

Kleintje

Meetmethoden elektrotechniek

Elektrotechnische installaties en arbeidsmiddelen



Maart 2009

ISBN: 978-90-5044-174-2

© ISSO

Samenvatting

Het doel van dit ISSO-kleintje is om duidelijk weer te geven hoe metingen in elektrische installaties in het kader van de normen NEN 1010 en NEN 3140 uitgevoerd moeten worden. Het Kleintje Meetmethoden biedt de helpende hand bij het uitvoeren van metingen en geeft antwoorden op veel praktijkvragen. Het zakboekje kan bijdragen aan de parate meetkennis van iedere monteur of inspecteur. Kleintje Meetmethoden richt zich zowel op nieuw- als bestaande bouw.

Symbolenlijst

	elektrische spanning	[V]
U		
I	elektrische stroom	[A]
R	elektrische weerstand	[Ω]
X_L	inductieve reactantie	[Ω]
X_C	capacitieve reactantie	[Ω]
Z	impedantie (ook wel samengestelde reactanties)	[Ω]
C	capaciteit	[F]

L	zelfinductie	[H]
P	elektrisch vermogen (effectief)	[W]
Q	blindvermogen (reactief)	[VAR]
S	schijnbaar vermogen	[VA]
PF	power factor	[]
f	frequentie	[Hz]
T _f	temperatuur	[°F]
T _c	temperatuur	[°C]
U _k	klemspanning	[V]
Z _i	netimpedantie	[Ω]
Z _s	impedantie van de foutstroomketen	[Ω]
F; G	Newton	[N]

Grafische symbolenlijst

 Eerste meting

 Vervolgmeting

 Meetpen

 Stroomtang

 Multimeter/Universeelmeter

 Installatietester

 Power Quality-Analyser

 Draaiveldmeter/Fasevolgordetester

Begrippenlijst

ELV

Extra Low Voltage (extra lage spanning).

SELV

Separated Extra Low Voltage (extra lage spanning met aangebrachte versterkte isolatie tussen het secundaire en primaire circuit).

PELV

Protective Extra Low Voltage, als SELV-ketens met dien verstande dat de ketens die hierop zijn aangesloten mogen zijn geaard .

FELV

Functional Extra Low Voltage (functionele extra lage spanning).

PE

Protective Earth (beschermingsleiding).

R_B

Bedrijfsaarding sterpuntsaarding van de transformator.

R_A

Aarding-aansluiting, ook wel lokale aarding R_A genoemd. Deze waarde staat voor de totale weerstand van aardelektrode en beschermingsleiding.

R_a

Weerstand van aardelektrode.

UPS

Uninterruptible power supply (ononderbroken spanningsvoorziening).

Leveringspunt

Het punt waar de elektrische installatie van de netbeheerder wordt aangesloten op de installatie van de gebruiker.

Non destructief testen

Meetmethode waarbij het te meten object niet kan worden beschadigd of vernield.

Har

Hoofd aardrail.

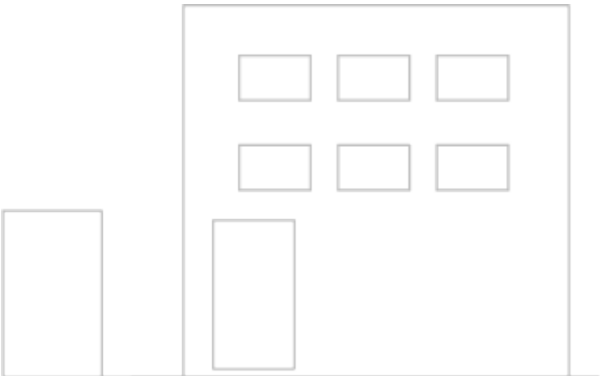
Sar

Sub aardrail.

Leeswijzer

Het Kleintje Meetmethoden bevat een groot aantal standaard opgebouwde pagina's. Zodoende is er onderstaand een standaard pagina opgenomen met daarin uitleg over de gebruikelijke indeling.

Korte uitleg van het doel van de meting

	
Schema en of meetopstelling. Links op de afbeelding een transformatorhuis, rechts een utiliteitsgebouw.	
Korte uitleg meting	
Toe te passen instrument Bereik en overige specificaties	
Toelichting, verwijzing naar tabellen e.d.	Verwijzing naar gerelateerde normen
	Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140 m.b.t. het uitvoeren van de metingen Spanningsloos; ja/nee

1 Inleiding

Het doel van dit Kleintje is om duidelijk weer te geven hoe metingen in elektrische installaties in het kader van de normen NEN 1010 en NEN 3140 uitgevoerd moeten worden. Het Kleintje Meetmethoden biedt de helpende hand bij het uitvoeren van metingen en geeft antwoorden op veel praktijkvragen. Het zakboekje kan bijdragen aan de parate meetkennis van iedere monteur of inspecteur.

Kleintje Meetmethoden richt zich zowel op nieuw- als bestaande bouw.

Dit Kleintje behandelt stap voor stap de volgende onderdelen:

- Eisen aan meetapparatuur;
- (Elektriciteits-)leer betreffende meetinstrumenten;
- Veiligheidsactiviteiten;
- De meting.

De meetmethoden worden stap voor stap in een algemene opzet beschreven.

- Het doel van de meting;
- Het meetprincipe;
- De meetinstrumenten;
- De hulpmiddelen waaraan de meetwaarden moeten voldoen.

De tabellen achterin dit document vermelden onder andere aan welke meetwaarde de installaties moeten voldoen.

Een aantal onderwerpen dat in de Meetmethoden staat is complex. Deze worden verder uitgelegd in Bijlagen.

Verantwoording en nadere informatie

Bij deze uitgave is uitgegaan van NEN 1010;2007 + C1;2008. Waar metingen worden toegepast in het kader van inspectie van bestaande installaties conform NEN3140 worden de normen en

bepalingen gehanteerd die van toepassing waren ten tijde van aanleg of uitbreiding van de installatie. Buiten de algemene hoofdstukken en bijlagen om zijn hoofdstukken ingevoegd waarin specifiek de metingen per normgebied zijn opgenomen. De meetmethoden die behandeld worden betreffen:

- NEN 1010 oplevering en inspectiemetingen nieuwe installaties;
- NEN 3140 inspectie bestaande installaties;
- Spannings- en stroommetingen en vermogensmetingen;
- Metingen aan arbeidsmiddelen conform NEN EN50110-NEN 3140.

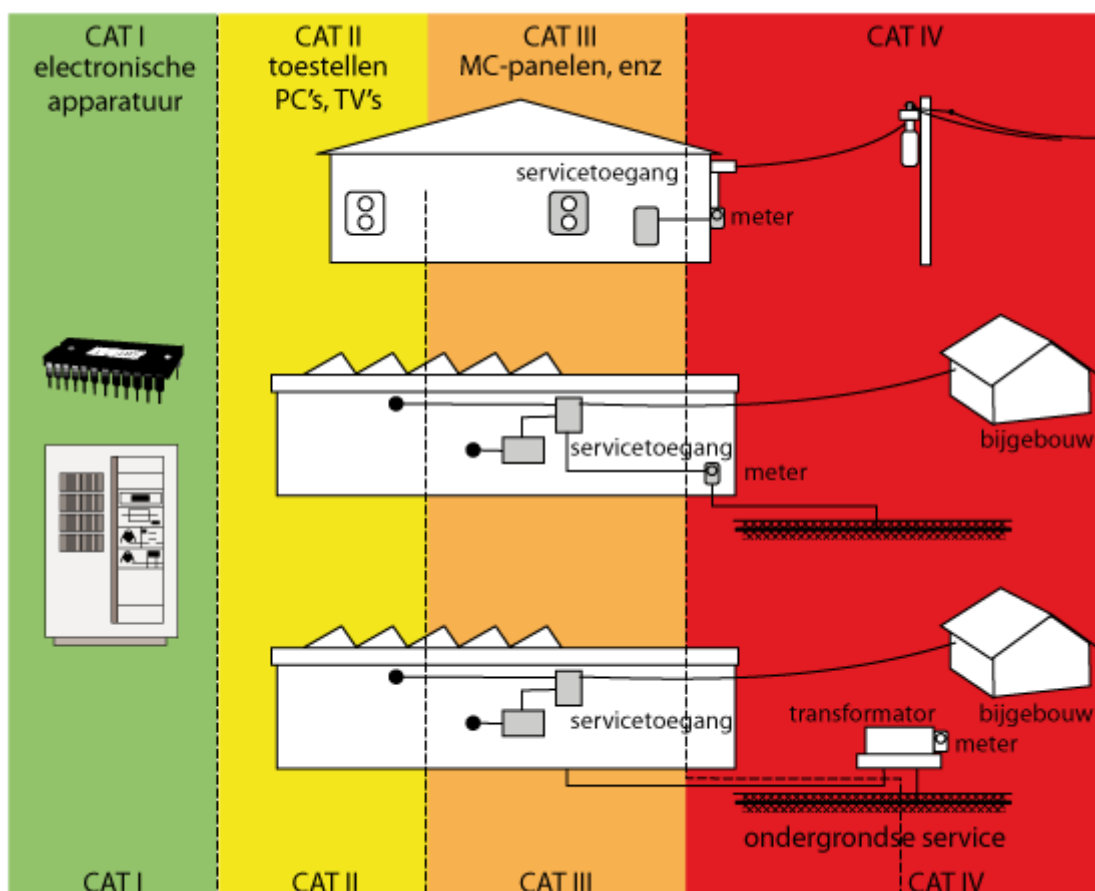
2 Belangrijkste eisen aan meetapparatuur

De toegestane meetfouten moeten worden behaald onder de hieronder opgenomen condities:

1. Algemeen geldende bepalingen:
 - Bij een temperatuur tussen de 0 °C en -35 °C;
 - Voor draagbare instrumenten is een stand van $\pm 90\%$ ten opzichte van de referentiewaarde vereist;
 - Voedingsafhankelijke meetinstrumenten dienen normaal te blijven functioneren tussen de 85% en 110% van de voedingsspanning;
 - Frequentie van de voeding mag $\pm 1\%$ variëren;
 - Batterijafhankelijke meetinstrumenten moeten de batterijen controleren. Dit mag automatisch gebeuren;
 - De verbindingen dienen aanrakingsveilig te worden uitgevoerd;
 - Meetinstrumenten moeten van beschermingsklasse II zijn (dubbel geïsoleerd);
 - Meetinstrumenten moeten tegen overspanning zijn beveiligd volgens de betreffende categorie II. Zie 'Indeling van categorieën conform NEN-EN 1610-1';
 - Hierna vermelde eisen 2 t/m 7 gelden eveneens voor de gecombineerde meetapparatuur voor metingen of controle van veiligheidsmetingen.
2. Isolati weerstand:
 - Gelijkspanning als uitgangsspanning;
 - Nominale stroom ≥ 1 mA;
 - Meetstroom ≤ 15 mA;
 - Werkelijke waarde moet $\leq \pm 30\%$ van de meetwaarde zijn;
 - Vaststellen vreemde spanning tot 120%;
 - Aanrakingsveiligheid van actieve delen.
3. Lusimpedantie:
 - Maximale toegestane afwijking $\leq \pm 30\%$;
 - Meetinstrument mag niet beschadigen door het aansluiten op een spanning tot 120% van de nominale waarde. Tevens mag de beveiliging niet aanspreken;
 - Bij het aansluiten van een spanning tot 173% van de nominale spanning mag er geen gevaar voor de gebruiker ontstaan.
4. Weerstand van aardverbindingen en potentiaalvereffeningen:
 - Meetspanning mag zowel gelijk- als wisselspanning zijn;
 - Meetspanning tussen de 4 en 24 Volt;
 - De meetspanning moet tenminste 0,2 Ampère bedragen;
 - De schaalverdeling tenminste 0,5 mm per 0,1 Ω en voor digitale instrumenten ten minste 0,01 Ω ;
 - Maximale toegestane afwijking $\leq \pm 30\%$;
 - Duidelijke indicatie bij overschrijding of bij te hoge en onderscheiding van te lage meetwaarden;
 - Meetinstrument mag niet beschadigen door het aansluiten op een spanning tot 12% van de nominale waarde. Tevens mag de beveiliging niet aanspreken.
5. Aardweerstand:
 - De uitgangsspanning moet wisselspanning zijn;
 - Maximale toegestane afwijking $\leq \pm 30\%$;
 - Er mogen geen gevaarlijke aanraakspanningen aanwezig zijn tijdens het meten;
 - Meetinstrument mag niet beschadigen door het aansluiten op een spanning tot 120% van de nominale waarde. Tevens mag de beveiliging niet aanspreken.
6. Aardlekschakelaars in TT en TN stelsels:

- o Meetinstrument moet kunnen aantonen dat de beproevingsstroom van de aardlekschakelaar minder of eventueel gelijk is aan de standaard uitschakelstroom van de aardlekschakelaar;
 - o Maximale toegestane afwijking tussen de 0 en 10% van de standaard uitschakelstroom;
 - o Maximale toegestane afwijking tussen de 0 en 20% van de foutspanning;
 - o Bij het testen van aardlekschakelaars van 30 mA of lager moet het mogelijk zijn de test uit te voeren met een stroom van 5x de nominale waarde.
7. Fasenvolgorde:
- o Toegestane afwijkingen van de netfrequentie $\leq \pm 5\%$;
 - o Meetinstrument mag niet beschadigen door het aansluiten op een spanning tot 120% van de nominale waarde. Tevens mag de beveiliging niet aanspreken;
 - o Aanrakingsveilige aansluitverbindingen;
 - o Meetinstrumenten moeten van een beschermingsklasse II zijn (dubbel geïsoleerd).

3 Indeling van categorieën conform NEN-EN 1610-1



Afb. 3.1 Indeling van categorieën conform NEN-EN 1610-1

Welke categorieën meetinstrumenten mogen worden toegepast in welke omgeving? In elke omgeving gelden eigen veiligheidseisen? Deze zijn vastgelegd in overspanningscategorieën (classificaties). Hoe dichterbij de bron hoe hoger de categorie en hoe scherper de veiligheidseisen.

Tabel 3.1 Indeling van categorieën conform NEN-EN 1610-1

Overspanningscategorie	Omschrijving	Voorbeelden
CAT I	Elektronisch	• Beveiligde elektronische apparatuur; • Apparatuur die is aangesloten op (voedings)circuits waarin voorzieningen zijn getroffen om transiënte overspanningen te beperken tot een voldoende laag niveau;

		Iedere laagenergetische hoogspanningsbron die is aangesloten op een transformator met een hoge wikkelweerstand, zoals het hoogspanningsgedeelte van een kopieerapparaat.
CAT II	Belastingen die zijn verbonden met een eenfase-aansluiting	- Huishoudelijke apparaten, draagbaar gereedschap en gelijksoortige belastingen; - Contactdozen in lange aftakingsstroomkringen; - Contactdozen op meer dan 10 meter afstand van de bron van CAT III; - Contactdozen op meer dan 20 meter afstand van de bron van CAT IV.
CAT III	Driefasenverdeling met inbegrip van niet-industriële eenfaseverlichting	- Bus en voeding in industriële installaties; - Voedingen en korte aftakingsstroomkringen en verdeelpanelen; - Verlichtingssystemen in grote gebouwen; - Contactdozen met korte verbinding naar service-ingang; - Apparatuur in vaste installaties zoals schakelinstallaties en meergefasenmotoren.
CAT IV	Drie fasen, bij aansluiting op het elektriciteitsnet, alle geleiders buiten.	- Heeft betrekking op de oorsprong van de installatie; - Elektriciteitsmeters, primaire overstroombeveiligingsapparatuur; - Hoogspanningskabel naar vrijstaand gebouw, ondergrondse leiding naar bronpomp.

4 Informatie en elektriciteitsleer betreffende meetinstrumenten

4.1 Wat is er echt aan TRMS?

RMS staat voor Root Mean Square wat in gewoon Nederlands de 'wortel uit het gemiddelde in het kwadraat' betekent. De effectieve waarde van een golfvorm dus. TRMS is een typische term uit de meetinstrumentenwereld. True RMS staat voor 'echte effectieve waarde'. Deze term is geïntroduceerd om een onderscheid te kunnen maken in meetprincipes. Voor TRMS bestaat helaas geen eenduidige definitie, deze benaming moet gezien worden als marketingterm. Enkele fabrikanten voegen er daarom ter verduidelijking AC+DC aan toe, dus TRMS AC+DC om hiermee aan te geven dat gelijk- en wisselstroom (of spanning) worden gemeten.

Bij selectie van een instrument wordt aanbevolen de specificaties een stap dieper te beoordelen en de meetbereiken in ogenschouw te nemen. Daaruit blijkt dan in enkele gevallen dat het AC-bereik TRMS is terwijl er geen gecombineerd TRMS AC+DC meetbereik is.

4.2 Waarom True RMS?

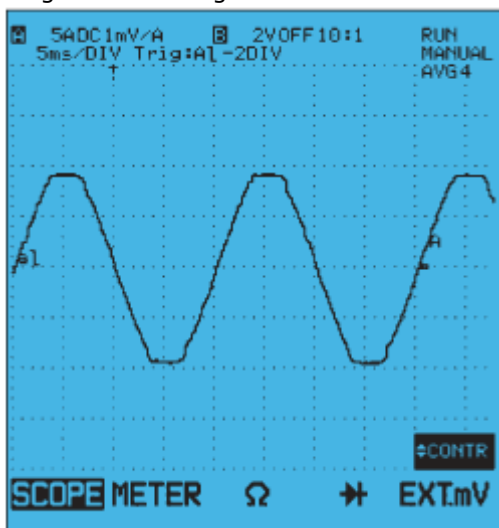
Het nauwkeurig meten van stromen in moderne bedrijfsinstallaties en kantoren is niet eenvoudig. Vrijwel dagelijks worden nieuwe computers, aandrijvingen met variabele snelheid en andere apparaten geïnstalleerd die stroom gebruiken in korte pulsen in plaats van met een gelijkmatig patroon. Dergelijke apparatuur kan tot gevolg hebben dat de resultaten van conventionele Average Responding-meters op zijn minst onnauwkeurig zijn. Als regelmatig zekeringen doorbranden, zonder dat u de oorzaak kunt vinden, dan ligt het misschien aan uw meetinstrument.

4.3 Average Responding

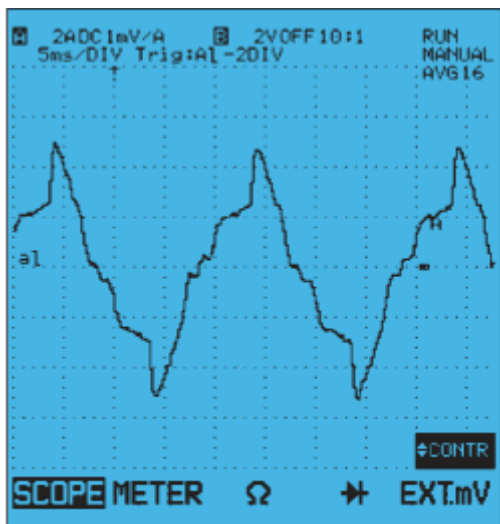
Als we praten over de waarde van een wisselstroom bedoelen we de effectieve verwarmingswaarde (RMS = Root Mean Square) van de stroom. Deze waarde komt overeen met de gelijkstroomwaarde die dezelfde hoeveelheid warmte veroorzaakt als de wisselstroom die gemeten wordt. De meest gebruikelijke manier om deze RMS-waarde te bepalen met een meetinstrument is door de wisselstroom gelijk te richten, de gemiddelde waarde van het gelijkgerichte signaal vast te stellen en vervolgens het resultaat te vermenigvuldigen met een factor 1,1. Deze factor geeft de constante relatie aan tussen de gemiddelde en de effectieve waarden van een ideale sinus. Als de golf echter geen ideale sinus heeft, is deze relatie niet meer van toepassing. Dit is er de oorzaak van dat Average Responding-meters vaak onjuiste resultaten geven bij het meten van de stroomsterkte in moderne voedingssystemen.

4.4 Lineaire en niet-lineaire belastingen

Lineaire belastingen die bestaan uit weerstanden, spoelen en condensatoren gebruiken altijd stroom met een ideaal sinuspatroon en leveren dus geen meetproblemen op. Dit is weergegeven in afbeelding 4.1. Niet-lineaire belastingen, zoals aandrijvingen met variabele snelheid en voedingen in kantoorapparatuur, veroorzaken daarentegen vervormde stroomgolfvormen, zoals is weergegeven in afbeelding 4.2). Het meten van de effectieve (RMS-)waarde van deze vervormde stromen met een Average Responding-meter kan metingen geven die tot 50% te laag zijn, zie tabel 4.1. Daardoor kan het voorkomen dat een 14 A-zekering doorbrandt, terwijl de stroomsterkte volgens de metingen maar 10 A is.



