

Tekst: Ignacio Molina – Conseiller en technologie

Versie: 05/2025

Geaarde netsystemen

Ten eerste zullen we het in de toekomst hebben over “geaarde netsystemen” in plaats van “aardverbindingssystemen”. Een nieuw Koninklijk Besluit dat bepaalde delen van Boeken 1 en 2 van het AREI wijzigd, zal deze vervanging in de volgende versie vermelden. Herinnering: Waarom aarden?

Bij de beschermingsmaatregelen tegen elektrische schokken, moet een onderscheid worden gemaakt tussen:

- Beschermingsmaatregelen tegen RECHTSTREEKSE AANRAKING, bieden bescherming tegen het aanraken van de actieve delen van een installatie. Bijvoorbeeld, om rechtstreekse aanraking met een geleider of klem onder spanning te vermijden, wordt deze aanraking onmogelijk of moeilijk gemaakt door middel van omhulsels, isolatie, verwijdering of hindernissen.
- Beschermingsmaatregelen tegen ONRECHTSTREEKSE AANRAKING, bieden bij een isolatiefout in klasse verbruikerstoestellen waardoor massa's onder spanning komen te staan. Bijvoorbeeld, een geleider in een wasmachine is als gevolg van herhaalde trillingen losgeraakt uit zijn aansluitklem en komt in aanraking met de metalen massa van de machine. Wanneer de gebruiker zijn was in de wasmachine plaatst, raakt hij deze metalen massa aan en riskeert een elektrische schok.



Deze elektrische schok zal meer of minder hevig zijn, afhankelijk van de toestand van de huid van de gebruiker (droog of nat) en de aanraking met de aarde (blootsvoets of schoenen met isolerende zolen). Deze elektrische schok kan dodelijk zijn, in dat geval spreken we van elektrocutie! De aardingsinstallatie is daarom een essentiële actieve bescherming tegen onrechtstreekse aanraking bij elke machine of apparaat met een enkel elektrisch geleidend beschermend omhulsel. Dit wordt een Klasse I verbruikstoestel genoemd. Alle Klasse I apparatuur op laagspanning, in een elektrische installatie moet worden geaard, tenzij er een veiligheidsscheiding van stroombanen wordt toegepast. De veiligheidsscheiding van de stroombanen als passieve bescherming is niet het onderwerp van dit artikel. Geaarde netsystemen zijn actieve beschermingsmiddelen met automatische onderbreking van de voeding en eventuele verwittiging. Hier komt het type geaarde netsysteem in beeld, omdat dit bepaalt welk(e) type(n) actieve bescherming(en) moet(en) worden geïnstalleerd en hoe deze in de elektrische installatie moet(en) worden geplaatst om effectieve bescherming te bieden tegen elektrische schokken bij onrechtstreekse aanraking.

De volgende typen geaarde netsystemen worden in het AREI in aanmerking genomen:

- het TT-netsysteem;
- het TN-netsysteem met zijn drie varianten (TN-S, TN-C en TN-C-S);
- het IT-netsysteem.

Wanneer een punt van het net rechtstreeks of onrechtstreeks wordt geaard, wordt het nulpunt bij voorkeur geaard.

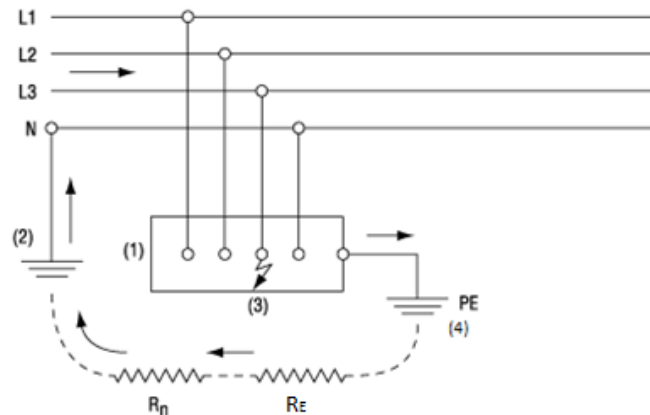
In sommige netsystemen is er geen nulgeleider of is dit punt niet verdeeld. In dit geval wordt een lijngeleider geaard. Waarom heb ik het over “lijngeleider” en niet over “fase”? Met dit nieuwe Koninklijk Besluit is het woord

“fase” vervangen door “lijngeleider”. We spreken bijvoorbeeld niet meer van “tussen fase en aarde”, maar van “tussen lijngeleider en aarde”.

