden moeten worden genoteerd en er moet ten minste twee keer per jaar worden gemeten. Deze meetwaarde is de weerstandswaarde voor het gehele gebouw.

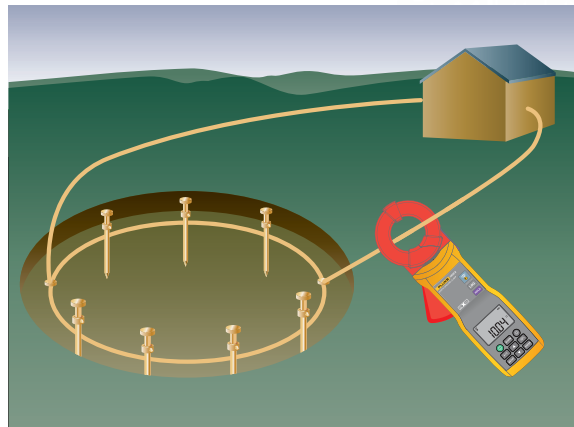
### Selectieve meting

Tot slot meten we de individuele aarding volgens de selectieve test. Hiermee wordt de integriteit van de individuele aarding en hun verbindingen gecontroleerd en wordt vastgesteld of het aardingspotentiaal overall nagenoeg gelijk is. Als een van de metingen een grotere afwijking laat zien dan de andere, moet de oorzaak hiervan worden vastgesteld. De weerstanden moeten worden gemeten aan:

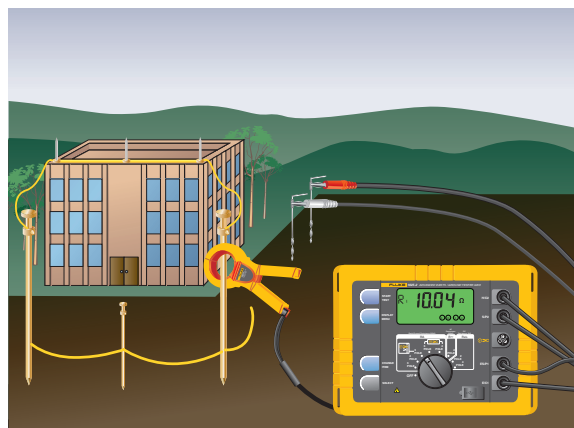
- elke poot van de mast en op alle vier hoeken van het gebouw (mobiele-telefoniegebouwen/masten)
- individuele aardelektroden en hun verbinding (elektrische verdeelstations)
- beide einden van het op afstand gelegen station (afstandsbediening)
- alle vier hoeken van het gebouw (bliksembeveiliging)



Een standaardopstelling in een elektrisch verdeelstation.



Uitvoeren van een elektrodeloze test bij een op afstand gelegen schakelstation.



Uitvoeren van een selectieve test bij een bliksembeveiligingssysteem.

# Aardingstesters



Fluke 1625-2 GEO-aardingstester, uitgebreid model



Fluke 1623-2 GEO-aardingstester, basismodel



Fluke 1630-2 FC aardingsweerstandstester

## Een complete familie testers

De Fluke 1623-2 en 1625-2 zijn aardings testers die zich van andere testers onderscheiden en die alle vier wijzen van aardingsmetingen kunnen uitvoeren:

### De geavanceerde functies van de Fluke 1625-2 zijn onder meer:

- Automatische frequentieregeling (AFC) - waarmee bestaande storingen worden geïdentificeerd en een zodanige meetfrequentie wordt gekozen dat het storingseffect wordt geminimaliseerd, zodat een nauwkeurigere aardingsweerstandswaarde worden verkregen
- R\*-meting— de aardingsimpedantie wordt berekend bij 55 Hz voor een betere weerspiegeling van de aardingsweerstand zoals die bij een aardlekfout zou bestaan
- Instelbare grenswaarde voor sneller testen

### De geavanceerde functies van de Fluke 1630-2 FC zijn onder meer:

- Enkelvoudige klem elektrodeloos testen
- Metingen loggen – max. 32.760 metingen opslaan in het geheugen met vooraf ingesteld log-interval
- Alarmprempeel – door de gebruiker te definiëren hoge/lage alarmgrenswaarden, voor een snelle evaluatie van de meetwaarden.
- Bandoorlaatfilter – selecteerbare banddoorlaatfilterfunctie die ongewenste ruis elimineert uit de AC-lekstroombmeting
- De serie 1630-2 FC maakt deel uit van een groeiend systeem van met elkaar verbonden test- en meetinstrumenten en software voor apparaatonderhoud. Bezoek [flukeconnect.com](http://flukeconnect.com) voor meer informatie over het Fluke Connect-systeem.



1625-2 complete set



Fluke 1630-2 FC met lusweerstand als standaard en harde draagtas

## Optionele accessoires

320 mm (12,7 inch) Split-core transformator – voor het uitvoeren van de selectieve test aan elke poot afzonderlijk van masten.