Afb. 4.1 Stroomgolfvorm van een lineaire belasting



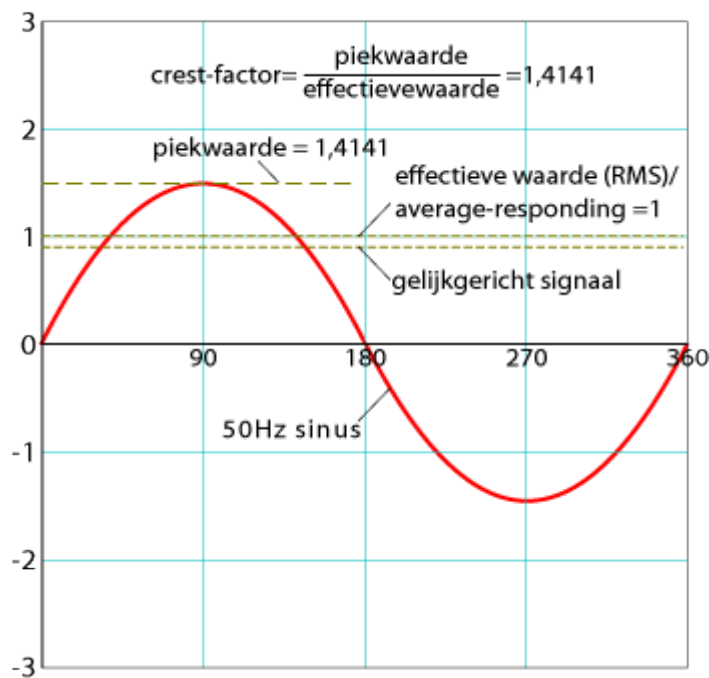
Afb. 4.2 Stroomgolfvorm van een niet-lineaire belasting

Tabel 4.1 Vergelijking tussen metingen met Average Responding-meters en True RMS-meters

Type meter	Meetcircuit	Sinusgolf	Blokgolf	Vervormde golf
Average responding	Gelijkgericht gemiddelde vermenigvuldigd met 1,1	Juiste waarde	10% te hoog	Tot 50% te laag
True RMS	Omzetter berekent verwarmingswaarde	Juiste waarde	Juiste waarde	Juiste waarde

4.5 Crest Factor

Een belangrijke overweging bij het kiezen van een True RMS-meter is de Crest Factor. Deze factor geeft aan hoe erg de stroom vervormd is. De factor kan worden berekend door de piekwaarde van de stroom te delen door de werkelijke effectieve True RMS-waarde zoals weergegeven in afbeelding 4.3. De Crest Factor voor een perfecte sinusgolf is 1,414. Een sterk vervormd signaal heeft een hogere Crest Factor door de smalle pieken zoals in afbeelding 4.4 te zien is. Dit betekent dat een True RMS-meter met een Crest Factor van 1,5 ook onjuiste metingen geeft voor vervormde golven en dus alleen geschikt is voor het meten van bijna ideale sinusgolven. In de meeste gevallen is een Crest Factor van 3 voldoende voor vrijwel alle metingen in voedingssystemen.



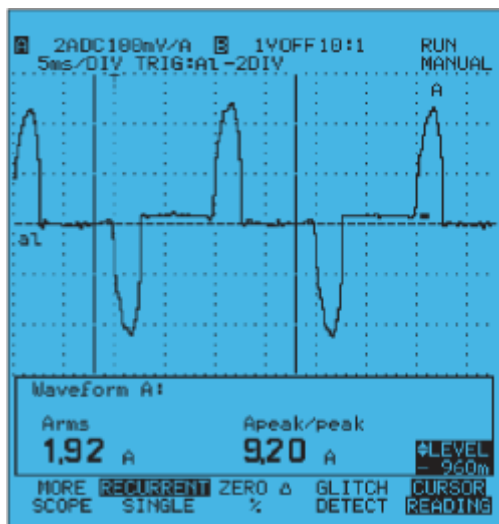
Afb. 4.3 Average Responding-meters berekenen de gemiddelde waarde van het gelijkgerichte signaal en vermenigvuldigen die waarde vervolgens met een factor om de effectieve (RMS-)waarde te krijgen



Afb. 4.4 Crest-factoren van verschillende stroomgolfvormen

4.6 Bandbreedte

Een ander belangrijke specificatie die nauw samenhangt met de Crest Factor is de bandbreedte van het meetinstrument. De bandbreedte heeft betrekking op het frequentiebereik van stroom waarbinnen met het meetinstrument nauwkeurige metingen kunnen worden verricht. In eerste instantie lijkt het voldoende alleen de 50 Hz-frequentie van het voedingssysteem te meten. Als u echter een vervormde golf gaat controleren met een frequentie-analyzer zult u zien dat de vorm in werkelijkheid is opgebouwd uit de basisgolf van 50 Hz plus verschillende kleinere sinusgolven met frequenties die een veelvoud zijn van de 50 Hz basisstroom. De golfvorm van het stroomverbruik van de PC in afbeelding 4.5 bevat bijvoorbeeld ook componenten met een frequentie van 150 Hz, 250 Hz en 350 Hz. Het meten van dit vervormde signaal met een True RMS-meter met een bandbreedte van slechts 50 Hz levert hetzelfde onjuiste resultaat op als het meten met een Average Responding-meter omdat dit meetinstrument immers niet geschikt is voor het meten van de signalen met hogere frequenties. Een meetinstrument met een bandbreedte van minimaal 1 kHz is meestal voldoende voor het uitvoeren van nauwkeurige metingen van vervormde golven in vrijwel alle commerciële en industriële voedingssystemen.



Afb. 4.5 Stroomgolfvorm van een PC

Van belang is de bandbreedte van de (T)RMS-omzetting te beoordelen op geschiktheid voor het te meten object. Met andere woorden: een meetinstrument kan worden aangeprezen als True RMS maar kan een bereik kunnen hebben van 45 tot 1 kHz of van 20 tot 400 Hz. Meer geavanceerde TRMS-multimeters hebben bandbreedtes in TRMS-spanningsbereiken van 5 kHz tot 200 kHz.

4.7 Veiligheid

Het verrichten van metingen aan een voedingssysteem mag alleen worden uitgevoerd met meetinstrumenten die minimaal bestand zijn tegen een maximaal te verwachten ingangsspanning van 600 V. Uit veiligheidsoverwegingen is het beter een meetinstrument te kiezen die ook bestand is tegen onverwacht hoge spanningen, veroorzaakt door transiënten of andere problemen. Het is daarom raadzaam een meetinstrument te kiezen met de classificatie EN 61010-1 Categorie III of IV. Met deze meetinstrumenten kunt u onder alle omstandigheden op veilige wijze metingen verrichten aan voedingssystemen.

4.8 Meetnauwkeurigheid

In het kort wordt hier uitgelegd welke afwijkingen meetinstrumenten hebben en wat acceptabel is. Eerder in deze uitgave wordt in het hoofdstuk 'Belangrijkste eisen aan meetapparatuur' aangegeven dat in bepaalde gevallen een afwijking van + en - 30% is toegestaan. Dit conform NEN-EN IEC 61557. De huidige generatie meetinstrumenten meet echter veel nauwkeuriger. In ontwikkeling is een nieuwe NTA 8040 (Nederlandse Technische Afspraak) waarin nader op de meetnauwkeurigheid wordt ingegaan. Wanneer deze NTA uitkomt is nog niet bekend.

Wat betekent $\pm(0,5\% + 5 \text{ digits})$?

Elke omzetting heeft zijn eigen fout. Bij analoge meetinstrumenten wordt de meetfout uitgedrukt in een percentage van de volle schaal. Bij digitale meetinstrumenten wordt de fout uitgedrukt in de *relatieve fout ten opzichte van de meetwaarde* + de *vaste fout in digits*. Uitgedrukt in $\pm(0,5\% + 5 \text{ digits})$ of $\pm(0,5\% \text{ RDG} + 5 \text{ digits})$. Hierbij is RDG de afkorting van reading, de meetwaarde dus. De *relatieve fout* is in het gehele meetbereik dezelfde. Daarbij komt een *vaste fout*, uitgedrukt in digits (de stappen in de aanwijzing).

Een voorbeeld. De weergave van een digitaal instrument is 1,473. De nauwkeurigheid is $\pm(1\% + 3 \text{ digits})$.

De afwijking is dan $0,0147 + 0,003 = 0,01773$. Het symbool ' $\pm$ ' staat voor 'plus of min', niet te verwarren met plusminus.

Wat kan een digitaal instrument weergeven?

Er zijn twee methoden om de weergaven van een digitaal instrument te omschrijven in specificaties.

De eerste is een weergave van de digits, bijvoorbeeld: $3\frac{1}{2}$ digits of $4\frac{3}{4}$ digits. Als voorbeeld $3\frac{1}{2}$ digits. De '3' vertelt dat de weergave altijd bestaat uit 3 cijfers. De ' $\frac{1}{2}$ ' vertelt dat het meest linkse cijfer in het display een 1 is, bij weergaven van een 2 verdwijnt het 4e cijfer. Dus een spanning

van 196 volt wordt weergegeven als 196,0 V en 199,9 is de laatste stap in dit meetbereik. Een spanning van 200 V wordt weergegeven als 200 V. Bij 4¾ digits heeft het meest linkse cijfer de varianten 1, 2 en 3. Dus bij 3,9999 en 39,999 enzovoort is de weergave op het eind van de schaal aanbeland.

De tweede methode van specificeren is de weergave in counts, bijvoorbeeld 4000 counts. Om de verwarring compleet te maken wordt dit ook wel 4000 digits genoemd. Dit is dus het aantal mogelijke stappen in een meetbereik, waarbij 0 ook meegeteld wordt. De maximale weergave van een meetbereik is dan 39999 (met ergens een komma, bijvoorbeeld '3,9999').

4.9 Kalibreren

Voor bedrijven die gecertificeerd zijn volgens ISO, KOMO e.d. kan kalibratie een verplichting zijn zeker als de meetinstrumenten worden gebruikt om de meetresultaten in officiële rapportages te verwerken. (NEN -EN 50110 en NEN 3140 oplevering conform NEN1010-6 e.d.)

Een meting heeft geen betekenis als de gemeten eenheid niet overeenstemt met de definitie volgens het S.I.-eenhedenstelsel. Meetinstrumenten moeten om die reden periodiek gekalibreerd en gejusteerd te worden. Alleen dan kan gegarandeerd worden dat de meetinstrumenten aan de gespecificeerde meetnauwkeurigheid voldoen.

Elk meetinstrument heeft een zekere meetafwijking. De mate van deze afwijking wordt niet alleen beïnvloed door de omgevingstemperatuur, maar verloopt ook over de tijd. Dit laatste maakt het noodzakelijk meetinstrumenten periodiek te kalibreren en zo nodig te justeren.

Wanneer kalibreren?

Normaliter geldt de kalibratie voor een jaar, daarna zal het meetinstrument opnieuw gekalibreerd moeten worden. Als er zeer nauwkeurige metingen moeten worden verricht kan het voorkomen dat de gestelde meetonzekerheid wordt gedekt door de 90 dagen-specificatie maar dat de opgegeven onzekerheid voor een jaar groter is dan de eis. Het spreekt vanzelf dat het instrument dan al binnen een termijn van 90 dagen opnieuw moet worden gekalibreerd.

Na een aantal kalibraties kan men het verloop van de meetafwijking redelijk schatten. Aan de hand van dit gegeven kan worden beslist of een kalibratie op een later tijdstip kan plaats vinden.

Kalibreren

Het bepalen van de afwijking van een meetinstrument, sensor, referentie of anderszins ten opzichte van een relevante standaard.

Kalibreren houdt dus in dat alleen de grootte van de afwijking in relatie tot de standaard wordt vastgesteld. Als regel worden de geconstateerde afwijkingen vastgelegd in een kalibratiecertificaat. In tegenstelling tot keuren en ijken wordt geen waardeoordeel (goed- of afgekeurd) geveld over het te kalibreren object. Bij het kalibreren worden geen ingrepen in het instrument verricht. Een kalibratie houdt in dat alleen naar de meetnauwkeurigheid wordt gekeken. Het vaststellen of een instrument daadwerkelijk te gebruiken is bij een bepaalde spanning behoort niet tot het kalibreren.

4.10 Justeren

Justeren is het verrichten van handelingen om een meetinstrument, referentie of anderszins zo nauwkeurig mogelijk te laten functioneren, of om deze geschikt te maken voor het te gebruiken doel.

Bij het justeren worden dus ingrepen gepleegd in het meetinstrument met als doel deze zo nauwkeurig mogelijk te laten functioneren. Vaak wordt hiervoor ook wel het begrip 'afregelen' gebruikt.

Het justeren wordt meestal gedaan aan de hand van een kalibratie vooraf. Na het justeren moet het meetmiddel opnieuw gekalibreerd worden. In geval van een kalibratiecertificaat staan zowel de kalibratie-meetresultaten van voor en na het justeren vermeld.

NEN 3140

In het kader van ARBO-veiligheid dient een meetinstrument te worden beoordeeld conform NEN 3140. Specifiek zal dan worden gekeken of het instrument en zijn meethulpmiddelen zoals meetsnoeren, meettangen adapters e.d. voldoen aan de te stellen eisen.

4.11 Kalibratie en Herleidbaarheid

Met herleidbaarheid wordt bedoeld dat het resultaat van een meting gerelateerd kan worden aan (inter)nationale standaarden via een ononderbroken keten van vergelijkingen.

Bij het kalibreren van een meetinstrument worden de meetwaarden vergeleken met een referentie-meetinstrument. Dit referentie-instrument dient zelf ook gekalibreerd te zijn, daar anders niets over de nauwkeurigheid van de meting gezegd kan worden. Tussen de meting en de (inter)nationale standaard bevinden zich meerdere instrumenten die achtereenvolgens met elkaar vergeleken worden.

In Nederland beheert het Nederlands Meetinstituut (NMI) de primaire nationale standaard. Bij het zelfde lab wordt de secundaire standaard hier vanaf geleid. De volgende stap is een referentiestandaard bij een kalibratie-instelling. De kalibratie-instelling voert ook een werkstandaard die van de referentiestandaard is afgeleid. Aan de referentie- of werkstandaard worden de meetinstrumenten gekalibreerd.

5 Praktische tips bij het uitvoeren van metingen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de veiligheid tijdens de uit te voeren metingen. Zowel op uw eigen beroepshouding, werken conform NEN 3140, maar ook op het gebruik van de juiste meetinstrumenten op de juiste plaats.

Het meten aan elektrische installaties en apparatuur dient uiteraard altijd op een veilige wijze te worden uitgevoerd:

- Houdt u altijd aan procedures en voorschriften (van de fabrikant, maar ook NEN 3140);
- Waar mogelijk dient de spanning van de (deel)installatie te worden verwijderd voordat u met uw werkzaamheden begint;
- Zorg voor deugdelijke beveiligingen en waarschuwingstekens tegen onbedoeld inschakelen van de installaties;
- Selecteer een instrument geschikt voor de hoogste categorie en de hoogste spanning waarvoor het mogelijk kan worden gebruikt (CATIII 600 of 1000V en/of CAT IV 600V). Meer informatie hierover kan worden gevonden in hoofdstuk 3 'Indeling van categorieën conform NEN-EN1610-1';
- Controleer of de batterijen nog voldoende batterijspanning bezitten om een betrouwbare meting te kunnen uitvoeren;
- Controleer eerst het instrument op zijn goede staat en werking en controleer of alle noodzakelijke beveiligingen zijn aangebracht en nog aanwezig zijn. Gebruik, indien aanwezig, de zelftestmogelijkheid van het meetinstrument;
- Gebruik de juiste meetsnoeren, geïsoleerde en aanrakingsveilige connectoren en controleer ze op beschadigingen;
- Meetpennen dienen te zijn voorzien van vingerbescherming (afstandshouders) en dienen voldoende grip te bezitten;
- Zorg dat de categorie-aanduiding op de meetsnoeren, connectoren e.d. overeenstemmen met die van het meetinstrument;
- Test vooraf meetsnoeren op onderbreking door deze tijdens de meting te bewegen of voer een meting uit met kortgesloten meetsnoeren. De weerstand van de meetsnoeren ligt veelal tussen de 0,1 en 0,3 Ohm;
- Controleer of er sprake is van dubbele isolatie;
- Bevestig bij installatietesters altijd eerst het meetsnoer aan de beschermingsleiding of aarde alvorens de overige snoeren aan te sluiten en verwijder deze verbinding ook als laatste;
- Test het meetinstrument op een vooraf gekozen circuit dat in orde is. Meet vervolgens het te testen circuit en voer opnieuw de meting op het eerstgemeten circuit uit. Deze methode wordt ook wel de driepuntstest genoemd;
- Draag bij het uitvoeren van metingen in schakel- en verdeelinrichtingen, op apparatuur waar de metingen worden uitgevoerd en op plaatsen waar direct aanrakingsgevaar en hoge kortsluitstromen kunnen ontstaan bij meetfouten of defecte instrumenten de juiste beschermingsmiddelen conform NEN 3140:
 - Vlamwerende of brandvertragende kleding;
 - Veiligheidsbril en of gelaatscherm;

- Isolerende handschoenen;
- Isolerende mat en/of schoeisel;
- Geïsoleerd gereedschap.



Afb. 5.1 Uitvoeren van een meting

6 Risico's van het meten

De eerste vraag die gesteld moet worden is: valt **meten** onder het '**werken onder spanning**'? Deze vraag kan met een volmondig '**ja**' worden beantwoord. Bij de overweging om te gaan meten moet altijd worden meegenomen of er sprake is van een elektrisch veiligheidsrisico. Ofwel: bestaat er tijdens het meten kans op aanrakingsgevaar of vlambogen?

De norm NEN 3140 zegt hierover het volgende:

Bepaling

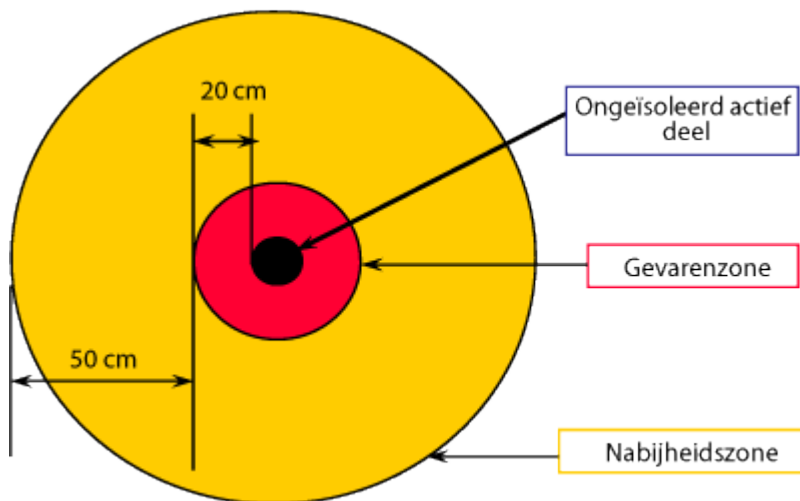
3.4.4 De definitie van 'onder spanning werken' geeft aan dat als een persoon met hulpmiddelen (meetinstrumenten) in de gevarenzone komt dit 'onder spanning werken' heet.

4.3 Alle werkzaamheden vallen onder de aangewezen werkverantwoordelijke. Deze bepaalt welke veiligheidsmaatregelen moeten worden genomen voor het uitvoeren van de werkzaamheden.

4.6 Hulpmiddelen moeten worden toegepast in overeenstemming met de richtlijnen van de fabrikant of leverancier (zie ook NEN-EN 60900:1995)

Drie factoren bepalen de veiligheid:

- Het meetinstrument en de bijbehorende hulpmiddelen zoals meetpennen, stekkers, snoeren e.d.;
- De situatie waarin wordt gemeten en op welke plaats in de installatie;
- De toegepaste werkwijze.



Afb. 6.1 Zone-indeling die bij werkmethoden worden onderscheiden

7 Stelsels

Aan het begin van dit hoofdstuk starten we met een korte uitleg van de stelsels. De aanduidingen komen uit het Frans en worden hier voor de duidelijkheid even uitgelegd. Voor de overige kenmerken van een stelsel: raadpleeg de desbetreffende pagina.

TT-stelsel

De T staat voor Terre (Aarde). Het TT stelsel staat voor 2 afzonderlijke aardingsystemen de R_B , bedrijfsaarde en R_A , de aarde van de aansluiting bij de gebruiker.

TN-stelsel

De T staat voor Terre (Aarde). De N voor Neutre (Nul). De nulleider is in dit stelsel vanaf het sterpunt van de transformator doorgevoerd tot het aansluitpunt van de gebruiker. Het sterpunt ligt aan Aarde.

TNC-stelsel

De T staat voor Terre (Aarde). De N voor Neutre (Nul). De C voor Combiné (Gecombineerd). Aarde en Nulleider zijn vanaf het sterpunt gecombineerd en wordt pas bij de aansluiting of eindgebruiker gesplitst.

TN-CS-stelsel

De T staat voor Terre (Aarde) De N voor Neutre (Nul). De C voor Combiné. De S staat voor Séparé (Gescheiden).

De aansluiting is tot aan een bepaald punt een TNC stelsel, na de scheiding in Nul en Aarde wordt het stelsel dan ook wel TN-CS stelsel genoemd.

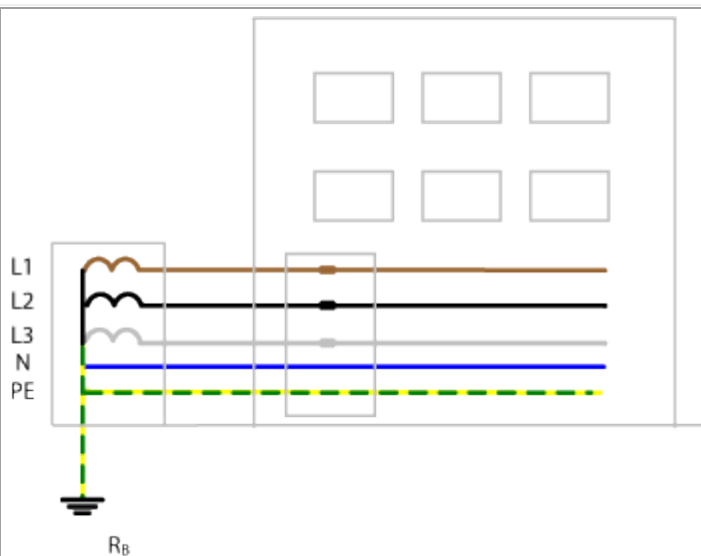
IT-stelsel

De I staat voor impedantie en de T voor Terre (Aarde).