TT-netsysteem

In huishoudelijke installaties bestaat de overgrote meerderheid van de netsystemen uit een TT-netsysteem.

In de overgrote meerderheid van de gevallen heeft de nulgeleider van de voedingstransformator van de DNB (Distributienetbeheerder) een plaatselijke aarding. Daar mogen wij niet aan komen, het is eigendom van de DNB. En aan de installatiezijde zijn alle massa's voorzien van aarding via geel/groene beschermingsgeleiders. Dit is wat er gebeurt bij een isolatiefout of, met andere woorden, wanneer een actief deel van de installatie per ongeluk een massa raakt:



Het actieve deel raakt de massa van het apparaat of de machine (3). De stroom gaat door de massa (1) en stroomt door de aardverbinding van de massa (4) naar de aardverbinding van de transformator van het net die de installatie voedt (2). We hebben dus een gesloten kring. Laten we de wet van Ohm toepassen:

$$I = U / (R_n + R_E) = 230 / 33 = 6,97A$$

Als de weerstand van de aardverbinding van de massa RE (4) 30Ω is en die van de voeding Rn (2) 3Ω, met een L3-N spanning van 230VAC, zullen we een foutstroom van 6,97A hebben, wat niet genoeg is om de vermogensschakelaar uit te schakelen. De spanning op de massa (3) zal dan $30 \Omega \times 6,97A = 209,1 V$ zijn. Deze spanning is uiteraard gevaarlijk voor mensen die het risico lopen de onder spanning staande massa aan te raken. De stroombaan moet worden uitgeschakeld. De uitschakeling moet plaatsvinden binnen een tijd die wordt aangegeven door de relatieve conventionele grensspanning (zie Tabel 2.4. Relatieve conventionele grensspanning UL(t) van het AREI Boek 1.

Daarom is een differentieel (of beter gezegd, differentieelstroombeschermingsinrichting) essentieel om de aardfoutstroom te detecteren. Afhankelijk van de gevoeligheid zal de differentieel bij 10mA, 30mA, 300mA; of meer uitschakelen in niet-huishoudelijke installaties. In niet-huishoudelijke installaties worden vaak andere netsystemen gebruikt, met name:

Het TN-netsysteem

Bij TN-netsysteem is één punt van de voeding, meestal N, rechtstreeks met de aarde verbonden. En de massa's van de installatie zijn verbonden met dit punt door PE-beschermingsgeleiders.

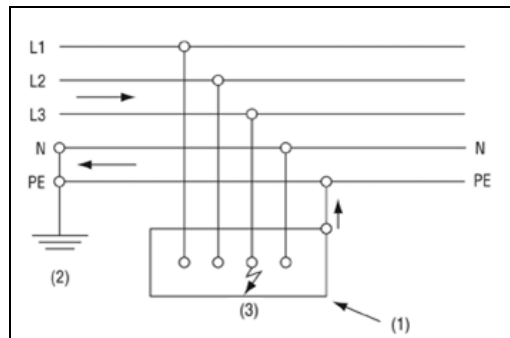
In het geval van een isolatiefout (3) hebben we onmiddellijk een kortsluiting. Hierdoor wordt normaal gesproken de vermogensschakelaar uitgeschakeld die de stroombaan beschermt tegen te hoge stromen. We kunnen hieruit afleiden dat voor een TN-netsysteem een vermogensschakelaar voldoende moet zijn om de installatie af te screenen tegen onrechtstreekse aanraking. Pas echter op voor installaties met lange leidingen.

Het risico bestaat dat de impedantie van de geleider te hoog is om een voldoende grote foutstroom te veroorzaken die de vermogensschakelaar magnetisch (ogenblikkelijk) laat uitschakelen. De vermogensschakelaar zou dan niet meer kunnen uitschakelen binnen de (zeer korte) tijd die het AREI vereist. Daarom moeten kortsluitberekeningen worden gemaakt tijdens het ontwerp en deze moeten ook voorgelegd worden aan het erkende organisme tijdens de keuring van de installatie. Voor installaties met lange leidingen is het vaak nodig om gebruik te maken van een

differentieelautomaat. We herinneren eraan dat voor huishoudelijke installaties het altijd verplicht is om de differentieel aan de kop van de installatie te plaatsen.