## Vergelijking van aardings testers

Product	Potentiaalverliesmeting		Selectief	Elektrodeloos	2-polige methode
	3-polig	4-polig/bodem			
Fluke 1621			1 stroomtang	2 stroomtangen	2-polig
Fluke 1623-2					
Fluke 1625-2					
Fluke 1630-2 FC					

**Fluke Nederland B.V.**  
 Postbus 1337  
 5602 BH Eindhoven  
 Tel: +31 40 267 5100  
 Fax: +31 40 267 5111  
 E-mail: [cs.nl@fluke.com](mailto:cs.nl@fluke.com)  
 Web: [www.fluke.nl](http://www.fluke.nl)

**Fluke Belgium N.V.**  
 Kortrijksesteenweg 1095  
 B9051 Gent  
 Belgium  
 Tel: +32 2402 2100  
 Fax: +32 2402 2101  
 E-mail: [cs.be@fluke.com](mailto:cs.be@fluke.com)  
 Web: [www.fluke.be](http://www.fluke.be)

©2013, 2014, 2017 Fluke Corporation. Alle rechten voorbehouden. Wijzigingen zonder voorafgaande kennisgeving voorbehouden.  
 2/2017 4346628c-dut

Wijziging van dit document is niet toegestaan zonder schriftelijke toestemming van Fluke Corporation.



Rivium 2e straat 12  
 2909 LG Capelle a/d IJssel  
 T: 010 - 2 888 000  
 F: 010 - 2 888 010  
[verkoop@euro-index.nl](mailto:verkoop@euro-index.nl)  
[www.euro-index.nl](http://www.euro-index.nl)



# Diensten van EURO-INDEX

EURO-INDEX is fabrikant, importeur en distributeur van diverse A-merken op het gebied van test- en meetinstrumenten. Daarnaast leveren wij een groot aantal diensten om het gebruik van deze instrumenten in uw bedrijfsvoering te optimaliseren. Dit omvat uiteraard onderhoud, reparatie en kalibratie van de instrumenten, maar ook kennisdeling via de EURO-INDEX Academy en verhuur van instrumenten.

## Geautoriseerd Service Centrum

EURO-INDEX b.v. is van alle vertegenwoordigde merken een Geautoriseerd Service Centrum. Dit betekent dat uw instrumenten worden behandeld door technici die zijn opgeleid door de fabrikant en beschikken over de juiste gereedschappen en software. Er worden uitsluitend originele onderdelen toegepast en de garantie van uw instrument, evenals de certificering (ATEX, EN50379, etc.) blijven intact.

## Kalibratielaboratorium

Ons moderne service- en kalibratielaboratorium beschikt over een RvA accreditatie naar NEN-EN-ISO/IEC 17025. Deze accreditatie geldt voor grootheden, zoals gespecificeerd in de scope bij accreditatienummer K105.



Kijk voor een overzicht van al onze diensten op [euro-index.nl/diensten](http://euro-index.nl/diensten)



## Mobiele Service

Naast de vaste kalibratielaboratoria in Capelle aan den IJssel en Zaventem beschikken wij ook over een laboratorium op wielen met de naam "Mobiele Service". Dit biedt vertrouwde service en kwaliteit, bij u voor de deur!

## KWS®

KWS® is een uniek servicesysteem voor uw meetinstrumenten met periodiek onderhoud en kalibratie tegen vaste, lage kosten. Via een gratis webportal ([mijnkws.nl](http://mijnkws.nl)) heeft u altijd en overal beschikking over uw kalibratiecertificaten.

## Verhuur van meetinstrumenten

- Uitgebreid assortiment
- Nauwkeurigheid aantoonbaar door actueel kalibratiecertificaat
- Deskundig advies
- Complete levering inclusief accessoires

## EURO-INDEX Academy

- Trainingen (individueel en klassikaal)
- Cursussen en workshops
- Demonstratie- en instructievideo's
- Whitepapers



Servicebalie



Onderhoud, reparatie en kalibratie



Cursussen en workshops



Mobiele Service

Wijzigingen voorbehouden EURO-INDEX® NL 21004



NETHERLAND  
Rivium 2e straat 12  
2909 LG Capelle a/d IJssel  
T: 010 - 2 888 000  
F: 010 - 2 888 010  
[verkoop@euro-index.nl](mailto:verkoop@euro-index.nl)  
[www.euro-index.nl](http://www.euro-index.nl)



BELGIË  
Leuvensesteenweg 607  
1930 Zaventem  
T: +32 - (0)2 - 757 92 44  
F: +32 - (0)2 - 757 92 64  
[info@euro-index.be](mailto:info@euro-index.be)  
[www.euro-index.be](http://www.euro-index.be)