Het stelsel is via een hoge impedantie met Aarde verbonden

7.1 TN-stelsel

De R_B is aangesloten op het sterpunt van de transformator. Beschermingsleiding en de nulleiding worden afzonderlijk uitgevoerd.



Afb. 7.1 TN-S-stelsel

Bij het leveringspunt is de Z_i tussen fase en Nul bij gelijke aderdoorsnede ongeveer gelijk aan de Z_s tussen fase en de beschermingsleiding.

Hoofdschakelaar 3P + N.

Hoofdschakelaar 3P toegestaan bij $U_{PE} - U_N \leq 12 \text{ V}$.

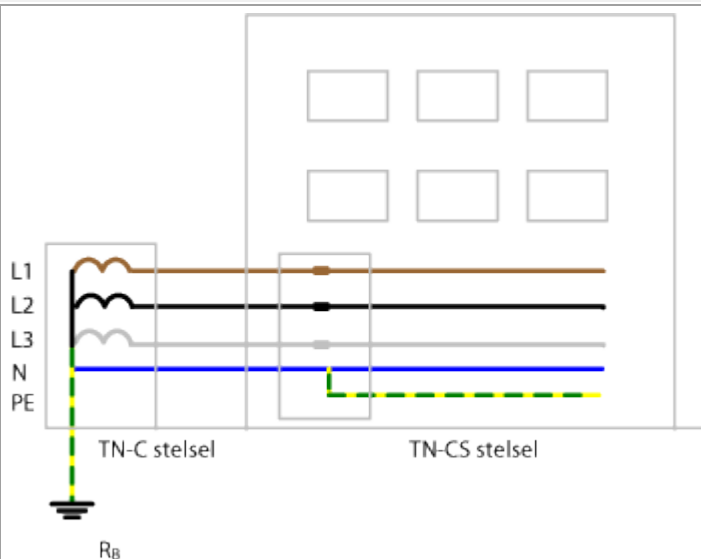
Netbedrijven eisen in een aantal gebieden bij het leveringspunt een ondersteuningsaarde tussen de 1-2 Ω . Het blijft een TN-S-stelsel.

NEN 1010 - 312.2.1
NEN 1010 - 531.2.1.1

Geen

7.2 TN-CS-stelsel

De R_B is aangesloten op het sterpunt van de transformator. De beschermingsleiding en nulleiding worden tot aan het leveringspunt als een geleider (PEN) uitgevoerd. Daarna gesplitst in een afzonderlijke nul en beschermingsleiding.



Afb. 7.2 TN-CS-stelsel

Bij het leveringspunt is de Z_i tussen fase en Nul bij gelijke aderdoorsnede gelijk aan de Z_s tussen fase en de beschermingsleiding.

Hoofdschakelaar 3-polig. PEN-leiding mag in een TNC-stelsel niet worden geschakeld.

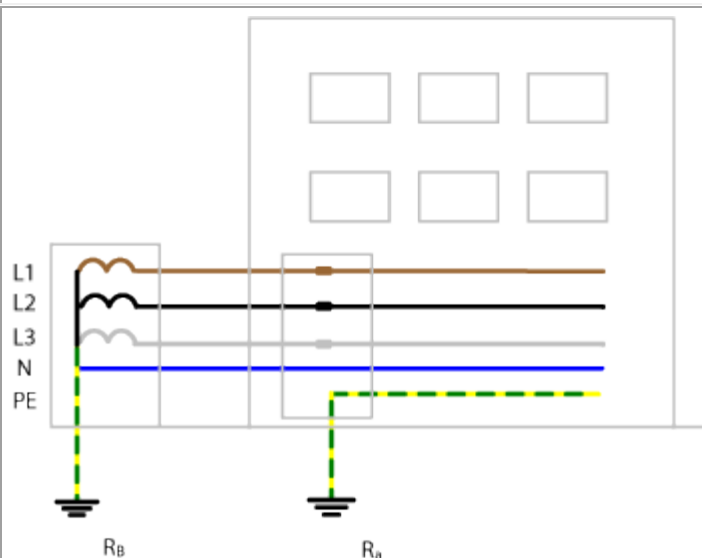
Netbedrijven eisen in een aantal gebieden bij het leveringspunt een ondersteuningsaarde tussen de 1-2 Ω . Het blijft een TN-CS- stelsel.

NEN 1010 - 312.2.1

Geen

7.3 TT-stelsel

De R_B is aangesloten op het sterpunt van de transformator. De installatie van de gebruiker heeft op het leveringspunt een eigen aardingsvoorziening (R_A) of is aangesloten op een gezamenlijke ringleiding.



Afb. 7.3 TT-stelsel

De weerstand van de foutstroomketen Z_s is in een TT- stelsel belangrijk hoger dan de netimpedantie Z_i aangezien de aardverspreidingsweerstand (R_a) hier bepalend is.

Hoofdschakelaar 3P + N.

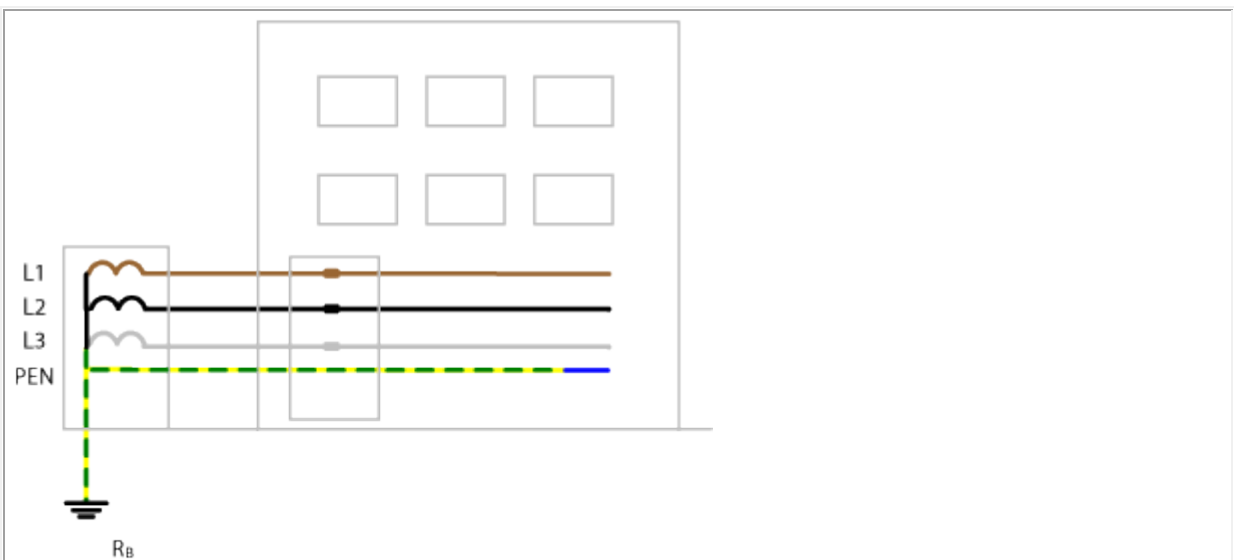
Met betrekking tot de foutbescherming is het stelsel alleen geschikt voor installaties beveiligd tot ca. 40 A. Beveiligd door aardlekschakelaars kan men tot 63 A gaan.

NEN 1010 - 312.2.2

Geen

7.4 TN-C-stelsel

De R_B is aangesloten op het sterpunt van de transformator. De beschermingsleiding en nulleiding worden tot aan de onderverdeelinrichtingen gecombineerd in een enkele leiding (PEN-leiding).



Afb. 7.4 TN-C-stelsel

Bij het leveringspunt en de onderverdeelinrichting is de Z_i tussen fase en Nul bij gelijke aderdoorsnede gelijk aan de Z_s tussen fase en de beschermingsleiding.

Hoofdschakelaar 3-polig. Nul mag in een TN-C-stelsel niet worden geschakeld.

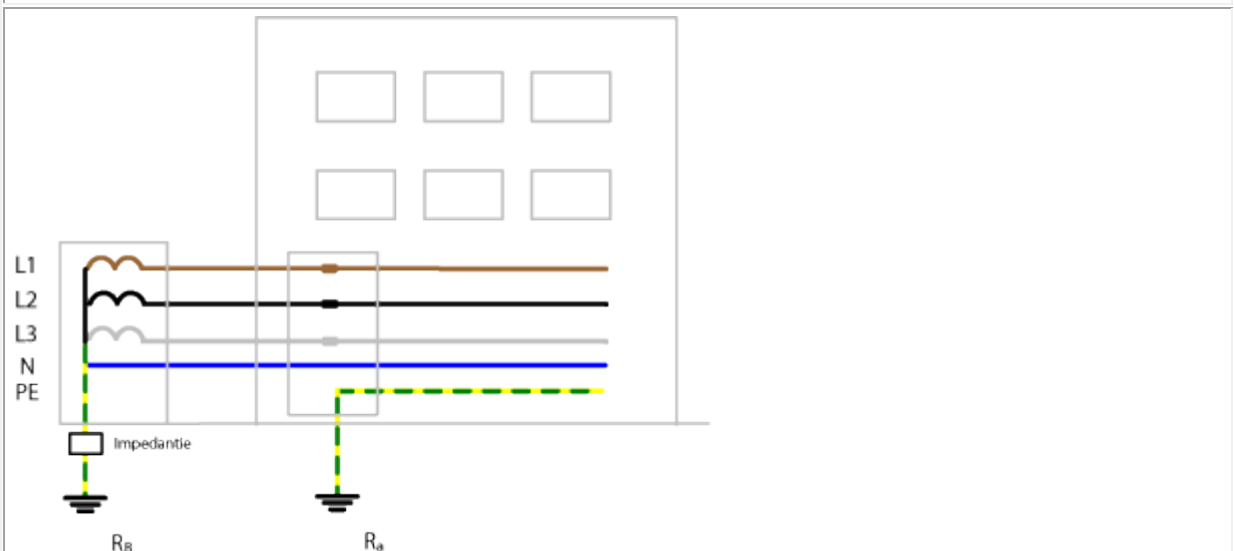
Netbedrijven eisen in een aantal gebieden bij het leveringspunt een ondersteuningsaarde tussen de 1-2 Ω . Het blijft een TN-C- stelsel.

NEN 1010 - 312.2.1

Geen

7.5 IT-stelsel

De R_B is aangesloten door middel van een hoge impedantie op het sterpunt van de transformator. Gestellen worden aangesloten op een eigen aardingsvoorziening R_A .



Afb. 7.5 IT-stelsel

Het IT-stelsel wordt ook wel zwevend genoemd. Bij een eerste fout wordt de foutstroom bepaald door een mogelijke capacitieve koppeling van actieve delen met aarde. De foutstroom zal zeer laag zijn.

De nulleider kan al dan niet zijn uitgevoerd. Het voordeel van een IT-stelsel is dat bij een eerste

fout geen uitschakeling plaats hoeft te vinden.

Een IT-stelsel kan tot stand worden gebracht door een generator of beschermingstrafo voorzien van isolatiebewaking. Ook een UPS-systeem kan in bepaalde configuraties als IT-stelsel worden aangemerkt.

NEN 1010 - 312.2.3 en 717.411.6

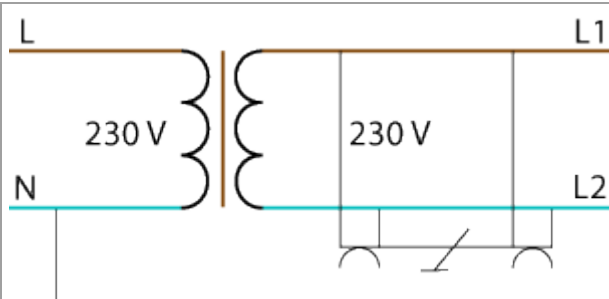
Geen

8 Ketens

Elektrische scheiding is een beschermingsmaatregel waarbij scheiding tot stand wordt gebracht door verschillende stroomketens. Een S-keten is een van aarde geïsoleerde stroomketen van beperkte omvang.

8.1 Elektrische/Galvanische scheiding (S-keten)

De transformator is een beschermingstransformator. De secundaire keten is geïsoleerd ten opzichte van aarde.



Afb. 8.1 Elektrische/Galvanische scheiding

Een voordeel van deze keten is dat bij een defect in de keten er geen stroom door het menselijk lichaam kan lopen. Actieve delen van de keten moeten geïsoleerd zijn t.o.v. Aarde, beschermingsleidingen en actieve delen van andere stroomketens.

De maximale spanning van een S-keten mag hoogstens 500 V bedragen.

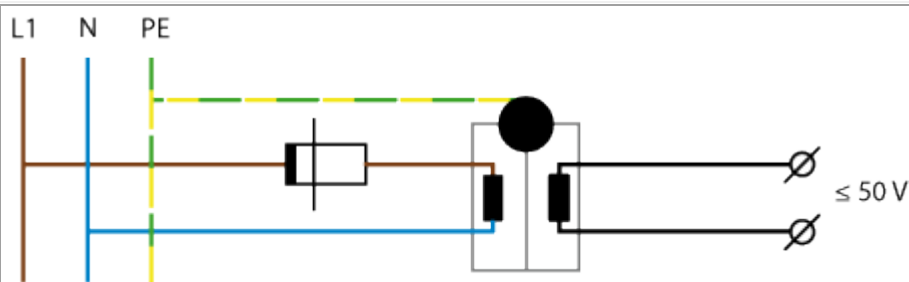
De voedingsbron mag maar één toestel voeden; kan hieraan niet worden voldaan dan dienen alle aangesloten klasse 1-toestellen door middel van een PU-leiding met elkaar worden verbonden. Een PU-leiding is een niet met Aarde verbonden beschermingsleiding.

NEN 1010 - 413.3.1

Geen

8.2 Beschermingsketens voor veilige lage spanning (SELV/PELV)

De transformator is een veiligheidstransformator. Deze bestaat uit 2 gescheiden wikkelingen met een geaard scherm tussen de wikkelingen.



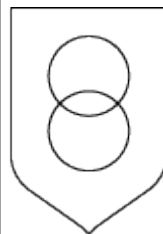
Afb. 8.2 Beschermingsketens voor veilige lage spanning

De beschermingsmaatregel werkt als basis en foutbescherming door een veilige zeer lage spanning. Alleen in bijzonder ongunstige situaties worden deze ketens toegepast

De maximale secundaire spanning van een SELV- en PELV -keten mag hoogstens 50 V (wisselspanning) bedragen en 120 V (gelijkspanning). De secundaire keten moet vrij van aarde blijven.

Actieve delen van een SELV -keten moeten tegen directe aanraking worden afgeschermd. Wandcontactdozen aangesloten op de secundaire keten mogen geen beschermingscontact hebben en niet uitwisselbaar zijn t.o.v. contactdozen van andere stroomketens.

NEN 1010 - 414.1.1



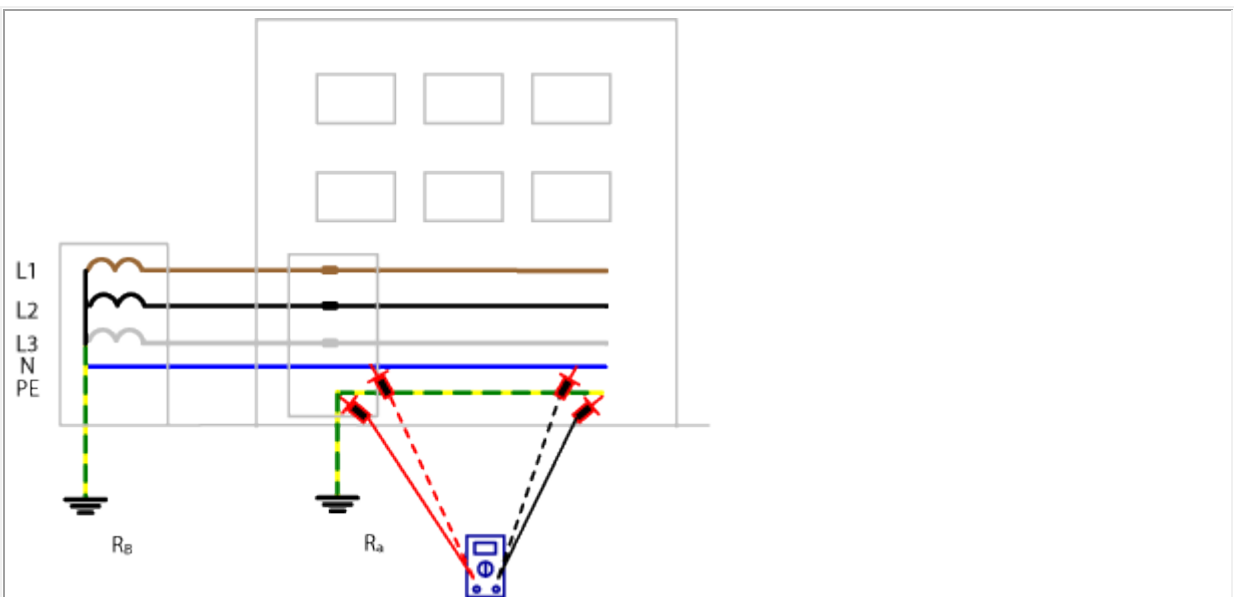
Het symbool voor een veiligheidstransformator.

9 Metingen conform NEN 1010

Dit hoofdstuk is gebaseerd en conform de volgorde zoals vermeld in hoofdstuk 6 van de NEN 1010-7. De beschreven metingen zijn uiteraard van toepassing op metingen in nieuwe en bestaande installaties. Betreft het een inspectie van bestaande installaties, dan mogen tabellen en bepalingen worden gehanteerd die van toepassing waren ten tijde van de aanleg van de installatie.

9.1 Onderbroken zijn van geleiders (R_{Lo})

Met een laagohmige weerstandsmeting controleren of er geen onderbrekingen zijn en de verbinding voldoende laagohmig is aangelegd.



Afb. 9.1 Laagohmige weerstandsmeting

Weerstand dient te worden gemeten aan:

- Beschermingsleidingen met inbegrip van beschermende en aanvullende vereffeningssystemen;
- De nulleider in 3-fasen eindgroepen.

Laagohmig meetinstrument of installatietester, meetbereik ca. 0 tot 199 Ω .

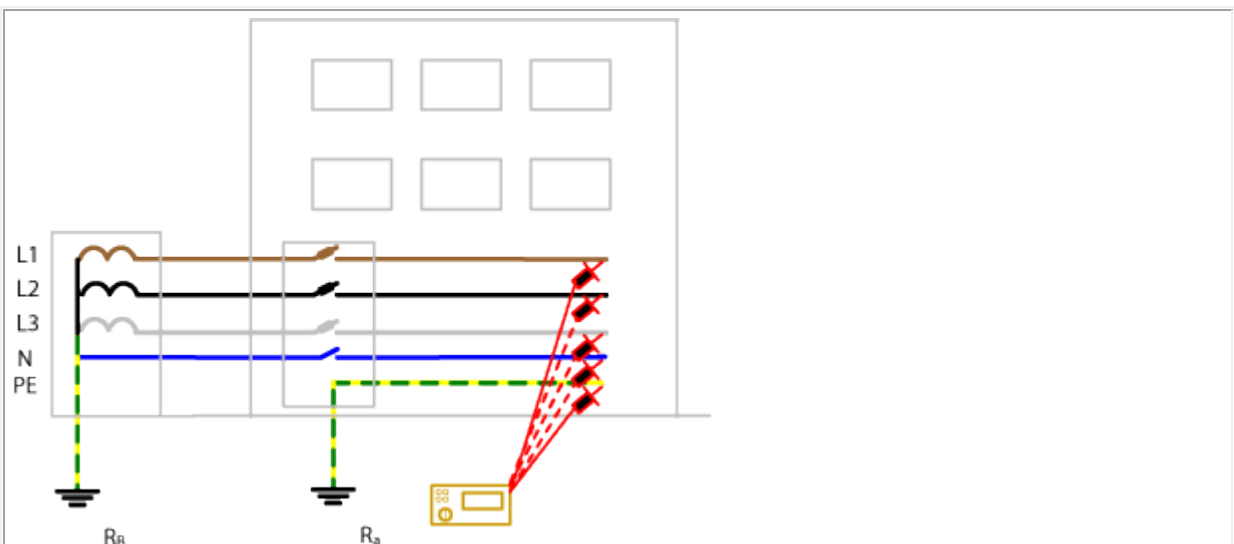
Te meten leidingen dienen aan de verbruikerszijde te worden losgenomen aangezien er via allerlei wegen zoals waterleiding, metaalconstructies e.d. toch een lage weerstand aanwezig kan zijn. Na de meting losgenomen leidingen weer deugdelijk vastzetten.

NEN 1010 - 61.3.2
NEN 3140

NEN 3140
Bij het uitvoeren van de meting dient de installatie spanningsloos te zijn.

9.2 Isolati weerstand van elektrische installaties (R_{iso})

Met een isolati weerstandsmeting wordt voorkomen dat ondeugdelijke installaties met aardfouten of kortsluitingen in gebruik worden genomen.



Afb. 9.2 Isolati weerstand van elektrische installaties

Isolati weerstand van de elektrische installatie meten tussen:

- Alle actieve geleiders onderling (ook de nulleiding);
- Alle actieve geleiders t.o.v. de beschermingsleiding.

Isolati weerstandmeter:

Bereik ca. 200 kΩ - 1 MΩ.

