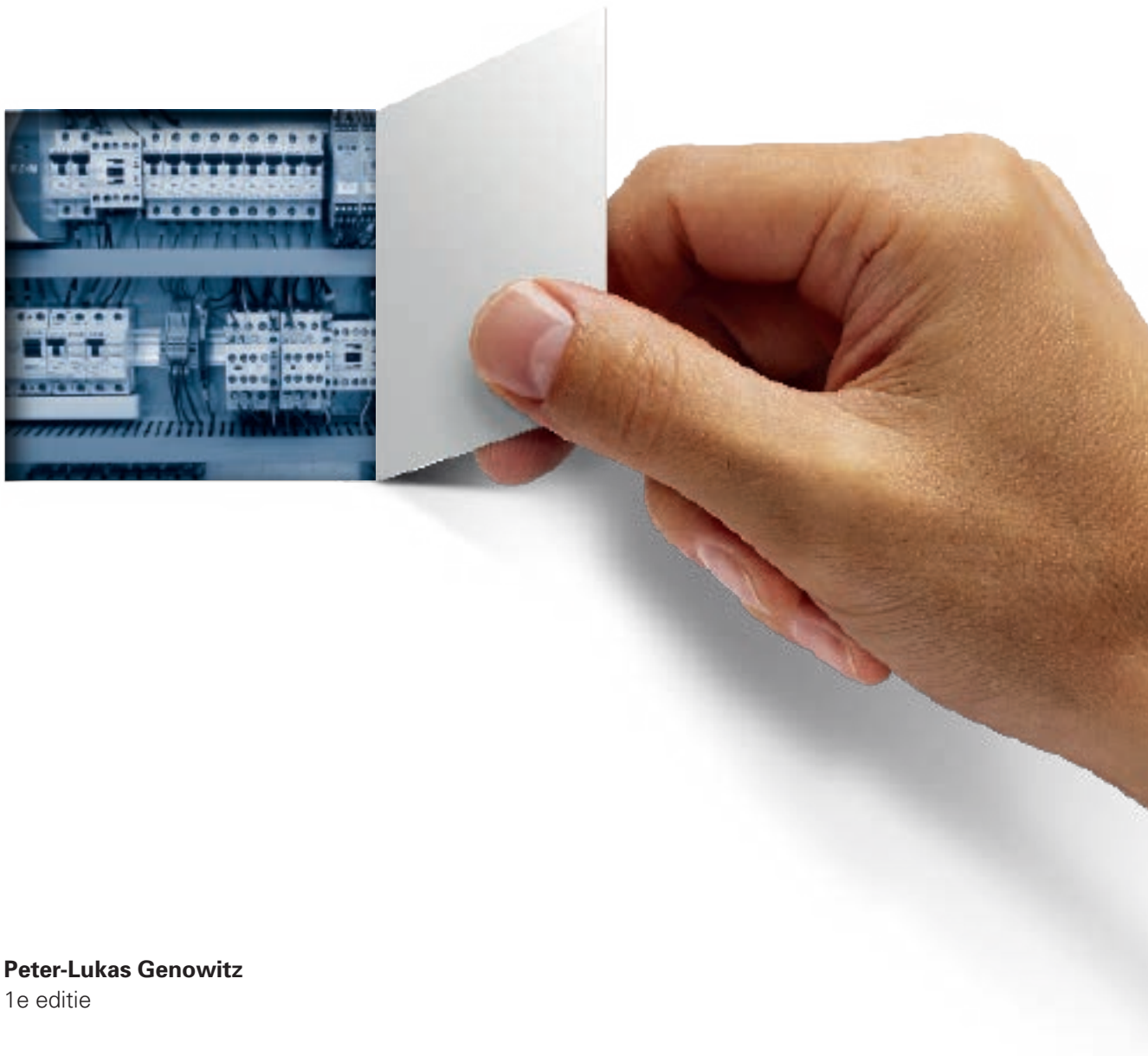


Personen en machines beschermen tegen schadelijke foutstromen

Build it in.



Peter-Lukas Genowitz
1e editie



Powering Business Worldwide



Personen en machines beschermen tegen schadelijke foutstromen

Omdat de technische grenzen continu worden verlegd in een veranderende markt, zijn machinebouwers op zoek naar oplossingen die hen en hun productiekanten helpen om sneller, efficiënter en goedkoper te produceren. Producerende eindgebruikers verwachten kortere levenscycli van producten; dit legt druk op machinebouwers om uiterst specifieke, op maat gemaakte machines te ontwerpen en te ontwikkelen die klanten geven wat ze nodig hebben in termen van prestaties, energie-efficiëntie en betrouwbaarheid.