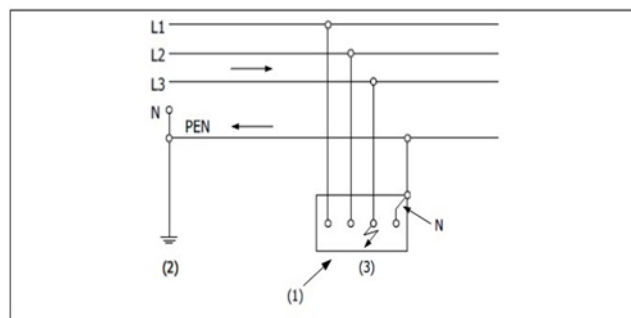
In deze TN-netsystemen hebben we:

- Het TN-S-netsysteem, (zie figuur 1) waarbij de Ngeleider en de PE beschermingsgeleider gescheiden zijn.



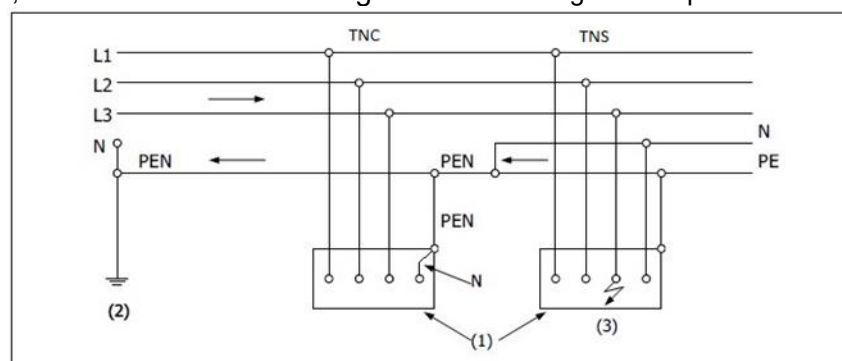
Figuur 1: foutlus in een TN-S-netsysteem

- Het TN-C-netsysteem, (zie figuur 2) waarbij de beschermingsgeleider en de nulgeleider één enkele geleider vormen, wordt PEN genoemd. Hij moet een doorsnede hebben van minstens 10mm² voor koper of 16mm² voor aluminium. Dit netsysteem is verboden in huishoudelijke installaties, in de gemeenschappelijke delen van een residentieel geheel en in niet-huishoudelijke installaties zonder ervaren (BA4) of gekwalificeerd (BA5) personeel;



Figuur 2: foutlus in een TN-C-netsysteem

- Het TN-C-S-netsysteem (zie figuur 3) is dicht bij de bron een TN-C is en is dus voorzien van een PEN. Verderop in de installatie wordt het opgesplitst volgens de twee functies van N-geleider en PE-geleider. Eenmaal gesplitst, is het verboden om de PE-geleider en de N-geleider opnieuw te verbinden.

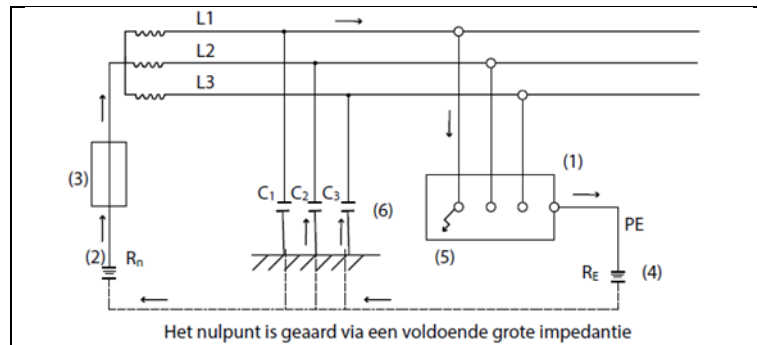


Figuur 3: foutlus in een TN-C-S-netsysteem

Het IT-netsysteem

Het speciale kenmerk van het IT-netsysteem is dat de bron (transformator, omvormer, ...) niet verbonden is met de aarde of verbonden is via een hoge impedantie. De massa's van de installatie zijn echter voorzien van een correcte aarding. Het voordeel van dit netsysteem is dat bij een 1e fout de foutstroom zo laag is dat deze niet als gevaarlijk

wordt beschouwd. Dit netsysteem wordt vaak gebruikt in installaties die absoluut moeten blijven functioneren, zelfs in het geval van een fout in de aarding, zoals medische operatiekamers, datacenters, enz. Zie figuur 4.