Indien er elektrische apparatuur is aangesloten die niet kan worden gescheiden van het net, moeten extra voorzorgsmaatregelen worden genomen om beschadiging door hoge spanningsverschillen in de componenten te voorkomen. Men kan schade voorkomen door een lagere beproevings spanning in te stellen, bijvoorbeeld 250 V, wat een adequate isolati weerstandswaarde geeft. Een andere mogelijkheid om schade te voorkomen is het met elkaar verbinden van alle actieve delen en alleen de isolati weerstandsmeting t.o.v. de beschermingsleiding uit te voeren.

Voor meetwaarden zie tabel C.5 in bijlage C.

NEN 1010 - 61.3.3 Tabel 61A

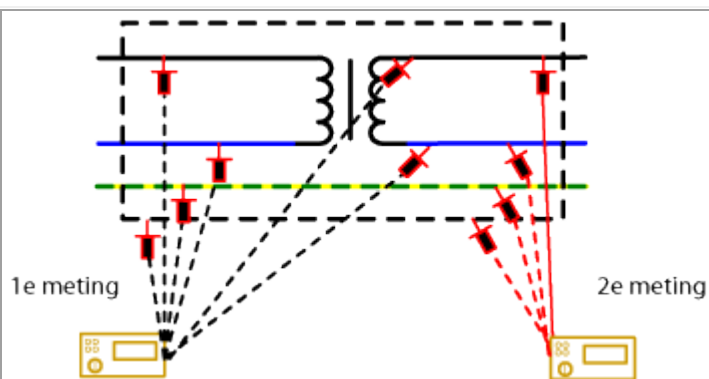
NEN 1010 - 612.3

NEN 1010 - 8.612

De installatie moet spanningsloos zijn, zie anders voor alternatief meetmethode: lekstroommeting. Let op dat de nulleider is ontkoppeld, door het uitschakelen van de 4-polige groepsschakelaar of het losnemen van de nulleider aan afgaande zijde. Indien eindgroepen 3-polig worden geschakeld kan de meting een foutindicatie geven

9.3 Isolati weerstand van S-, PELV- en SELV-ketens (R_{iso})

Met een isolati weerstandsmeting controleren of er een veilige scheiding is tussen primaire en secundaire windingen alsmede de beschermingsleidingen en omhulsels.



Afb. 9.3 Isolatiweerstandsmetingen van S-, PELV- en SELV-ketens

Isolatiweerstand van de keten meten tussen primaire en secundaire windingen. Ook dienen de primaire en secundaire windingen gemeten te worden t.o.v. de beschermingsleiding en de metalen behuizing.

Isolatiweerstandmeter of installatietester:
Bereik ca. 200 k Ω - 1 M Ω .

Meetwaarden

Zie tabel:
SELV- en PELV-ketens
 U_k 250 V $R_{iso} \geq 0,5$ M Ω

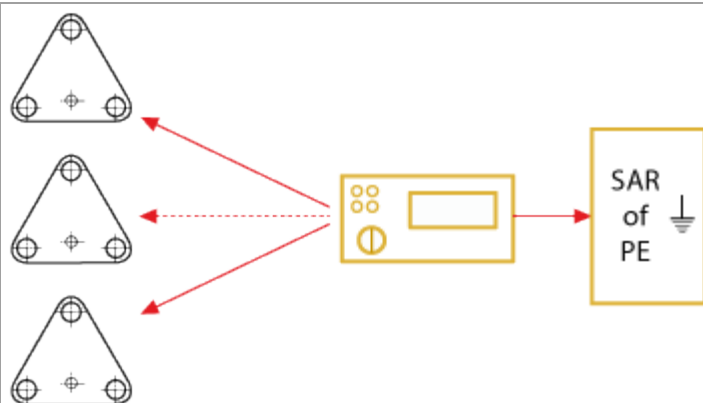
S- en FELV-ketens
 U_k 500 V $R_{iso} \geq 0,1$ M Ω

NEN 1010 - 61.3.4

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Bij het uitvoeren van de meting dient de installatie spanningsloos te zijn. Verder dient gevoelige elektronische apparatuur worden losgenomen aan de secundaire zijde.

9.4 Isolatiweerstand van vloeren en wanden (R_{iso})

Met een isolatiweerstandsmeting controleren of de beschermingsmaatregelen m.b.t. de geïsoleerde opstelling van personen voldoen.



Afb. 9.4 Meetopstelling isolatiweerstand van vloeren en wanden

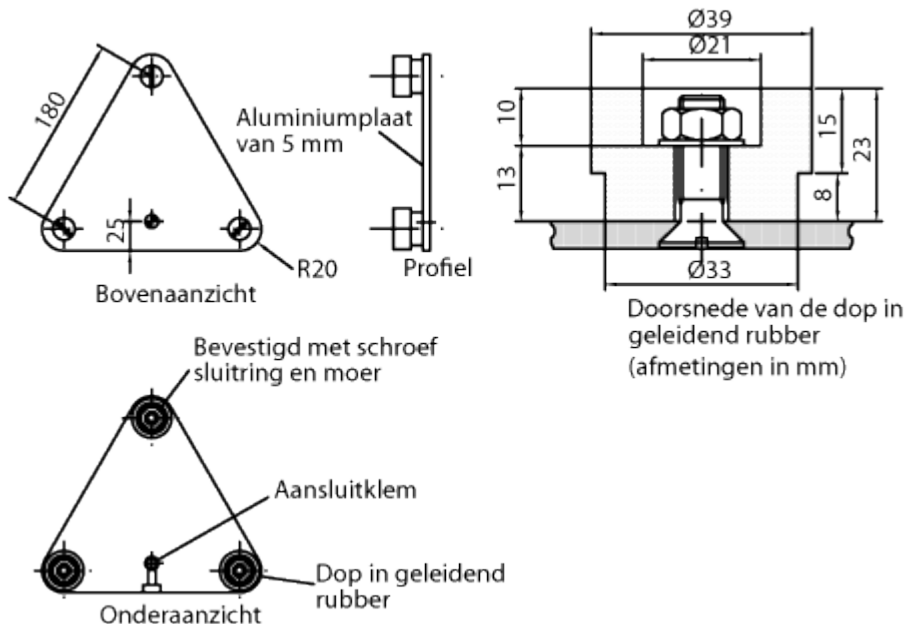
Isolatiweerstand met behulp van een isolatiweerstandstester en een elektrode meten tussen de beschermingsleiding of HAR- of SAR-rail in de ruimte op een drietal representatieve plaatsen op vloer of wand. En op 1 meter van vreemd geleidende delen.

Isolatiweerstandmeter:
Bereik ca. 200 k Ω - 1 M Ω .

Minimumwaarden van de isolatiweerstand:

- 50 k Ω bij een nominale spanning van de installatie $\leq$ 500 V;
- 100 k Ω bij een nominale spanning $>$ 500 V.

Principe van de meetelektrode:



Afb. 9.5 Uitvoering van de meetelektrode

De elektrode bestaat uit een metalen driepoot waarvan de op de vloer rustende delen de punten van een gelijkzijdige driehoek vormen. Elk steunpunt is voorzien van een flexibele basis die bij belasting zorgt voor nauw contact met het te beproefde oppervlak over een gebied van circa 900 mm² en met een weerstand van minder dan 5.000 Ω . Voordat de metingen worden uitgevoerd wordt het te beproeven oppervlak met een reinigingsmiddel behandeld. Tijdens de metingen wordt op de driepoot een kracht uitgeoefend van circa 750 N bij metingen op de vloer of van 250 N bij metingen op de wand. Afmetingen in mm.

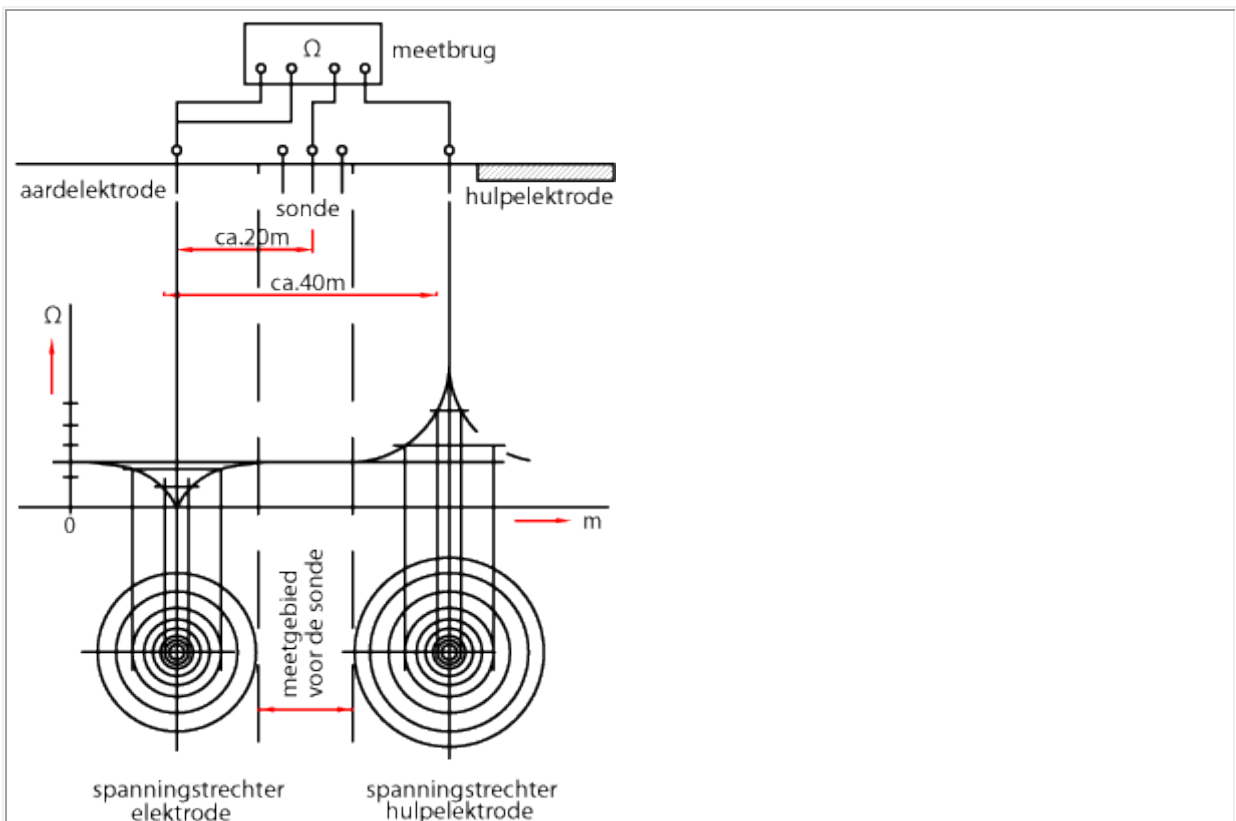
NEN 1010 - 61.3.5

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.

In medische behandelruimten mogen op het moment van meten geen patiënten aanwezig zijn of worden behandeld.

9.5 Aardverspreidingsweerstand (R)

Door het meten van de aardverspreidingsweerstand bij een fout in een TT-stelsel vaststellen of er tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt



Afb. 9.6 Meetopstelling aardverspreidingsweerstand

Met meetbrug of aardverspreidingsweerstandsmeter wordt bovenstaande meetopstelling gemaakt.

Meetbrug of aardverspreidingsweerstandsmeter:
Bereik ca. 0 Ω - 50 K Ω .

Met meetbrug of aardverspreidingsweerstandsmeter wordt bovenstaande meetopstelling gemaakt:

- Het meetinstrument sluit men aan op de te meten aardelektrode;
- Op ongeveer 40 meter afstand plaatst men een hulpelektrode;
- Op circa 20 meter plaatst men de sonde-elektrode.

Men voert nu een eerste meting uit. Daarna wordt de sonde resp. 6 meter richting hulpelektrode verplaatst en daarna richting te meten elektrode. Hieruit wordt de gemiddelde waarde berekend. Dit wordt herhaald totdat de meetwaarde constant blijft.

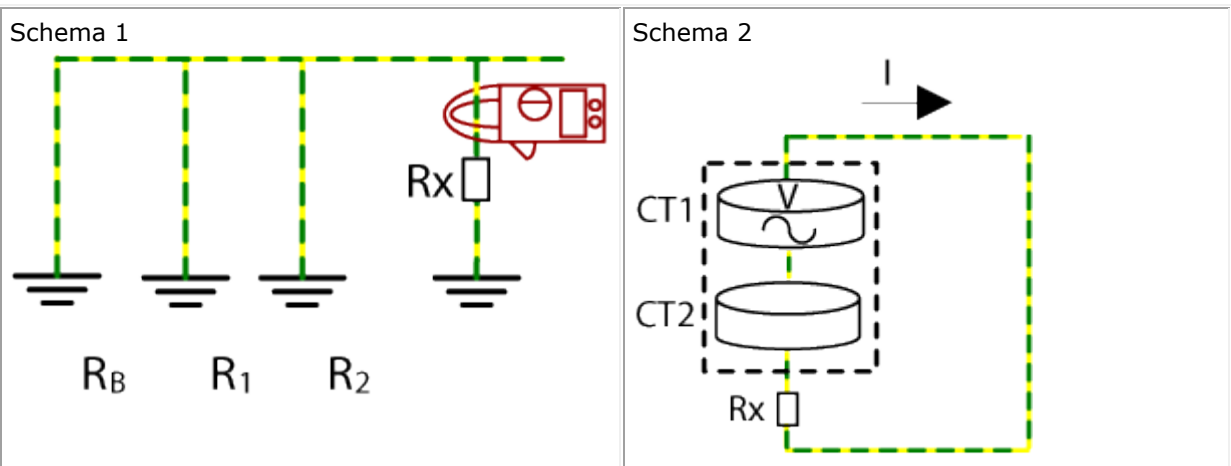
Voor meetwaarden: zie tabel C.3 uit bijlage C.

NEN 1010 - 61.3.6

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
De meting dient altijd te geschieden bij een niet in gebruik zijnde of uitgeschakelde installatie.
Nooit aardverbindingen losmaken als installaties in gebruik zijn.

9.6 Aardverspreidingsweerstand door middel van stroominjectiesysteem (R)

Door het meten van de aardverspreidingsweerstand bij een fout in een TT-stelsel vaststellen of er tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt.



Afb. 9.7 Schema's

In schema 1 is de meting uitgevoerd met een meettang met twee aparte spoelen. Een spoel genereert een bekende EMC van 1.689 kHz in de aardlus, De andere spoel meet het verlies in de loop en berekent hieruit de weerstand van de loop. In schema 2 induceert de spoel CT1 een kleine spanning in een circuit. Spoel CT2 meet de circuitweerstand (R_x).

Aardcircuittester op basis van een stroomtang.

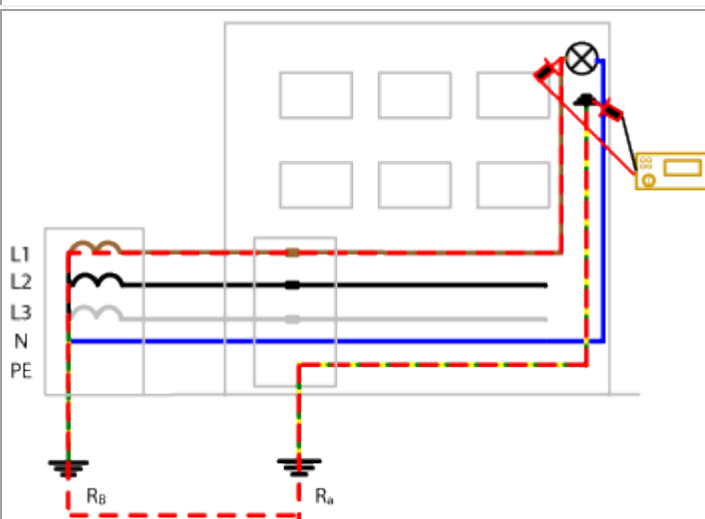
De meting is geschikt voor het meten in uitgebreide aardnetten en bliksembeveiligingsinstallaties. Er bestaan ook meetsystemen waarbij gewerkt wordt met twee aparte stroomtangen; een voor injectie en een voor de meting. Ook uitgevoerd als onderdeel van een installatietester.

NEN 1010 - 61.3.6

Bij deze meting hoeven geen specifieke maatregelen worden genomen en hoeven geen aardverbindingen worden losgenomen.

9.7 Impedantie foutstroomketen in een TT-stelsel (Z_s)

Door middel van een meting vaststellen of de circuitimpedantie voldoende laag is om bij een fout in een TT-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding mogelijk te maken.



Afb. 9.8 Circuitmeting in een TT-stelsel

Het instrument wordt aangesloten op een van de fasenleiders en op de beschermingsleiding. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegde punt na elk opvolgend beveiligingstoestel

Impedantiemeter of installatietester:

Bereik ca. $0,2 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

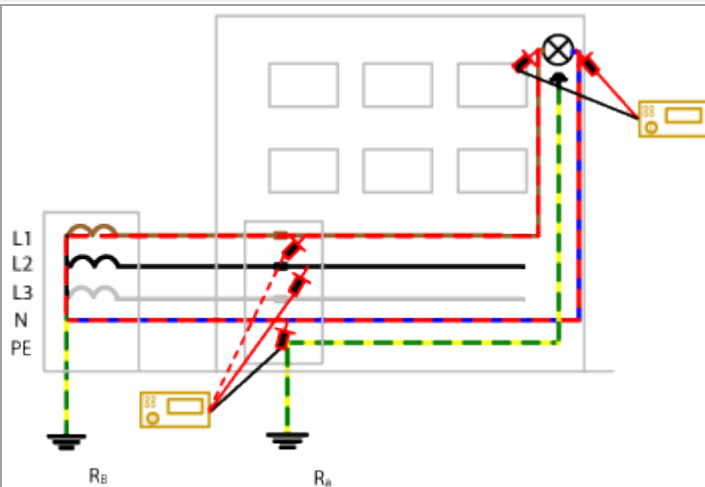
Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 uit bijlage C.

NEN 1010 - 61.3.6

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.8 Impedantie in een TT-stelsel (Z_i)

Door middel van een circuitmeting vaststellen dat bij een fout in een TT-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt. Verder kan door berekening het spanningsverlies worden bepaald.



Afb. 9.9 Circuitmeting in een TT-stelsel

Het instrument wordt aangesloten op een van de fasenleiders en op de nulleider en verder tussen 2 fasenleiders. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegen punt na elk opvolgend beveiligingstoestel.

Impedantiemeter of installatietester:

Bereik ca. $0,01 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 uit bijlage C.

Het spanningsverlies kan worden bepaald door berekening of door gebruik te maken van de grafiek 61D uit NEN 1010.

NEN 1010 - 434.2

Tabel 61D

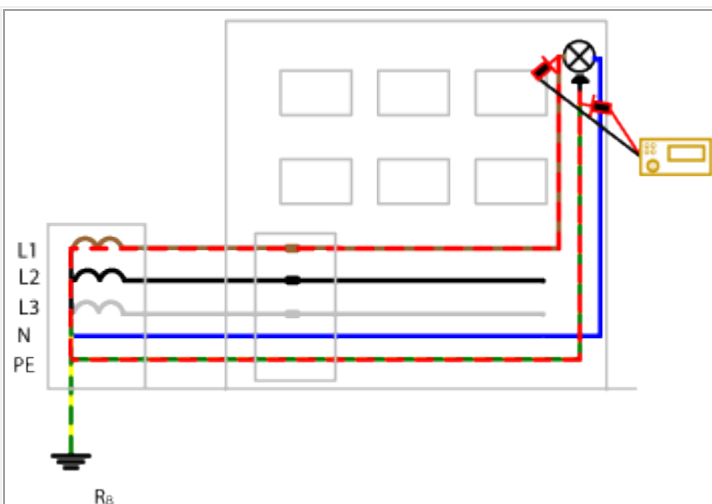
Tabel 43A

Bijlage 53B

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.9 Impedantie foutstroomketen in een TN-S-stelsel (Z_s)

Door middel van een circuitmeting vaststellen dat bij een fout in een TN-S-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt.



Afb. 9.10 Circuitmeting in een TN-S-stelsel

Het instrument wordt aangesloten op één van de fasenleiders en op de beschermingsleiding. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegen punt na elk opvolgend beveiligingstoestel.

Impedantiemeter of installatietester:

Bereik ca. $0,2 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 in bijlage C.

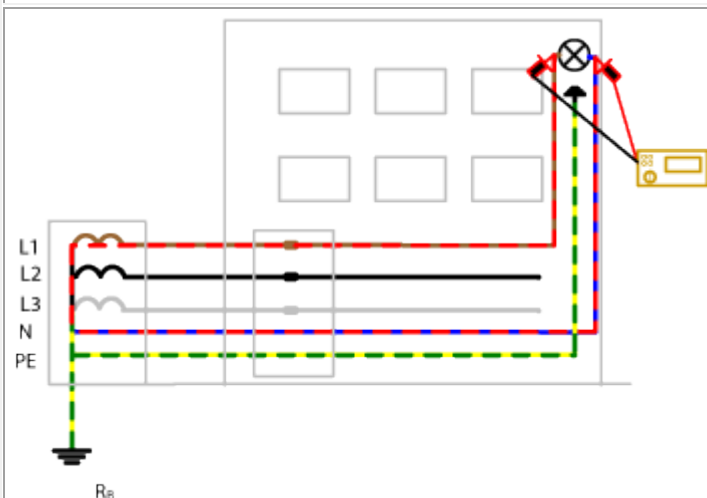
Opmerking: de werkelijke waarde van de impedantie bij kortsluiting ligt hoger dan hier gemeten wordt met een kleine meetstroom. Dit als gevolg van de warmteontwikkeling in de leiding bij een kortsluiting

NEN 1010 - 61.3.6

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.10 Impedantie in een TN-S-stelsel (Z_i)

Door middel van een circuitmeting vaststellen dat bij een fout in een TN-S-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt. Verder kan door berekening het spanningsverlies worden bepaald.