Machinebouwers hebben tegenwoordig te maken met een verhoogde druk, niet alleen om aan deze doelstellingen te voldoen maar ook om apparatuur te ontwikkelen die uitermate betrouwbaar is en om tegelijkertijd een hoge mate van veiligheid voor de operator te verzekeren. Het is ook essentieel dat dergelijke bouwers zich realiseren dat het belangrijk is om de elektrische fouten die een impact kunnen hebben op de machines en het productieproces, grondig te begrijpen. Lekstromen kunnen worden veroorzaakt door storingen die optreden in een elektrisch circuit. Ze kunnen schadelijke effecten hebben op het menselijk lichaam, waaronder een hartstilstand of erger, en kunnen leiden tot machinestoringen, wat een invloed heeft op het resultaat. Ze kunnen ook leiden tot brand.

Het balanceren van alle vereisten voor circuitbescherming is een kunst en wordt steeds moeilijker, vooral als in-house expertise in circuitbescherming steeds schaarser wordt, wat vooral te wijten is aan kleinere technische teams. Eindgebruikers zowel als machinebouwers vragen om meer hulp van hun leveranciers en er is een groeiende trend om samenwerkingen aan te gaan met leveranciers die beschikken over een volledige systeemexpertise en een wereldwijde adviserende vertegenwoordiging.

Aangezien machinebouwers wereldwijd apparatuur exporteren en leveren, moeten ze er bovendien van worden verzekerd dat hun machines en onderdelen voldoen aan de verschillende internatio-

nale normen en voorschriften. Samenwerking met een partner die de algemene vereisten begrijpt en een product levert dat voldoet aan de relevante normen betekent dat de machines geschikt zullen zijn voor hun beoogd gebruik.

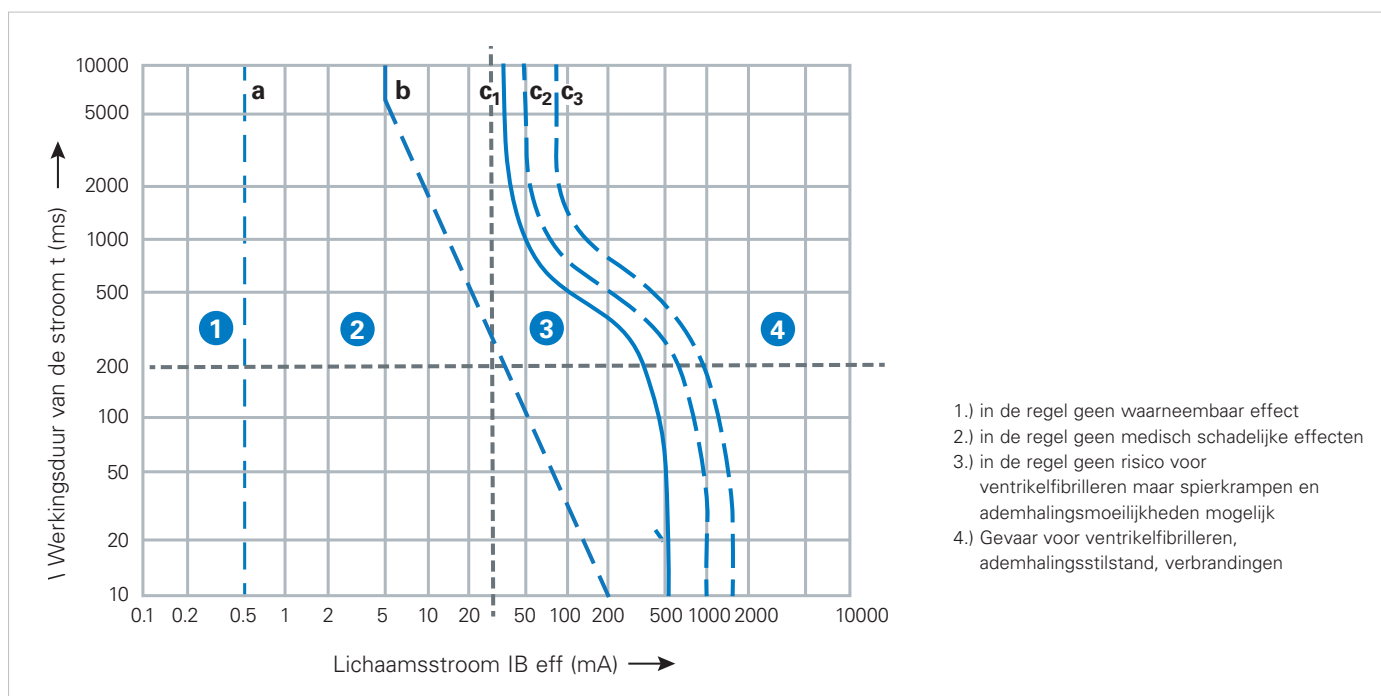
In deze whitepaper bespreekt Peter-Lukas Genowitz, Product Manager Aardlekschakelaars bij Eaton, de schadelijke effecten van stroom op het menselijk lichaam, de werking van aardlekbeveiligingscomponenten, hun installatie en hun rol binnen de algehele circuitbeveiliging. Dit is de eerste van drie whitepapers over het onderwerp lekstroom.