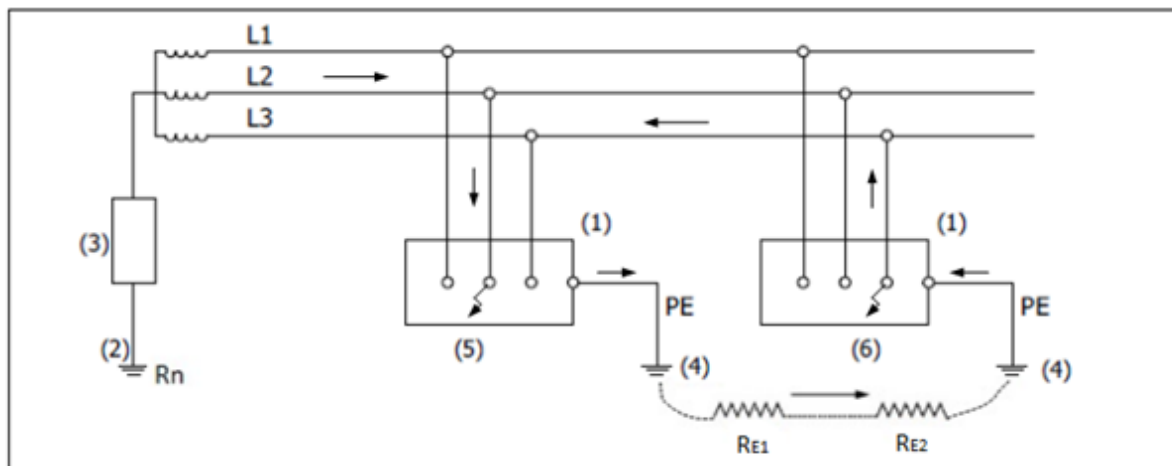


Figuur 4: 1^e foutlus in een IT-netsysteem met impedantie

Laten we terugkeren naar dezelfde analyse als voor het TT-netsysteem en het fenomeen in IT bekijken. In geval van een fout zal het actieve deel de massa van het apparaat of de machine raken (5). De stroom gaat door de massa (1) en stroomt door de aardverbinding RE via de beschermingsgeleider (4) naar de aardverbinding Rn van de transformator die de installatie voedt (2). Maar in dit geval vinden we een weerstand met een grote waarde (3) in ons pad. We hebben dus een gesloten kring. Laten we de wet van Ohm toepassen:

$$I = U / (R_n + R_E) = 230 / 10033 = 0,023A, \text{ of } 23mA$$

Als de weerstand van de plaatselijke aarde RE (4) 30Ω is en die tussen de voeding en aardverbinding Rn (2) 3Ω + de grote weerstand van 10000Ω (3), met een lijnspanning van 230VAC, zullen we een foutstroom van 23mA hebben, die niet als gevaarlijk wordt beschouwd. Ondanks de fout kan het systeem zonder problemen blijven werken. Het probleem is dat als er een 2^e fout optreedt, de configuratie volledig verandert. De lekstroom zal een andere weg vinden en zijn waarde zal gevaarlijk zijn bij deze 2^e fout. De configuratie wordt weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: lus medt 2 gelijktijdige fouten in IT-netsysteem (massa's niet onderling verbonden) OF IT-netsysteem (twee massa- of aardfouten met verbonden massa's)

Laten we terugkeren naar dezelfde analyse. Het actieve deel raakt dus de massa van het apparaat of de machine (5). De stroom zal door de massa (1) vloeien, maar in dit geval zal de stroom de weg met de laagste weerstand kiezen en door de aardverbinding (4) gaan via de plaatselijke weerstanden RE1 en RE2, die elk een waarde van 30 Ω hebben. Dezelve stroom gaat door de 2^e massa- of aardfout (6) om de kring te sluiten. Laten we de wet van Ohm toepassen:

$$I = U / (R_{E1} + R_{E2}) = 400 / 60 = 6,7A$$

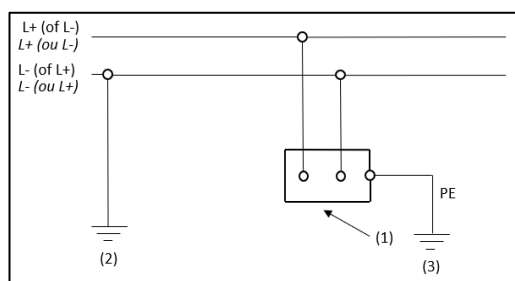
De spanning is hier niet langer 230VAC maar 400VAC, aangezien deze door twee spoelen in de transformator gaat. Daarom is het essentieel om de fout op te sporen, zodra de 1^e fout optreedt. Om dit te doen, gebruiken we

over het algemeen een apparaat dat IMD heet, een afkorting voor permanente isolatiebewaking (volgens de afkorting in het Engels IMD - Isolation Monitoring Device). Dit apparaat zendt een door de gebruiker te definiëren signaal uit (geluid, licht, bellen, sms, tekstbericht, enz..) zodra het een fout in de isolatie van de installatie detecteert.