Afb. 9.11 Circuitmeting in een TN-S-stelsel

Het instrument wordt aangesloten op een van de fasenleiders en op de nulleider en verder tussen 2

fasenleiders. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegen punt na elk opvolgend beveiligingstoestel.

Impedantiemeter of installatietester:
Bereik ca. $0,2 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

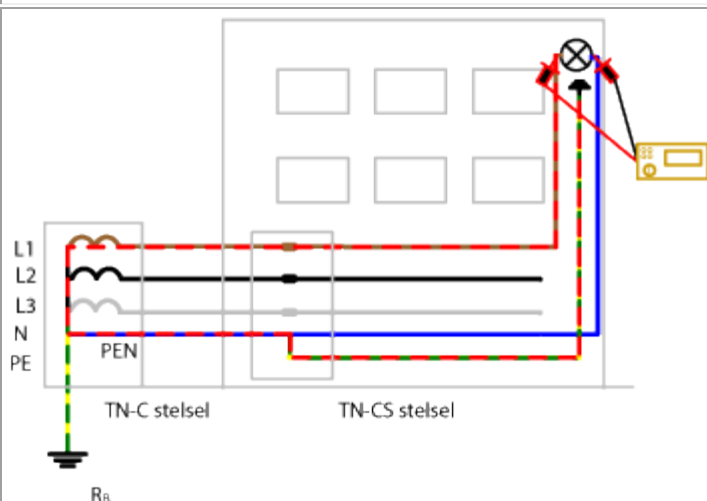
Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 uit bijlage C.
Het spanningsverlies kan worden bepaald door berekening of door gebruik te maken van de grafiek 61D uit NEN 1010. Z_i gemeten t.o.v. de nulleider zal in een T-N-S-stelsel niet veel afwijken van de gemeten waarde in de foutstroomketen Z_s .

NEN 1010 - 434.2
Tabel 61D
Tabel 43A
Bijlage 53B

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.11 Impedantie foutstroomketen in een TN-CS-stelsel (Z_s)

Door middel van een circuitmeting vaststellen dat bij een fout in een TN-CS-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt.



Afb. 9.12 Circuitmeting in een TN-CS-stelsel

Het instrument wordt aangesloten op een van de fasenleiders en op de beschermingsleiding. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegen punt na elk opvolgend beveiligingstoestel.

Impedantiemeter of installatietester:
Bereik ca. $0,2 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

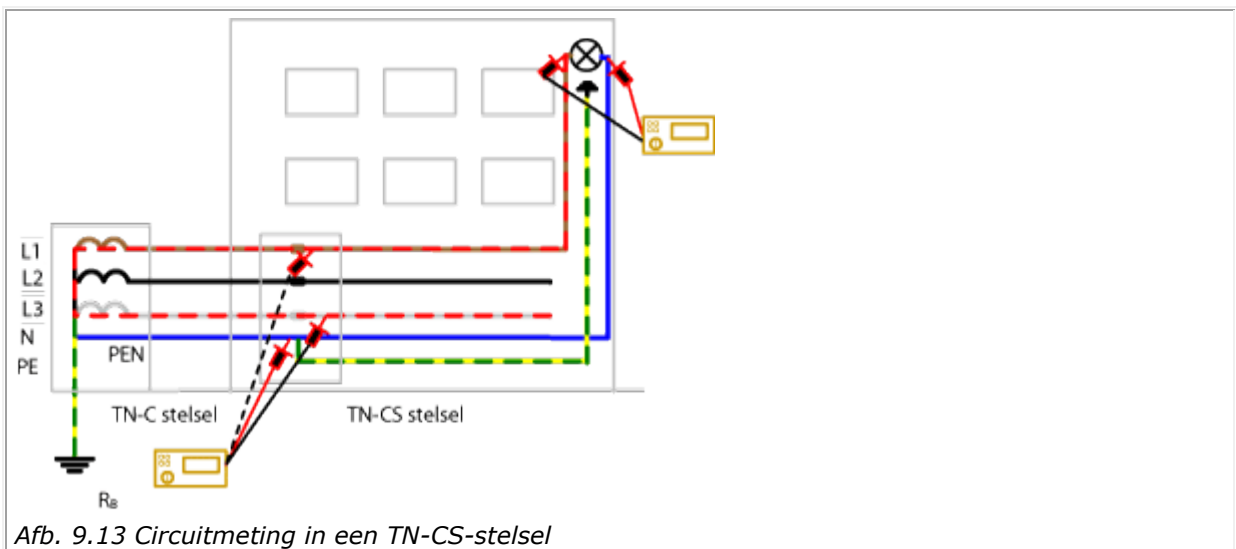
Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 uit bijlage C.

NEN 1010 - 61.3.6

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.12 Impedantie in een TN-CS-stelsel (Z_i)

Door middel van een circuitmeting vaststellen dat bij een fout in een TN-CS-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt. Verder kan door berekening het spanningsverlies worden bepaald.



Het instrument wordt aangesloten op een van de fasenleiders en op de nulleider en verder tussen 2 fasenleiders. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegen punt na elk opvolgend beveiligingstoestel.

Impedantiemeter of installatietester:
Bereik ca. $0,2 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

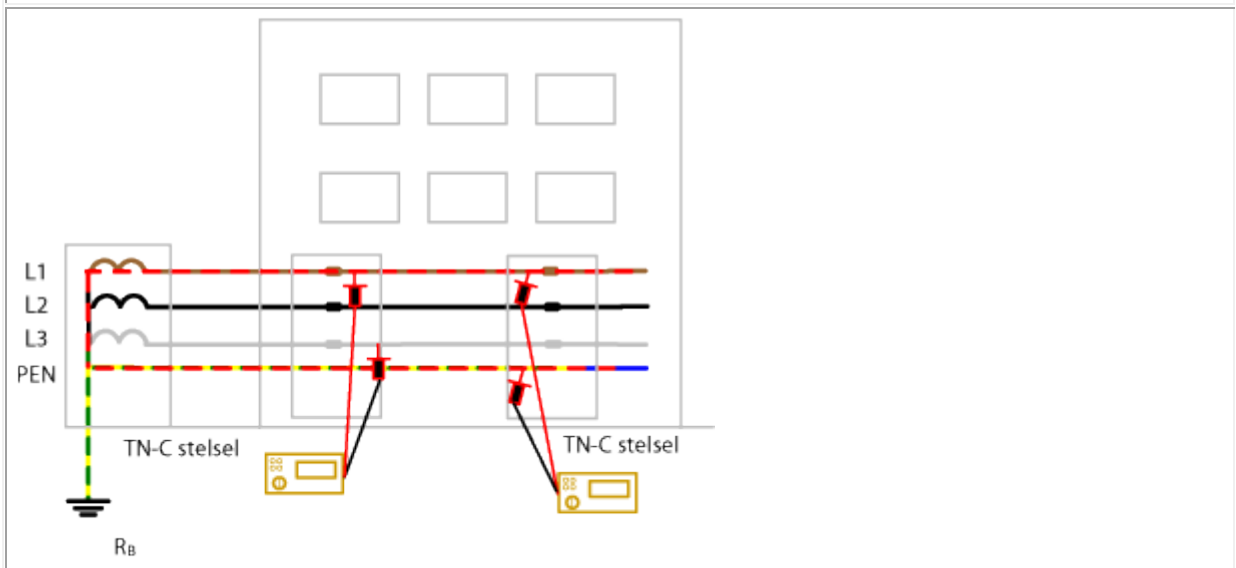
Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 uit bijlage C.
Het spanningsverlies kan worden bepaald door berekening of door gebruik te maken van de grafiek 61D uit NEN 1010. Z_i gemeten t.o.v. de nulleider zal in een TN-CS-stelsel niet veel afwijken van de gemeten waarde in de foutstroomketen Z_s .

NEN 1010 - 434.2
NEN 1010 Tabel 61D
NEN 1010 Tabel 43A
NEN 1010 Bijlage 53B

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.13 Impedantie foutstroomketen in een TN-C-stelsel (Z_i)

Door middel van een circuitmeting vaststellen dat bij een fout in een TN-C-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt.



Afb. 9.14 Circuitmeting in een TN-C-stelsel

Het instrument wordt aangesloten op een van de fasenleiders en op de PEN-leiding. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegen punt na elk opvolgend beveiligingstoestel.

Impedantiemeter of installatietester:
Bereik ca. $0,2 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

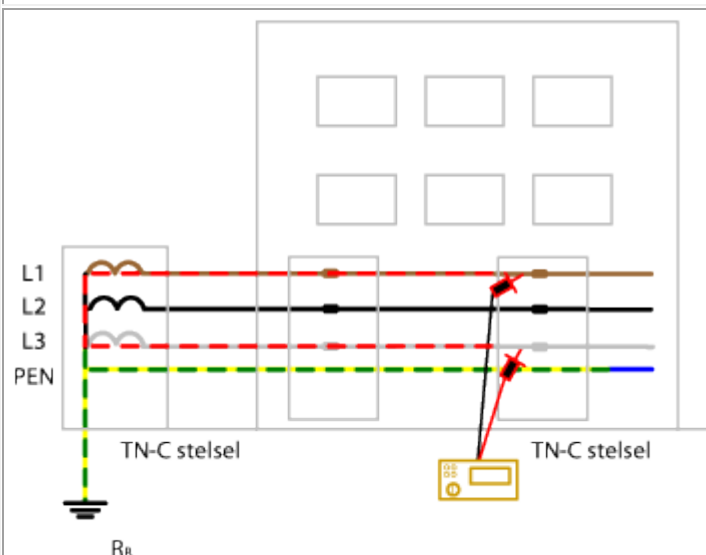
Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 uit bijlage C.

NEN 1010 - 61.3.6

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.14 Impedantie in een TN-C-stelsel (Z_i)

Door middel van een circuitmeting vaststellen dat bij een fout in een TN-C-stelsel tijdig een automatische uitschakeling van de voeding plaatsvindt. Verder kan door berekening het spanningsverlies worden bepaald.



Afb. 9.15 Circuitmeting in een TN-C-stelsel

Het instrument wordt aangesloten op 2 fasenleiders. De meting moet worden uitgevoerd op het verst afgelegen punt na elk opvolgend beveiligingstoestel.

Impedantiemeter of installatietester:
Bereik ca. $0,2 \Omega$ - $2 \text{ k}\Omega$ meetstroom min. 200 mA.

Voor minimale meetwaarden zie tabel C.3 uit bijlage C.
Het spanningsverlies kan worden bepaald door berekening of door gebruik te maken van de grafiek 61D uit NEN 1010.

NEN 1010 - 434.2

Tabel 61D

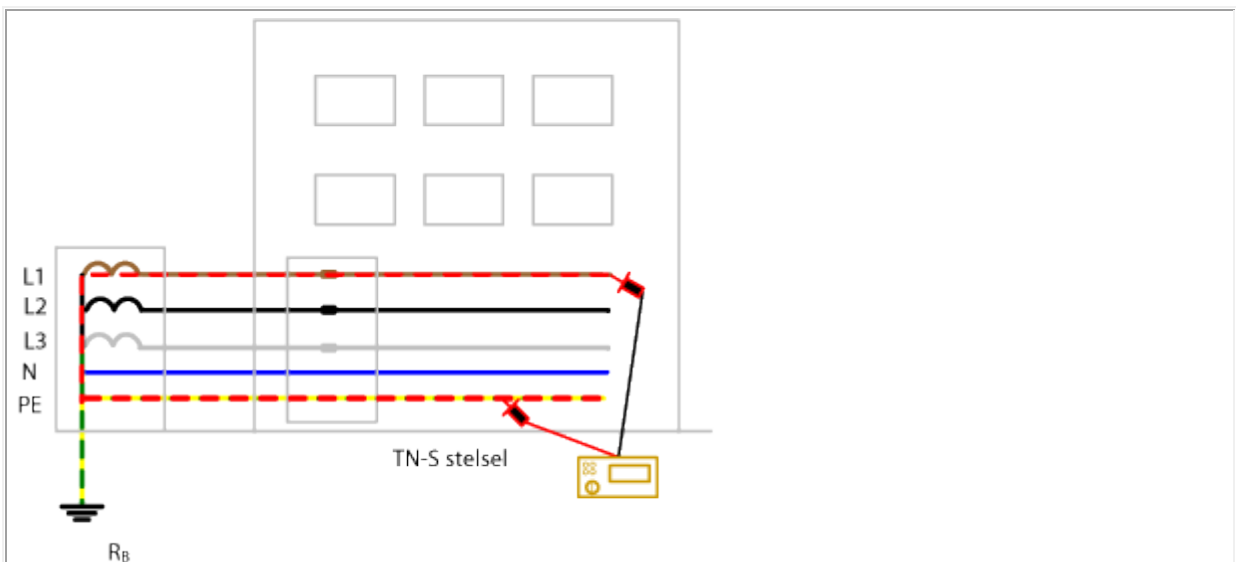
Tabel 43A

Bijlage 53B

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.15 Testen van aardlekbeveiligingen (t)

Door middel van een test vaststellen of de aardlekbeveiliging in een elektrische installatie aanspreekt binnen de gestelde tijd.



Afb. 9.16 Testen van aardlekbeveiligingen

Uitschakeltijd testen door het instrument aan te sluiten op een faseleider en de beschermingsleiding en indien nodig de nulleiding, afhankelijk van het meetinstrument. Alle aardlekschakelaars in de installatie moeten worden getest.

Aardlekbeveiligingstester of installatietester:
Bereik ca. 10-1000 mA / 0-500 ms.

Controle op uitschakeltijd. Met de meting wordt een foutstroom geïntroduceerd gelijk of iets groter aan de nominale uitschakelstroom. Ook zijn er installatietesters waar men de waarden kan instellen tot maximaal vijf keer de nominale uitschakelstroom
De meetmethoden in een TN-S- en TT-stelsel zijn in principe gelijk. Elke aardlekschakelaar maar een keer testen. De wandcontactdozen en aansluitpunten kan men verder testen met de testmethode waarbij wel het circuit en impedantie worden getest, maar waarbij de beveiliging niet aanspreekt.

Uitschakeltijd conform NEN 1010:
TN-stelsel 400 ms.
TT-stelsel 200 ms.
Zie ook afbeelding C.2 in bijlage C.

NEN-EN 61009 is de productnorm voor aardlekschakelaars. Hierin wordt gesteld dat een aardlekbeveiliging moet aanspreken bij een maximum uitschakeltijd van 300 ms. Een aantal instanties hanteert daarom voor de uitschakeltijd in TN-stelsels uitschakeltijden van 300 ms.

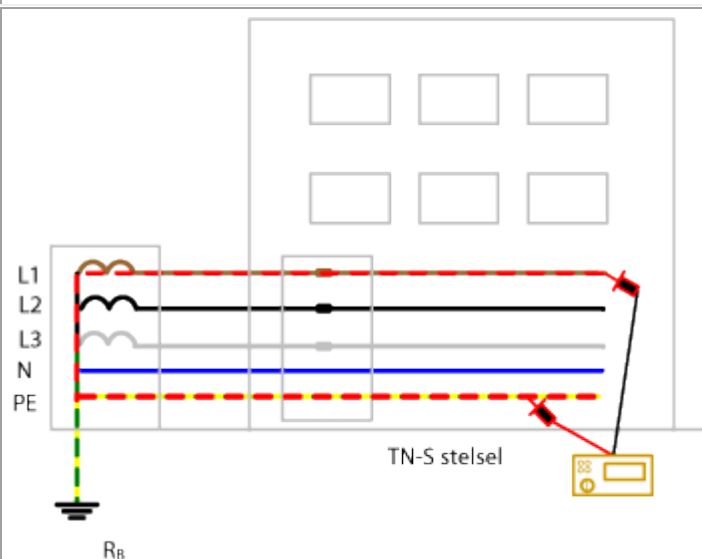
NEN 1010-61.3.7
NEN 1010-411.3.2.2 en 411.3.2.3
NTA 8025

Voor beproeven van de aardlekbeveiligingen op wandcontactdozen zijn, mits de juiste hulpmiddelen worden toegepast (meetsnoer met geschikte contactstop), geen extra veiligheidsmaatregelen nodig. Indien met meetsnoeren wordt gewerkt de richtlijnen volgens NEN 3140 toepassen.
Meting geschiedt onder spanning.

9.16 Testen van aardlekbeveiligingen (I)

Door middel van een test vaststellen of de aardlekbeveiliging in een elektrische installatie

aanspreekt binnen de grenswaarde van de bepaalde aanspreekstroom van de beveiliging.



Afb. 9.17 Testen van aardlekbeveiligingen

Uitschakelstroom testen door het instrument aan te sluiten op een faseleider en de beschermingsleiding en indien nodig de nulleiding, afhankelijk van het meetinstrument. Alle aardlekschakelaars in de installatie dienen te worden getest.

Aardlekbeveiligingstester of installatietester:
Bereik ca. 10-1000 mA / 0-500 ms.

Controle op aanspreekstroom. Met de meting wordt een foutstroom geïntroduceerd gelijk of iets groter aan de nominale uitschakelstroom. Ook zijn er installatietesters waar men de waarden kan instellen tot maximaal vijf keer de nominale uitschakelstroom.

De meetmethoden in een TN-S en TT- stelsel zijn in principe gelijk. Elke aardlekschakelaar maar een keer testen. De wandcontactdozen en aansluitpunten kan men verder testen met de testmethode waarbij wel het circuit en impedantie worden getest maar waarbij de beveiliging niet aanspreekt.

Let op: de natuurlijke aanwezige lekstromen m.b.t. aangesloten apparatuur deze kunnen de meetuitslag ongunstig beïnvloeden.

Meetwaarden:

Aanspreekstroom (afkeur):

< lager dan $\frac{1}{2} I_{nom}$

> dan I_{nom} van beveiliging.

Zie voor meer informatie afbeelding C.2 in bijlage C.

Installatietesters met een meetprotocol met oplopende foutstroom kunnen de resultaten van zowel uitschakeltijd als aanspreekstroom in één meting bepalen. Het verdient dan ook aanbeveling, indien deze meetmethode op het instrument aanwezig is, deze toe te passen.

NEN 1010-61.3.7

NEN 1010-411.3.2.2 en 411.3.2.3

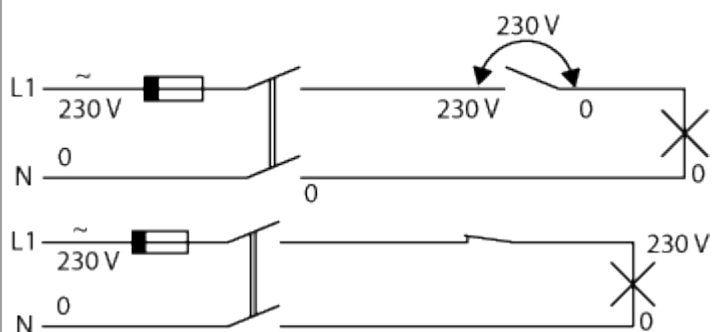
NTA 8025

Voor beproeven van de aardlekbeveiligingen op wandcontactdozen zijn, mits de juiste hulpmiddelen worden toegepast (meetsnoer met geschikte contactstop), geen extra veiligheidsmaatregelen nodig. Indien met meetsnoeren wordt gewerkt de richtlijnen volgens NEN 3140 toepassen.

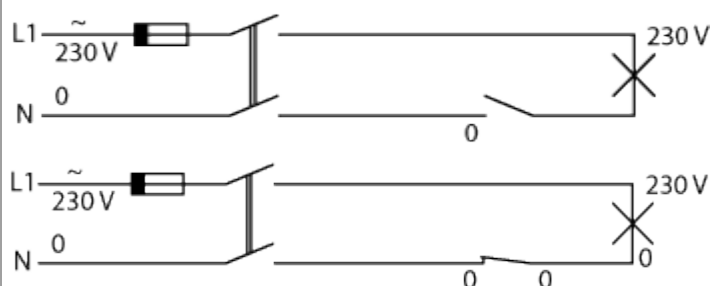
Meting geschiedt onder spanning.

9.17 Bepaling van polariteit (V)

Beproeving of enkelpolige schakelaars alleen maar in de faseleider zijn aangebracht.



Afb. 9.18 Enkelpolige schakelaars in correcte aansluiting



Afb. 9.19 Enkelpolige schakelaars in foutieve aansluiting

1-polige spanningstester (Voltstick).

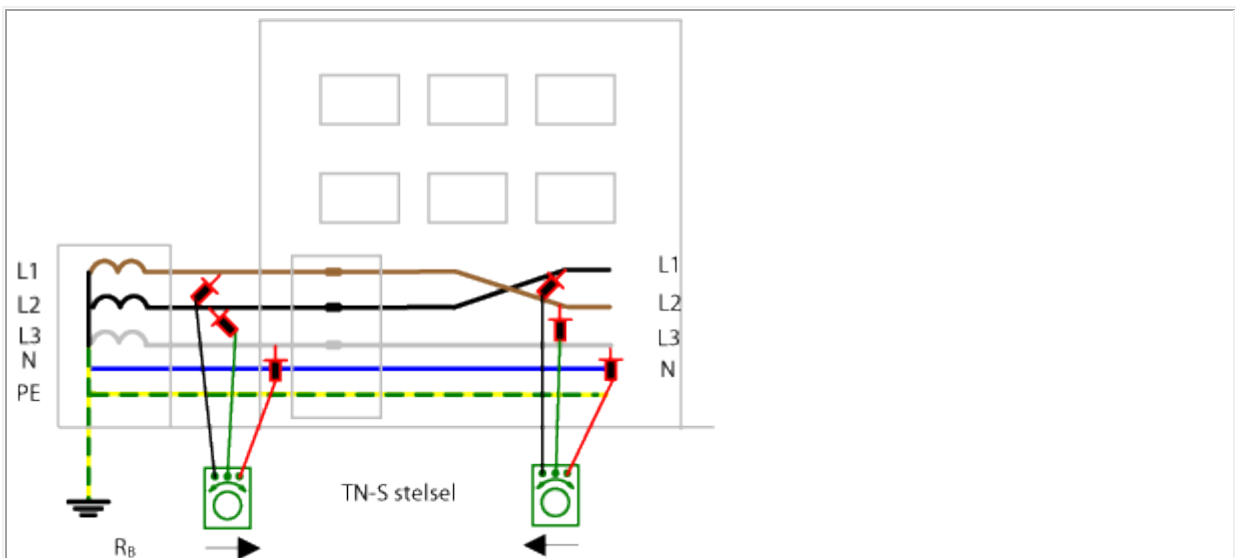
Afbeelding 9.18 geeft een correcte aansluiting weer.
Afbeelding 9.19 geeft een onjuiste aansluiting weer. Met een 1-polige spanningstester (indicatief) is goed en eenvoudig te bepalen of de schakelaar op de juiste plaats is gemonteerd.

NEN 1010 - 61.3.8

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Controle geschiedt onder spanning.

9.18 Controle op fasenvolgorde (fasenwisseling)

Controleren of de fasenvolgorde in de gehele installatie gelijk is.



Afb. 9.20 Controle op fasenvolgorde

Controle kan geschieden op elke voeding van een opeenvolgende verdeelinrichting. Verder dienen alle 3-fasencontactdozen te worden gecontroleerd, zeker indien hierop draaiveldgevoelige apparatuur wordt aangesloten.

Draaiveldmeter/fasenvolgorde-tester: in een aantal gevallen is de mogelijkheid in installatietesters ingebouwd. Altijd 3-polig meten.

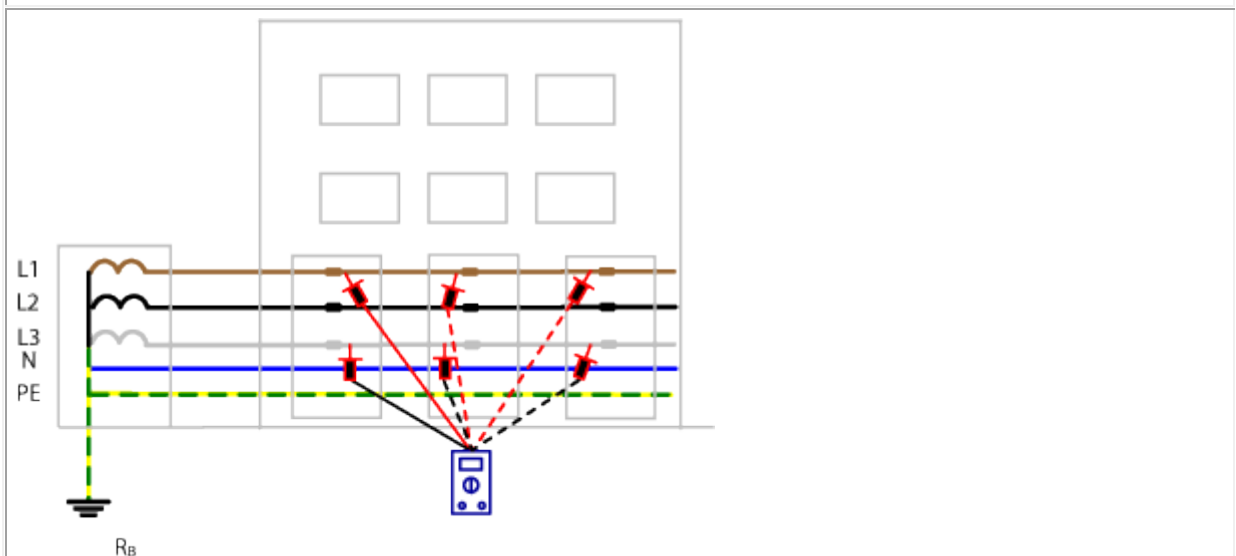
In een aantal 2-polige spanningstesters is een controlemogelijkheid voor bepalen van het draaiveld ingebouwd. Deze meetmethode is veelal niet betrouwbaar.

NEN 1010 - 61.3.9

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

9.19 Spanningsverlies (V)

Controleren door meting of het spanningsverlies binnen de criteria gesteld in rubriek 525 van NEN 1010 valt.



Afb. 9.21 Spanningsverlies

Het bepalen van het spanningsverlies kan geschieden door gebruik te maken van de meetgegevens

van impedantiemetingen door middel van berekeningen. Ook kan door meting met behulp van een True RMS-voltmeter het spanningsverlies gemeten worden.

Voltmeter , RMS-multimeter of netanalyser.

De spanning dient te worden gemeten op elke opeenvolgende verdeelinrichting en op het verst weg gelegen aansluitpunt in de installatie om de juiste conclusies te kunnen trekken betreffende het optredende spanningsverlies in de installatie. Voor meer informatie zie tabel C.3 uit bijlage C.

NEN 1010 - 61.3.11

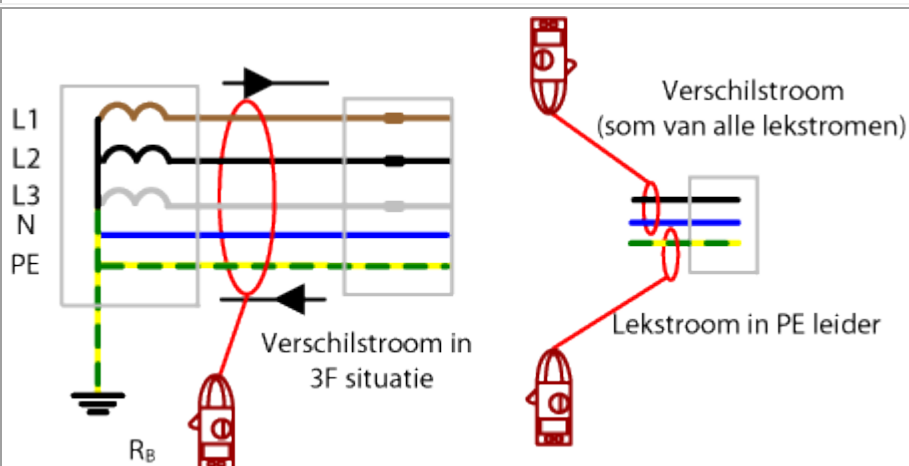
Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting wordt onder spanning uitgevoerd.

10 Aanvullende metingen

In dit hoofdstuk staat een aantal metingen dat veelvuldig wordt toegepast bij controle of inspectie van installaties. Veelal zijn ze wel bekend maar ze worden hier genoemd als eventueel geheugensteuntje.

10.1 Lekstroømmetingen (I mA)

Met een lekstroømmeting kan bepaald worden welke lekstromen er in een installatie vloeien.



Afb. 10.1 Lekstroømmetingen

De lekstroømmtang wordt geklemd om alle actieve aders incl. de nulleider. Op het display leest men de gemeten lekstroom af. Ook kan de lekstroom gemeten worden door de tang om de beschermingsleiding te plaatsen. Stroom die via een andere wegvloeien worden dan niet gemeten.

Lekstroømmtang bereik 0-100 mA.

Aangeraden wordt om stroomtangen met een LDF-filter te gebruiken om invloed van hogere frequenties te elimineren.

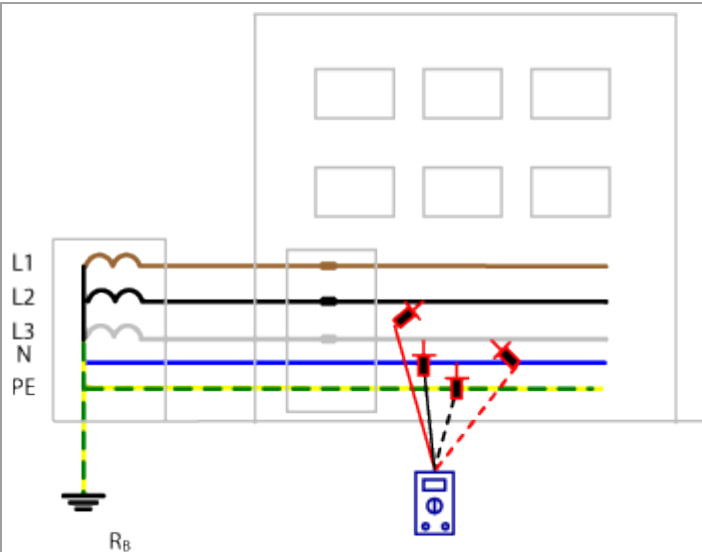
Meting kan worden toegepast als alternatief voor isolatieweerstandsmeting indien de spanning niet kan worden uitgeschakeld. Verder kan men controleren bij veelvuldig uitschakelen van aardlekschakelaars waar de eventuele problemen in de installatie zitten.

NEN 1010 - 211.21

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

10.2 Spanningsmeting (U)

Met een spanningsmeting wordt het spanningsniveau of de aanwezigheid daarvan bepaald.



Afb. 10.2 Spanningsmeting

De spanning dient te worden gemeten tussen de fasen onderling, de nulleider en indien van toepassing t.o.v. de beschermingsleiding.

Multimeter, voltmeter of net-analysator. True RMS.

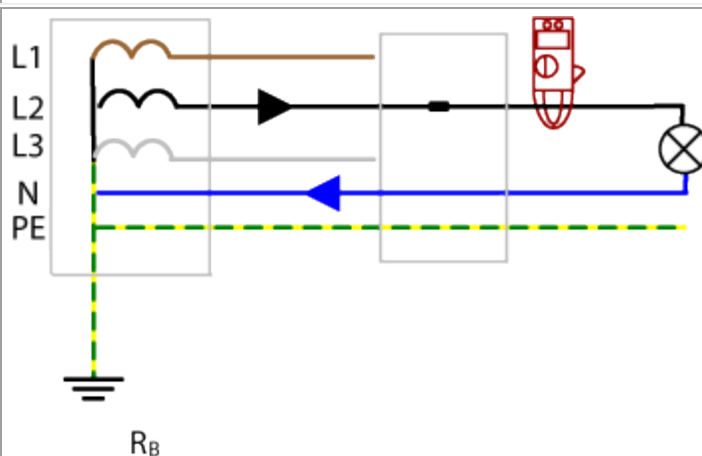
Een 2-polige spanningstester (duspol) kan alleen worden gebruikt om aan te tonen dat er spanning aanwezig is. Voor het bepalen van het juiste spanningsniveau zijn deze instrumenten niet betrouwbaar genoeg.

NEN 1010
NEN 3140

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

10.3 Stroomsterktemeting met stroommeet tang (I)

Met een stroommeting de stroomsterkte bepalen in een geleider.



Afb. 10.3 Stroomsterktemeting met stroommeet tang

Door de meet tang om de te meten geleider te plaatsen meet men door omzetting van het magnetische veld rond de geleider de stroomsterkte door de geleider.

Stroomtang, ook wel ampèretang genoemd.

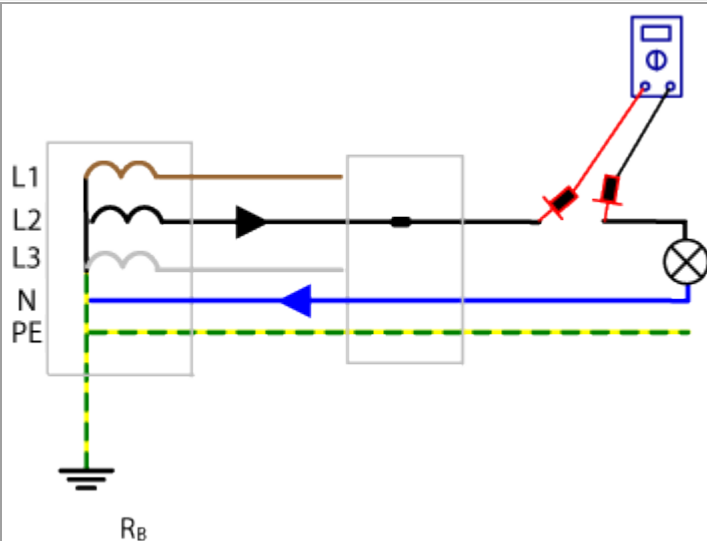
Stroomtangen hebben in hun huidige uitvoering veelal meerdere functies. Ze zijn dan uitgevoerd als multimeters. Let op de pijlrichting, vooral bij netanalyse in de stroomrichting plaatsen. Voor overige stroommeet principes zie bijlage B.

NEN 1010

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.

10.4 Stroomsterktemeting met ampèremeter (I)

Met een stroommeting de stroomsterkte bepalen in een geleider.



Afb. 10.4 Stroomsterktemeting met ampèremeter

Bij deze meting dient de geleider te worden onderbroken en het meetinstrument in serie te worden aangesloten zodat in tegenstelling tot de stroommeet tang de te meten stroom volledig door het instrument loopt.

Ampèremeter of multimeter.

Bij uitvoering moet men het volgende in acht nemen:

- Stel het meetinstrument op de juiste meetstand in (multimeter);
- Overtuig je van de mogelijke stroomsterkte die gaat vloeien en of het instrument deze aan kan.

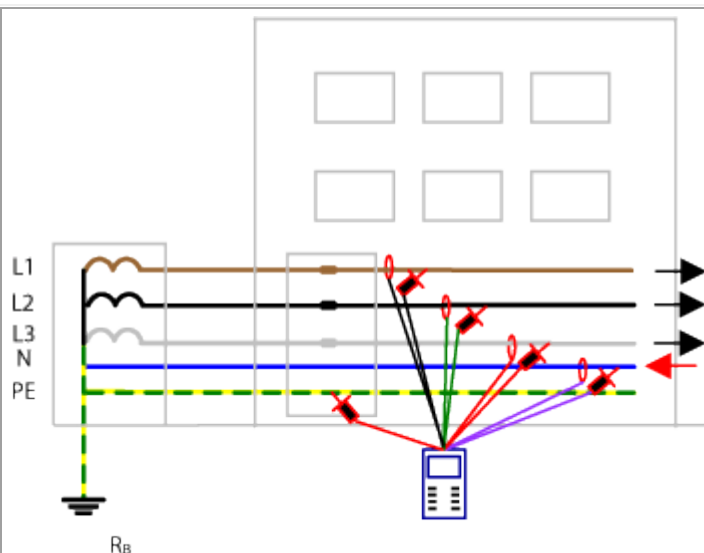
Meting alleen toepassen als nauwkeurig lage stromen moeten worden gemeten.

NEN 1010

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

10.5 Vermogensmeting 3-faseninstallatie (P)

Met een vermogensmeting kan een aantal grootheden worden bepaald zoals stroomsterkte, netspanning, effectief vermogen, schijnbaar vermogen, blindvermogen $\cos \varphi$ en Power Factor.



Afb. 10.5 Vermogensmeting 3-faseninstallatie

Meetinstrument aansluiten conform aansluitgegevens leverancier. Let er goed op dat de pijlrichting op de stroomtangen of flexibele meetslangen in de stroomrichting is geplaatst en de spanningsaansluiting en stroomtang corresponderen.

Powermeter of net-analyser.

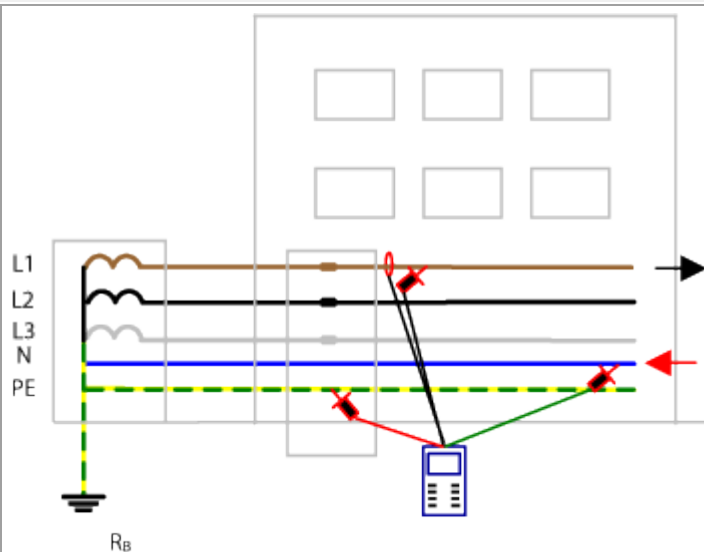
Instrument kan ook een logger zijn waarbij de meetwaarden na de meting via software worden uitgelezen en gerapporteerd.

NEN 1010

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140. Meting geschiedt onder spanning. Indien mogelijk meetspanning betrekken van beveiligde eindgroep en meetklemmen gebruiken met ingebouwde snelle smeltveiligheden.

10.6 Vermogensmeting 1-fase-installatie (P)

Met een vermogensmeting kan een aantal grootheden worden bepaald zoals, stroomsterkte, netspanning, effectief vermogen, schijnbaar vermogen, blindvermogen, $\cos \varphi$ en Power Factor.



Afb. 10.6 Vermogensmeting 1-fase-installatie

Meetinstrument aansluiten conform aansluitgegevens leverancier. Let goed op dat de pijlrichting op de stroomtangen of flexibele meetslangen in de stroomrichting is geplaatst en de spanningsaansluiting en stroomtang corresponderen.

Powermeter of net-analyser.

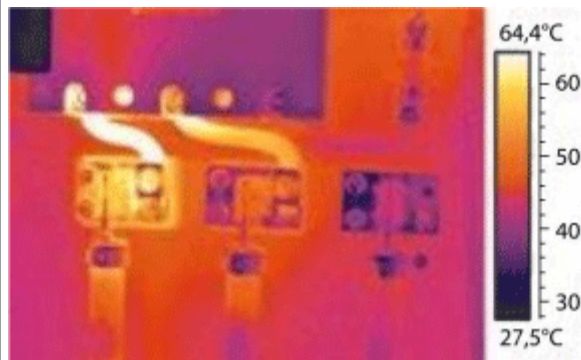
Instrument kan ook een logger zijn waarbij de meetwaarden na de meting via software worden uitgelezen en gerapporteerd.

NEN 1010

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140. Meting geschiedt onder spanning. Indien mogelijk meetspanning betrekken van beveiligde eindgroep en meetklemmen gebruiken met ingebouwde snelle smeltveiligheden.

10.7 Thermografie (°C)

Controleren door thermografisch onderzoek of er ongewenste warmteontwikkeling optreedt in elektrische installaties ten gevolge van overbelasting, overgangsweerstand of losse contacten of verbindingen.



Afb. 10.7 Warmtebeeld (l) en thermografische camera (r)

Thermografie is een techniek waarbij een camera wordt gebruikt die thermische energie die een voorwerp uitstraalt in beeld en meetwaarden (temperatuur) omzet. Met deze methode is het mogelijk nauwkeurig contactloos te meten. Om een betrouwbare meting te kunnen uitvoeren dient de installatie voldoende te zijn belast. Thermografie doe je niet zomaar. Een hotspot in een elektrische installatie opsporen is niet moeilijk, alleen de interpretatie daarvan vergt toch wel enige kennis. Het is dan ook verstandig minimaal een introductiecursus te volgen die veelal bij aankoop van een camera wordt aangeboden. Om tot een goede, nauwkeurige meting te komen dient men nog al wat handelingen te verrichten. Met name de emissiefactor, omgevingstemperatuur, achtergrondtemperatuur en de relatieve vochtigheid zijn van belang. In elektrische installaties dient men ook altijd de stroomsterkte te meten om tot een goede interpretatie te komen.

NEN 1010 - tabellen 42 A en 43 A of tabellen C.6, C.7 en C.8 in bijlage C.
Voor emisiewaarden, zie tabel C.9.

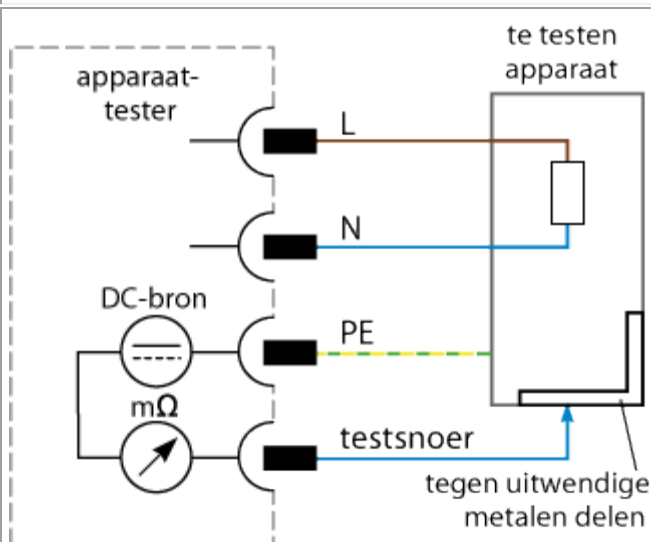
Alhoewel thermografisch onderzoek als non-destructief wordt beschouwd kleven er wel degelijk gevaren aan op het gebied van veiligheid, aangezien alle afdekkingen tegen direct aanrakingsgevaar (ook doorzichtige) moeten worden verwijderd om te kunnen meten aan actieve delen. Alle veiligheidsmaatregelen betreffende het werken in de onmiddellijke nabijheid van actieve delen moeten in acht worden genomen.