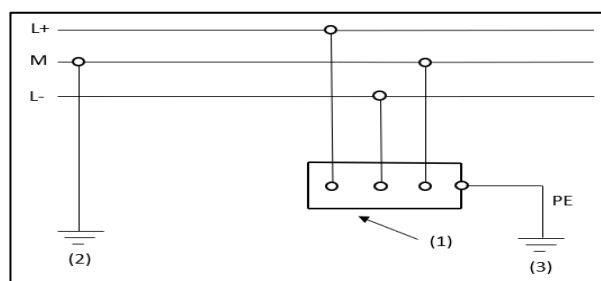
Als de continuïteit van de activiteiten moet worden gegarandeerd (medische operatiekamers, datacenter, ...), worden de aanwezige verantwoordelijke technici op de hoogte gebracht en nemen zij de nodige maatregelen om de fouten te verhelpen. In dit geval vereist het IT-netsysteem de aanwezigheid van BA4 (ervaren) of BA5 (gekwalficeerd) personeel. Deze vereiste is niet expliciet vastgelegd in het AREI, maar vanaf de 1e fout wordt bepaald dat “de nodige maatregelen moeten worden genomen om deze fouten te onderzoeken en te verhelpen”. Als de continuïteit van de activiteiten niet absoluut noodzakelijk zijn, kan automatische uitschakeling noodzakelijk zijn.

Geaarde netsystemen voor gelijkstroom (DC)

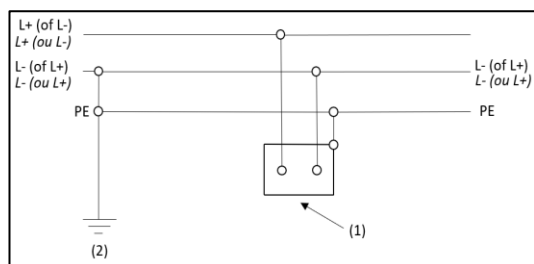
Geaarde netsystemen voor gelijkstroom zullen ook aan het AREI worden toegevoegd. Hopelijk gebeurt dit nog in 2025. Het speciale kenmerk van netsystemen voor gelijkstroom (DC) is dat er DC-netsystemen zijn met 2 actieve geleiders, L+ en L-, maar ook met 3 actieve geleiders, L+, L- en de M-geleider die met het middelpunt is verbonden. Hieronder volgen een paar voorbeelden:



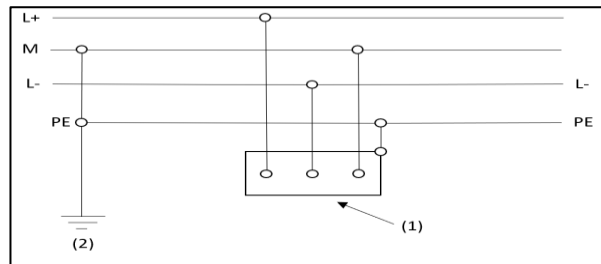
TT-netsysteem met twee geleiders



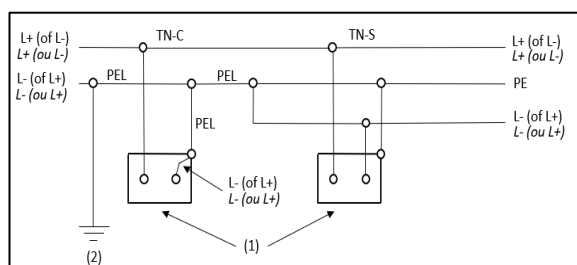
TT-netsysteem met drie actieve geleiders



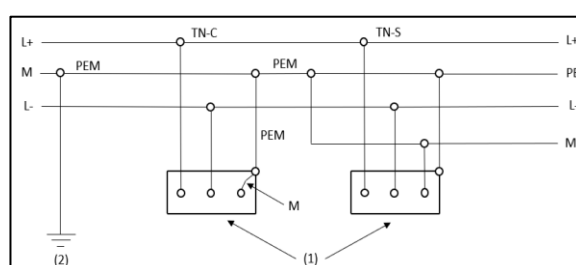
TN-S-netsysteem met twee actieve geleiders



TN-S-netsysteem met drie actieve geleiders



TN-C-S-netsysteem et twee actieve geleiders



TN-C-S-netsysteem met drie actieve geleiders

De informatie in dit artikel is accuraat op moment van publicatie en is gebaseerd op de wetgeving en stand van de technologie op dat moment.