11 Meten aan elektrische arbeidsmiddelen

Deze meetmethoden zijn bedoeld voor de inspectie en periodieke controle van elektrische arbeidsmiddelen conform NEN 3140. Vaak worden deze meetmethoden digitaal op het meetinstrumentenscherm of als beeldplaat(meetinstructie) afgebeeld. Veel van deze meetinstrumenten kunnen de meetmethoden in dit hoofdstuk achtereenvolgend geautomatiseerd uitvoeren.

11.1 Weerstand van de beschermingsleiding klasse I-apparatuur (R)

Door meting controleren of de beschermingsleiding van een klasse I-apparaat voldoende laagohmig is verbonden met het metalen gestel van het te controleren arbeidsmiddel of apparaat.



Afb. 11.1 Weerstand van de beschermingsleiding

Meetmethode: bij klasse I-apparatuur

Het te testen apparaat wordt aangesloten op de testcontactdoos. Met het testsnoer raakt men de metalen delen van het te testen apparaat aan en leest de gemeten waarde af.

Apparaattester:
Bereik ca. 20 Ω.

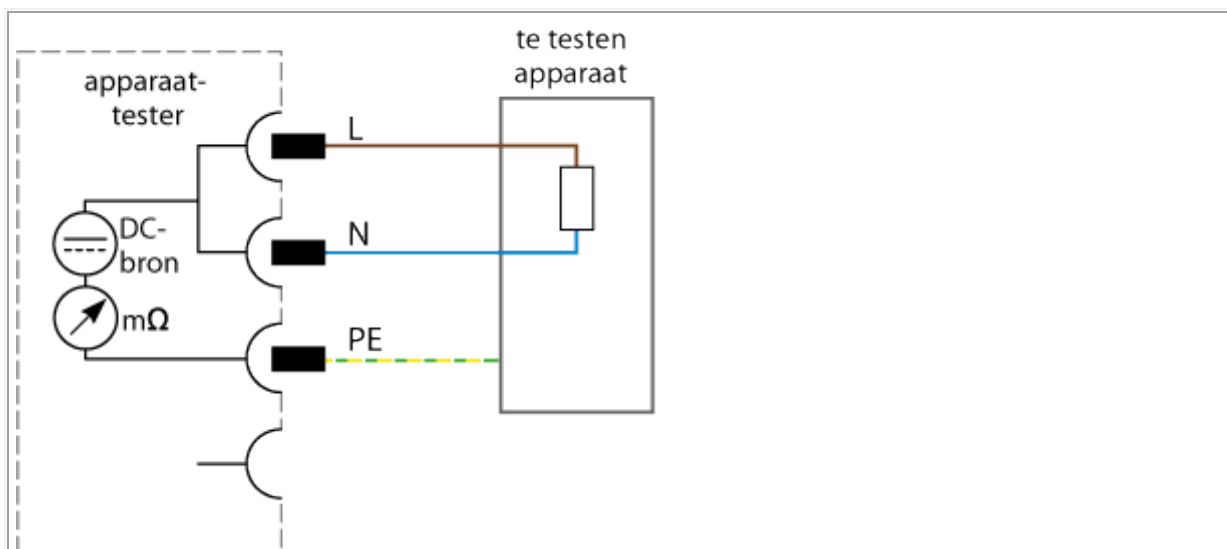
Zie tabel C.9 in bijlage C.

NEN-EN 50110
NEN 3140 1998
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt spanningsloos.

11.2 Isolatiweerstand klasse I-apparatuur

Door het meten van de isolatiweerstand controleren of deze voldoet aan de gestelde eisen.



Afb. 11.2 Isolati weerstand klasse I-apparatuur

Het te testen apparaat wordt aangesloten op de testcontactdoos. Let er wel op dat de schakelaar van het te testen apparaat wordt ingedrukt om tot een juiste meting te komen. Lees de meetwaarde af.

Apparaattester:
Bereik ca. 20 MΩ.

Minimale isolati weerstanden:

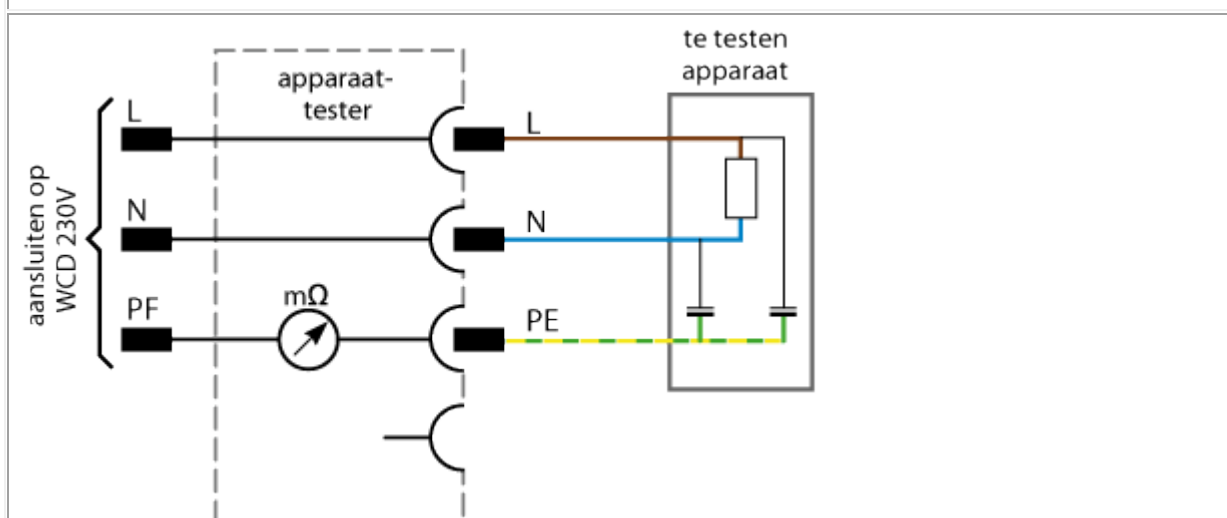
Beschermingsklasse	Isolati weerstand
Klasse I	1 MΩ
Klasse II	2 MΩ
Klasse III	0,5 MΩ

NEN-EN 50110
NEN 3140 1998
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt spanningsloos.

11.3 Meting van reële aardlekstroom bij klasse I-apparatuur (mA)

Alleen meten van de isolati weerstand is niet voldoende om zeker te weten of de kans op een elektrische schok is uitgesloten. Daarom wordt de volgende meting uitgevoerd.



Afb. 11.3 Reële aardlekstroom bij klasse I-apparatuur

Het te testen apparaat wordt aangesloten op de testcontactdoos. Let er wel op dat de schakelaar van het te testen apparaat wordt ingedrukt om tot een juiste meting te komen. Lees de meetwaarde af.

Apparaattester:
Bereik ca. 30 mA.

Lekstromen die bv. door ontstoringscondensatoren lopen kunnen ook een reëel gevaar vormen. Daarom wordt deze meting uitgevoerd.

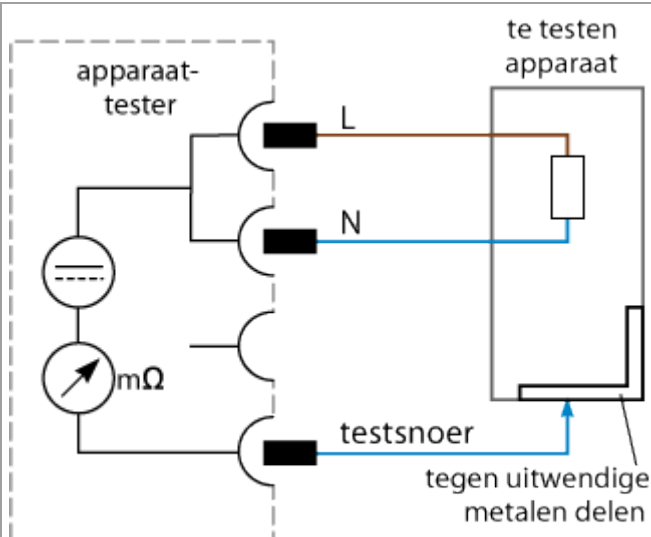
Meetwaarde ≤ 1 mA.
Bij keramische verwarmingselementen $230\text{ V} \leq 7\text{ mA}$
bij $400\text{ V} \leq 15\text{ mA}$

NEN-EN 50110
NEN 3140 1998
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

11.4 Isolatie weerstand klasse II- en III-apparatuur (mA)

Door het meten van de isolatie weerstand controleren of deze voldoet aan de gestelde eisen.



Afb. 11.4 Isolatie weerstand klasse II- en III-apparatuur

Het te testen apparaat wordt aangesloten op de testcontactdoos. Let er wel op dat de schakelaar van het te testen apparaat wordt ingedrukt om tot een juiste meting te komen. Raak met de het testsnoer de metalen delen van het te testen apparaat aan. Lees de meetwaarde af.

Apparaattester:
Bereik ca. 20 MΩ.

Minimale waarden isolatie weerstand:

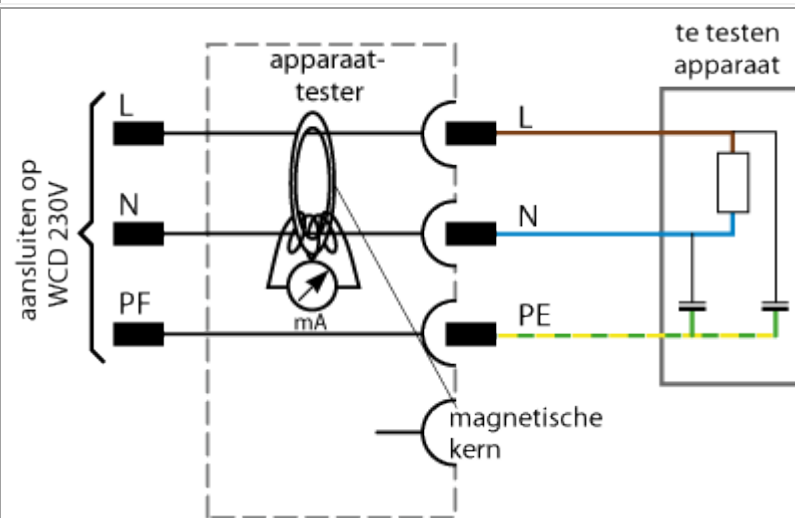
Beschermingsklasse	Isolatie weerstand
Klasse I	1 MΩ
Klasse II	2 MΩ
Klasse III	0,5 MΩ

NEN-EN 50110
NEN 3140 1998
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt spanningsloos.

11.5 Meting van reële aardlekstroom bij klasse I-apparatuur (mA)

Alleen meten van de isolatieweerstand is niet voldoende om zeker te weten of de kans op een elektrische schok is uitgesloten. Daarom wordt de volgende meting uitgevoerd.



Afb. 11.5 Reële aardlekstroom bij klasse I-apparatuur

Het te testen apparaat wordt aangesloten op de testcontactdoos. Let er wel op dat de schakelaar van het te testen apparaat wordt ingedrukt om tot een juiste meting te komen. Lees de meetwaarde af.

Apparaattester:
Bereik ca. 30 mA.

Lekstromen die bv. door ontstoringscondensatoren lopen kunnen ook een reëel gevaar vormen. Daarom wordt deze meting uitgevoerd.

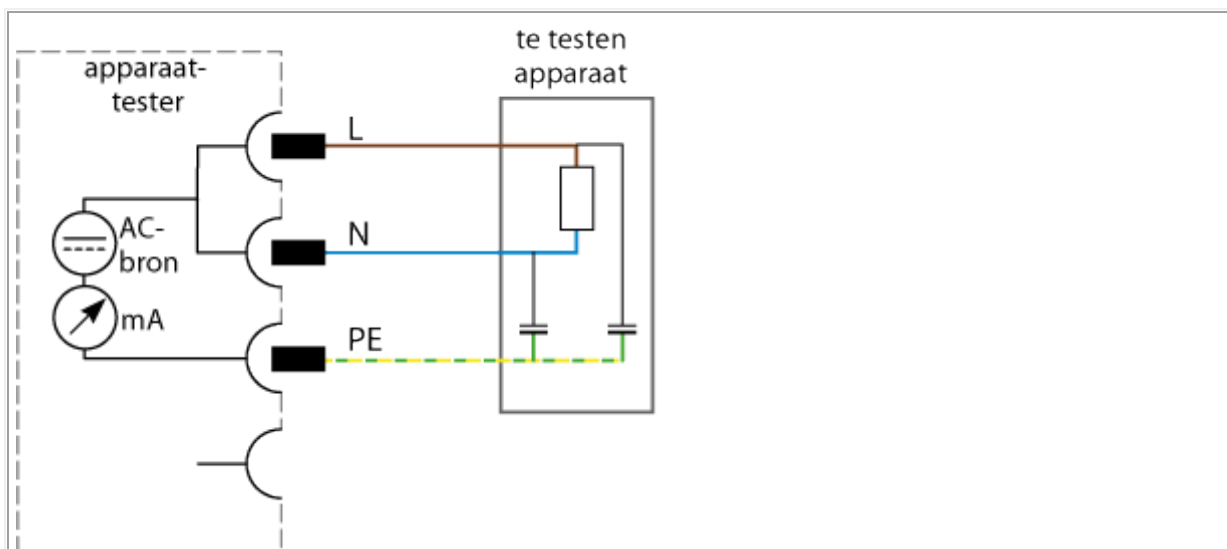
Meetwaarde ≤ 1 mA.
Bij keramische verwarmingselementen 230 V ≤ 7 mA
bij 400 V ≤ 15 mA

NEN-EN 50110
NEN 3140 1998
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

11.6 Meting van vervangende aardlekstroom bij klasse I-apparatuur (mA)

Om gevaren bij het meten te voorkomen wordt ook wel gebruik gemaakt van de meting van de vervangende aardlekstroom.



Afb. 11.6 Meting van vervangende aardlekstroom

Het te testen apparaat wordt in de testcontactdoos gestoken. Alle actieve delen worden doorverbonden in het meetinstrument en er wordt een veilige lage spanning t.o.v. de beschermingsleiding op gezet. De stroom die gaat lopen wordt gemeten.

Apparaattester:
Bereik ca. 30 mA.

De meetwaarden van de vervangende aardlekstroom zijn vrijwel altijd hoger dan die van de reële aardlekstroom.

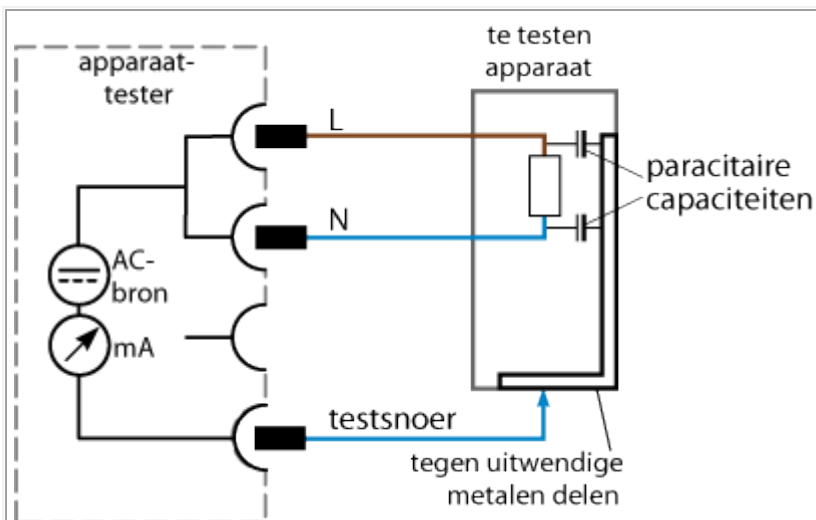
Meetwaarde ≤ 1 mA.
Bij keramische verwarmingselementen $230\text{ V} \leq 7\text{ mA}$
bij $400\text{ V} \leq 15\text{ mA}$

NEN-EN 50110
NEN 3140 1998
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt spanningsloos.

11.7 Meting van vervangende aardlekstroom bij klasse II- en III-apparatuur (mA)

Om gevaren bij het meten te voorkomen wordt ook wel gebruik gemaakt van de meting van de vervangende aardlekstroom.



Afb. 11.7 Meting van vervangende aardlekstroom

Het te testen apparaat wordt in de testcontactdoos gestoken. Alle actieve delen worden doorverbonden in het meetinstrument en er wordt een veilige lage spanning t.o.v. de beschermingsleiding op gezet. Met het testsnoer raakt men alle uitwendige metalen delen aan. De stroom die gaat lopen wordt gemeten.

Apparaattester:
Bereik ca. 30 mA.

De meetwaarden van de vervangende aardlekstroom zijn vrijwel altijd hoger dan die van de reële aardlekstroom.

Meetwaarde ≤ 1 mA

Bij keramische verwarmingselementen 230 V $\leq$ 7 mA

bij 400 V ≤ 15 mA

EN-EN 50110

NEN 3140 1998

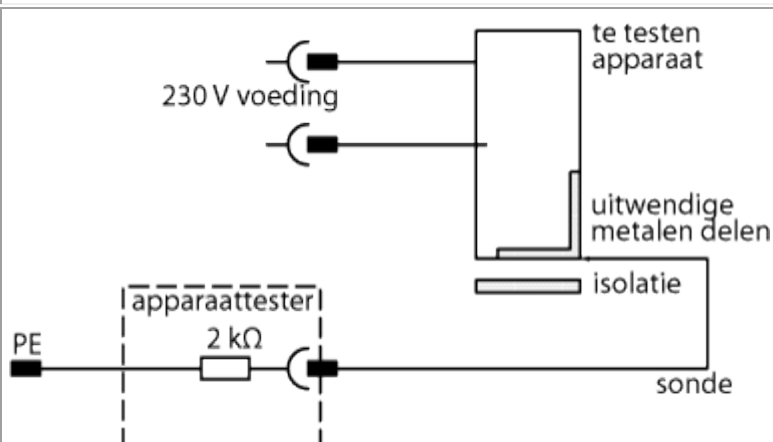
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Meting geschiedt met een veilige zeer lage spanning.

Geen

11.8 Meting van aanraakstroom bij klasse II- en III-apparatuur (mA)

Vervangende meting m.b.t. isolatiemeting van zeer gevoelige apparatuur (niet elk instrument bezit deze mogelijkheid). Alleen op instrumenten gebaseerd op VDE-normen 0701 en 0702.



Afb. 11.8 Meting van aanraakstroom

Met een meetsonde waarin zich een weerstand van 2 kΩ bevindt (stelt menselijk lichaam voor)

worden de metalen delen van gevoelige klasse II en III aangeraakt en daardoor de aanraakstroom gemeten. Als maximale waarde wordt dezelfde waarde als die van de lekstroommeting aangehouden.

Apparaattester gebaseerd op DIN VDE 0701 en 0702.
Bereik ca. 30 mA.

Te gebruiken bij zeer gevoelige elektronische apparatuur.

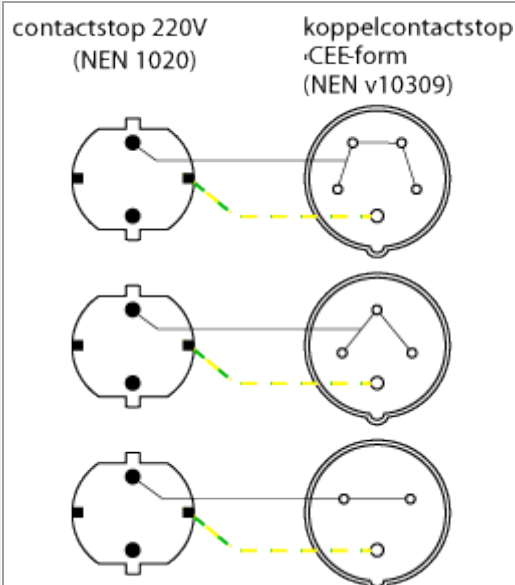
Meetwaarde ≤ 10 mA.

DIN VDE 0701 en 0702

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Meting geschiedt onder spanning.

11.9 Teststekkers

In een aantal gevallen zal men bij het testen van 3-fasenapparatuur gebruik moeten maken van zelfgemaakte teststekkers. Hieronder enkele voorbeelden



Afb. 11.9 Teststekkers voor het testen van apparaten

Let op: neem weerstand van testsnoer, door vooraf deze te meten, mee in rapportage De navolgende metingen zijn uit te voeren:

- Weerstand beschermingsleiding;
- Isolati weerstand;
- Vervangende aardlekstroom.

Voor de overige metingen is het nodig dat het apparaat op een 400 V-voeding is aangesloten.

NEN-EN 50110
NEN 3140 1998
Bepaling: 5.3.3.102.1.1

Veiligheidsmaatregelen conform NEN 3140.
Metingen geschieden deels onder spanning.

Bijlage A Benamingen installatietesters

Installatietesters gebruiken voor het aanduiden van de metingen nagenoeg geen gelijke taal. Hoewel er wel overeenkomsten zijn is er (nog) geen sprake van harmonisatie.

Een van de weinige afkortingen die door de NEN 1010 worden gehanteerd is Z_S . Dit staat voor de impedantie van de foutstroomketen. Ook de NEN-EN 61557-3 hanteert Z_S .

De NEN-EN 61557-5 (de norm voor aardingstesters) omschrijft ook benamingen, namelijk E, ES, S

en H. E staat voor de aansluiting voor de te meten aarde. ES is het contact voor het tweedraads aansluiten van de aarde of voor de meest nabijgelegen sonde bij het meten van bodemweerstand. De S is de genormaliseerde aanduiding voor het aansluiten van de sonde en de H voor het aansluiten van de hulpelektrode.

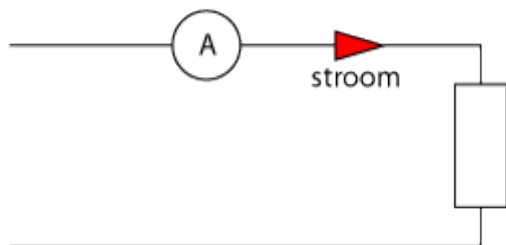
In tabel A.1 is een overzicht geplaatst waarin de door installatietesters gebruikte benaming worden verklaard.

Tabel A.1 Benamingen van verschillende merken installatietesters

Aanduidingen installatietesters	M5010/Profitec	Chauvin Arnoux	Fluke	Megger	Nieaf CMB S	Nieaf Euro test	HT Italia
Isolatiweerstand	R_{ISO}	Insulation R_{L-PE}/R_{L-N-PE}	R_{ISO}	$M\Omega$	R_{ISO}	$R_{INSULATION}$	R_{ISO}
Impedantie foutstroomketen Z_S L-PE	$R_{SCHL} + Z_{SCHL}$	Z_S	Z_I	LOOP	Z_{LOOP}	Z_{LOOP}	LOOP
Impedantie foutstroomketen Z_S L-N	R_I	Z_I	Z_I	LOOP	Z_{LINE}	Z_{LINE}	LOOP
Laagohmige weerstand	R_{LO}	R	R_{LO}	Ω	R	$R_{CONTINUITY}$	LOW
Weerstand naar aarde	R_a	R_a	R_e	*2	*2	R	EARTH
Aardlekschakelaar	$I_{\Delta N}$ xx mA	RCD - FI	$\Delta T, I_{\Delta N}$	RCD	ALS test	RCD	RCD
Fasevolgorde	Submenu onder U_{L-PE}	PHASES	PHASE ROTATION	*1	*1	Locator	LOOP
RCD - Residential Current Device (aardlekschakelaar) FI - Fehlerstrom Schutz Einrichtung (aardlekschakelaar) ALS - Aardlekschakelaar *1 - functie niet aanwezig *2 - niet bekend							

Bijlage B Stroommeetprincipes

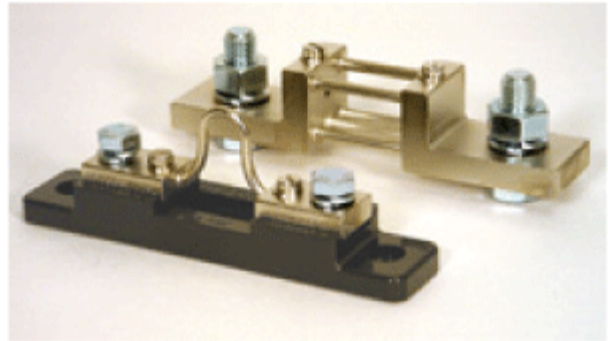
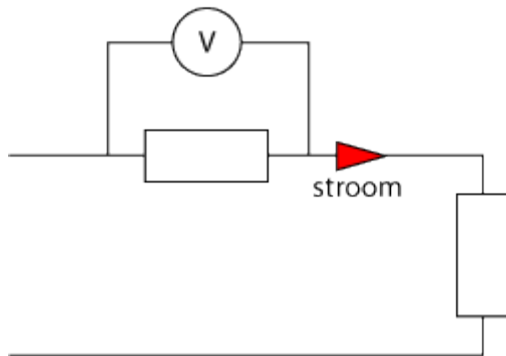
Deze bijlage informeert over het meten met stroomtangen, stroomtrafo's, kortsluitklemmen en shunts.



Afb. B.1 Stroommeting

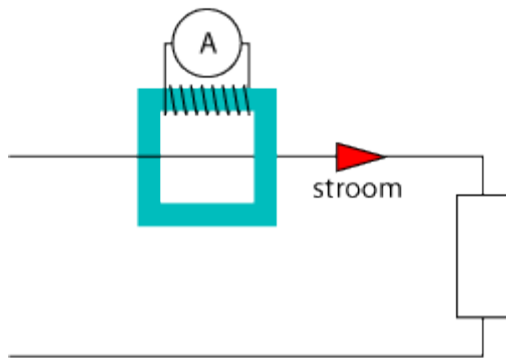
In het hierboven afgebeelde schema staat de meest primaire vorm van het meten van stroom geschetst: directe stroommeting. De ampèremeter is opgenomen in de stroomkring en de stroom gaat dus door het meetinstrument. In de praktijk is deze meting alleen voor relatief kleine stromen

geschikt. De directe meting wordt afgeraden vanwege het moeten onderbreken van de stroomkring, de veiligheid en het mogelijk aanspreken van de zekeringen van het meetinstrument. Voordeel is de nauwkeurigheid.



Afb. B.2 Stroommeting met meetshunts

Om de stroomkring niet te onderbreken worden meetshunts toegepast. De shuntweerstand voert de stroom en creëert een spanningsval. De hoogohmige voltmeter meet de spanning en de stroom is te herleiden op basis van de overzetverhouding. Het meten door middel van een shunt is een nauwkeurige omzetting zonder fasefout in een breed frequentiegebied als ook gelijkstroom.

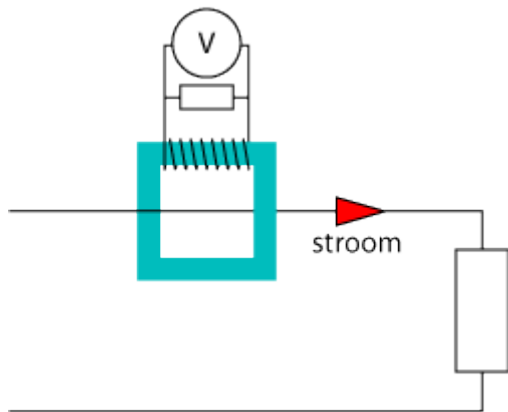


Afb. B.3 Stroommeting met een stroomtransformator

Wisselstromen kunnen gemeten worden door middel van een stroomtransformator. Ook stroomtangen (voor bijvoorbeeld multimeters) maken veelal van dit principe gebruik. Het grote nadeel van dit meetprincipe is de kwetsbaarheid. Wanneer er aan de secundaire kant van de transformator geen stroom kan lopen en er wel een stroom aan de primaire zijde loopt, wordt de energie omgezet in warmte waardoor de stroomtransformator defect raakt. Volgens IEC 185 gebouwde stroomtransformatoren moeten één minuut bestand zijn tegen een open secundair circuit.

Vanwege deze situatie worden stroomtransformatoren bij voorkeur bedraad via kortsluitklemmen. Hierdoor kan een secundair aangesloten toestel toch worden gedemonteerd terwijl de primaire stroom niet afgeschakeld hoeft te worden.

De waarschuwing geldt niet alleen voor vast aangesloten stroomtransformatoren. Ook stroomtangen met een stroomuitgang hebben last van warmte als ze hun energie niet kwijt kunnen. Sluit dus nooit stroomtangen aan op een stroomvoerende geleider zonder vooraf het secundaire circuit getest te hebben.



Afb. B.4 Stroommeting met een stroomtang

Bij een stroomtang met een spanningsuitgang is in het secundaire circuit een shunt opgenomen. Hierdoor zal er altijd een stroom kunnen lopen. Het risico op onbelast aansluiten wordt hiermee uitgesloten

Bijlage C Tabellen en overige gegevens

Deze tabellen zijn geheugensteuntjes of aanvullende informatie om verkregen meetresultaten te kunnen beoordelen. Bij de meetinstructies zijn, waar van toepassing, ook de bepalingen of tabellen uit de NEN 1010:2007 + C1:2008. aangegeven.

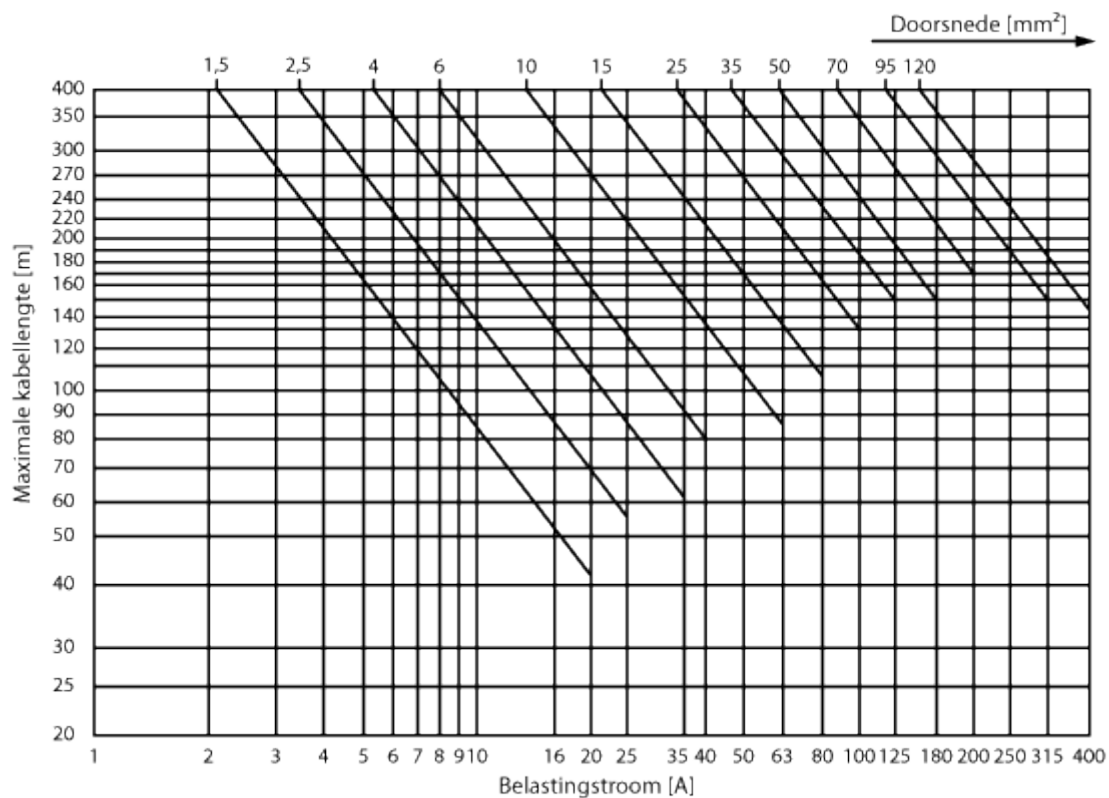
Tabel C.1 Maximale uitschakeltijden van beveiligingen in TT- en TN-stelsels (conform tabel 41A NEN 1010 wisselspanning)

Stelsel	$50 \text{ V} < U_0 \leq 120 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$	$230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$	$U_0 > 400 \text{ V}$
TN	0,8 s	0,4 s	0,2 s	0,1 s
TT	0,3 s	0,2 s	0,07 s	0,04 s

Indien de uitschakeling in TT-stelsels door een beveiligingstoestel tegen overstroom plaatsvindt en de beschermende vereffeningleiding is verbonden met alle vreemdgeleidende delen binnen de installatie mogen de maximale uitschakeltijden worden toegepast die gelden voor TN-stelsels.

U_0 is de nominale spanning ten opzichte van aarde

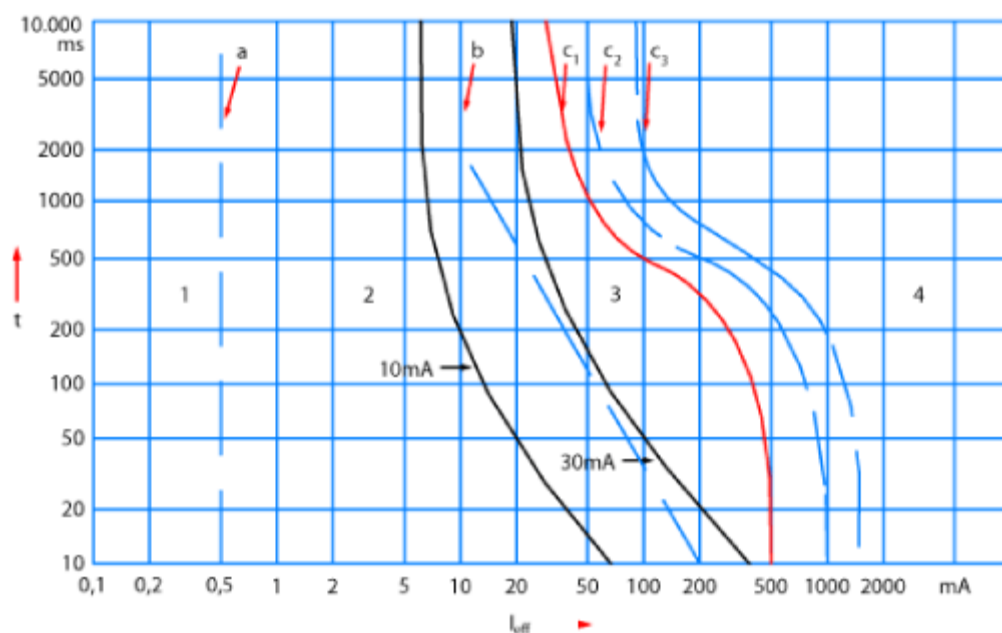
Toelichting: Indien uitschakeling geschied door een toestel voor aardlekbeveiligingen wordt verwezen naar de toelichting bij 411.4.4 bij 411.5.3 en bij 411.6.4b



Afb. C.1 Bepalen van het spanningsverlies

Tabel C.2 Lekstromen (in mA) en reactie van gewone en kortvertraagde aardlekschakelaars

Nominale waarde van aardlekschakelaar					Reactie
10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	500 mA	
≤ 7,5	≤ 15	≤ 50	≤ 150	≤ 250	Moet uitschakelen $t \leq 300$ ms
10	30	100	300	500	Moet uitschakelen $t \leq 150$ ms
20	60	200	600	1000	Moet uitschakelen $t \leq 300$ ms
≥ 50	≥ 150	≥ 500	≥ 1500	≥ 2500	Moet uitschakelen $t \leq 40$ ms



Afb. C.2 Toelaatbare stroom door het menselijk lichaam

Curve C1 geeft de maximaal toelaatbare stroom door het menselijk lichaam weer

Tabel C.3 Waarden van de impedantie van de foutstroomketen bij verschillende beveiligingen

I _{nom}	Diazed patronen			Installatieautomaten								
A	snel	traag	gG	B	C/G	D	K	L	U	MA	A/R	Z
6	7,2	4	5,3	7,6	3,8	1,9	3,2	7,3	3,2	3,1	12,7	10,6
10	4,3	2,4	3,2	4,6	2,3	1,1	1,6	4,4	1,9	1,9	7,6	6,3
16	2,7	1,5	2,0	2,8	1,4	0,7	1	2,9	1,2	1,1	4,7	3,9
20	2,2	1,2	1,6	2,3	1,1	0,5	0,8	2,3	1	0,9	3,8	3,1
25	1,7	1,0	1,3	1,8	0,9	0,4	0,6	1,8	0,8	0,7	3	2,5
35/32	1,2	0,7	0,9	1,4	0,7	0,3	0,5	1,6	0,6	0,5	2,3	1,9
40	-	-	-	1,1	0,5	0,2	0,4	1,3	0,5	0,4	1,9	1,5
50	0,9	0,5	0,6	0,9	0,4	0,2	-	1,0	0,4	0,3	-	-
63	0,7	0,4	0,5	0,7	0,3	0,1	-	0,8	0,3	0,3	-	-

Tabel C.4 Grenzen van de elektromagnetische uitschakeling van installatieautomaten

Type karakteristiek	Elektromagnetische ondergrens	Elektromagnetische bovengrens
L-karakteristiek	3 I.n	4,8 I.n
U-karakteristiek	4,8 I.n	11,2 I.n
B-karakteristiek	3 I.n	5 I.n
C-karakteristiek	5 I.n	10 I.n
D-karakteristiek	10.I.n	20.I.n

Tabel C.5 Minimumwaarden van de isolatieweerstand in installaties

Stroomketen	Uk (klemspanning meetinstrument)	R _{iso}
-------------	----------------------------------	------------------

SELV en PELV-ketens	250 V	$\geq 0,5 \text{ M}\Omega$
$\leq 500\text{V}$ met inbegrip van FELV-ketens	500 V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$
$> 500\text{V}$	1000 V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$
Opmerking: Bij installaties geïnstalleerd voor NEN 1010 2007 mag ook de waarde $1.000 \text{ }\Omega/\text{V}$ worden aangehouden		

Tabel C.6 Temperatuurgrenzen tijdens normaal bedrijf van aanraakbare delen van elektrisch materieel binnen handbereik. conform NEN 1010

Aanraakbare delen	Materiaal van aanraakbare delen	Hoogste temperatuur in °C
Handbediende bedieningsorganen	Metaal Niet-metaal	55 65
Delen die worden aangeraakt maar niet vastgehouden	Metaal Niet-metaal	70 80
Delen die bij normaal bedrijf niet behoeven worden vastgehouden	Metaal Niet-metaal	80 90
Voorbeelden van elektrisch materieel waarvoor specifieke normen van toepassing zijn en die een hogere temperatuur kunnen bereiken zijn: gloeilampen, kook- en verwarmingstoestellen en delen van verbruikende toestellen die zichtbaar gloeien		

Tabel C.7 Toegestane temperatuurstijging t.o.v. de omgevingstemperatuur van aansluitingen volgens NEN-EN 60947-1

Omschrijving	Toegestane temperatuurstijging
Blank koperen aansluitingen	60 °C
Blank messing aansluitingen	65 °C
Vertind koperen of messing aansluitingen	65 °C
Verzilverd koperen of messing aansluitingen	70 °C
Andere materialen	65 °C

Tabel C.8 Toegestane bedrijfstemperaturen van isolatiematerialen volgens NEN 1010

Materiaal	Toegestane temperatuur
Gevulkaniseerd rubber	60 °C
Polyvinylchloride (PVC)	70 °C
Vernet Polyethyleen (XLPE)	90 °C
Etheenpropeenrubber (EPR)	90 °C
Mineraal (aanraakbaar)	70 °C
Mineraal (niet aanraakbaar)	105 °C
1 De temperatuur gemeten aan de kern van de geleider of van de metalen mantel.	

Tabel C.9 Lengte aansluitsnoer van arbeidsmiddelen in relatie tot aderdoorsnede

Lengte leiding (mrt)	Aderdoorsnede beschermingsleiding					
	$\leq 1,5 \text{ mm}^2$	$2,5 \text{ mm}^2$	4 mm^2	6 mm^2	10 mm^2	Waarde

2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	Ω
5	0,30	0,25	0,20	0,20	0,20	Ω
10	0,40	0,30	0,20	0,20	0,20	Ω
15	0,50	0,35	0,25	0,20	0,20	Ω
20	0,60	0,40	0,30	0,25	0,20	Ω
25	0,70	0,45	0,35	0,25	0,20	Ω
30	0,80	0,50	0,40	0,25	0,20	Ω
35	0,90	0,55	0,45	0,30	0,20	Ω
40	1,00	0,60	0,50	0,30	0,20	Ω
45	1,00	0,65	0,55	0,30	0,20	Ω
50	1,00	0,70	0,60	0,35	0,20	Ω
55	1,00	0,75	0,65	0,35	0,25	Ω
60	1,00	0,80	0,70	0,35	0,25	Ω
65	1,00	0,85	0,75	0,40	0,25	Ω
70	1,00	0,90	0,80	0,40	0,25	Ω
75	1,00	0,95	0,85	0,40	0,25	Ω
80	1,00	1,00	0,90	0,45	0,25	Ω
85	1,00	1,00	0,95	0,45	0,30	Ω
90	1,00	1,00	1,00	0,45	0,30	Ω
95	1,00	1,00	1,00	0,50	0,30	Ω
100	1,00	1,00	1,00	0,50	0,30	Ω

(Bij grotere aderdoorsneden berekenen) NEN-EN 50110-NEN3140 1998 bepaling: 5.3.3.102.1.1

Tabel C.10 Minimale isolatieweerstand arbeidsmiddelen

Beschermingsklasse	Isolatieweerstand
Klasse I	1 MΩ
Klasse II	2 MΩ
Klasse III	0,5 MΩ

Enkele emissiefactoren

Vermelde waarden zijn indicatief. Bij zeer nauwkeurige metingen wordt de emissie vastgesteld op de volgende wijze. Men plakt een stuk zwarte tape op het te meten object, stelt de emissie in op 0,95, en bepaalt de temperatuur. Daarna richt men de camera naast de zwarte tape op het te meten object en draait net zo lang met de emissie-instelknop op de camera tot men dezelfde temperatuur meet als op het zwarte vlak. De waarde die men afleest op de emissie-instelling op het scherm is dan de juiste emissiewaarde.

Tabel C.11 Emissiefactoren thermografie

		Golflengte (μm)	T (°C)	Emissiviteit (e)
Aluminium	folie		20	0.04
	verweerd		20	0.83-0.94

Koper	gepolijst		100	0.05
	gepolijst		20	0,031
	geoxideerd		20	0.78
IJzer	geoxideerd		100	0.64
	geroest		20	0.69-0.96
Roestvrij Staal	gepolijst		20	0.16
	geoxideerd		60	0.85
Staal	gepolijst		100	0.07
	geoxideerd		200	0.79
Rubber			35	0,95
Isolatietape Zwart	glanzend		35	0,97
Isolatietape Zwart	dof		35	0,95
Rood oppervlak			20	0,76
Wit oppervlak			20	0,90
Blauw oppervlak			20	0,90
Zwart oppervlak			20	0,95
Geel oppervlak			20	0,72
Groen oppervlak			20	0,85