Inleiding

Reststromen of lekstromen kunnen ontstaan om diverse redenen en kunnen verschillende vormen aannemen. Binnen de context van machineontwerp is de grootste uitdaging het definiëren van de mogelijke vormen van lekstromen die zich kunnen voordoen tijdens normaal bedrijf en tijdens een storing. Het waarborgen van een veilige stroomuitschakeling in het geval van een storing is absoluut essentieel om operatoren en activa te beschermen tegen het gevaar van elektrische schokken of brand; tegelijkertijd moet ongewenst uitschakelen gerelateerd aan door het systeem veroorzaakte foutstromen worden voorkomen om machinebeschikbaarheid te waarborgen. De oplossing is het herkennen van de verschillende vormen van lekstromen die zich kunnen voordoen en het ontwerpen van aardlekbeveiligingscomponenten die geschikt zijn om deze stromen te beheersen.

Gevolgen van stroom op het menselijk lichaam

Stroom kan uitzonderlijk schadelijk zijn voor het menselijk lichaam en de toegebrachte schade is vooral afhankelijk van de intensiteit en de duur. Afb. 1 toont de curven van intensiteit en blootstellingsduur in verhouding tot de fysiologische reacties van het menselijk lichaam.



Afb. 1: Ventriculaire fibrillatie afhankelijk van de stroomsterkte en de duur van de stroom

Hoewel ventriculaire fibrillatie wordt beschouwd als de voornaamste doodsoorzaak bij elektrocutie, zijn er ook andere oorzaken van ademhalings- en hartstilstand. Pathofysiologische effecten zoals spiersamentrekkingen, ademhalingsmoeilijkheden, verhoogde bloeddruk, verstoring van de opwekking en transmissie van impulsen in het hart, met inbegrip van atriumfibrilleren en tijdelijke hartstilstand, kunnen ook optreden zonder ventriculaire fibrillatie. Deze effecten zijn niet dodelijk en over het algemeen omkeerbaar, hoewel er elektrische littekens kunnen optreden. Ernstige brandwonden, andere interne verwondingen en zelfs overlijden kunnen het resultaat zijn van stromen van meer dan een paar ampère en een duur van enkele seconden.

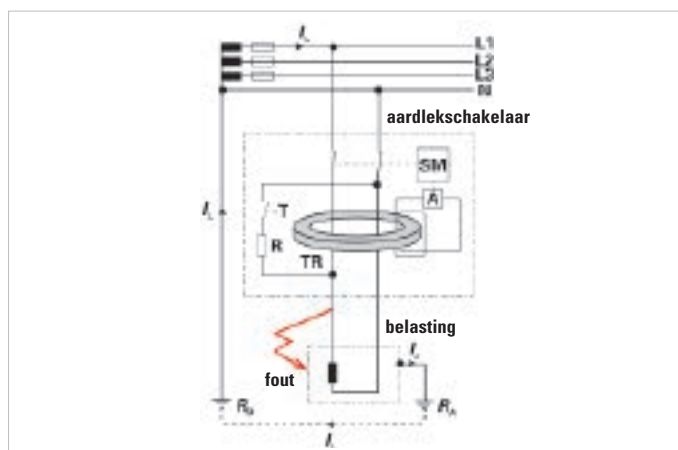
De werking van aardlekbeveiligingscomponenten

De taak van een aardlekbeveiligingscomponent is het beschermen van personen tegen elektrische schokken én het beschermen van de elektrische apparatuur tegen lekstromen (bijv. brand). Een aardlekbeveiligingscomponent is een beschermtoestel dat lekstromen in elektrische systemen detecteert die kunnen worden veroorzaakt door storingen of kunnen worden gegenereerd door systeemonderdelen zoals frequentieomvormers.

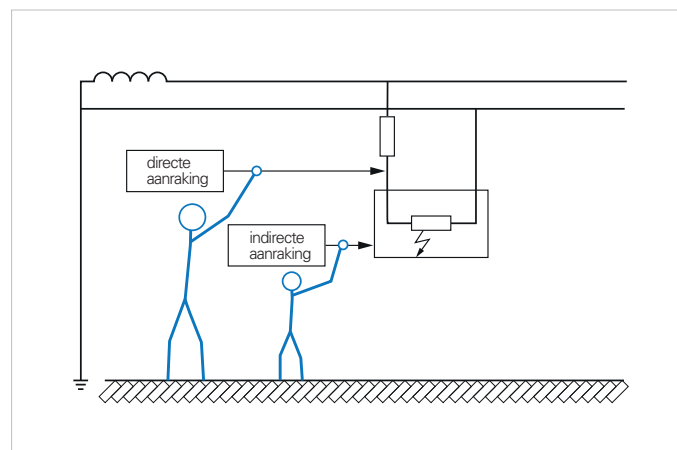
Een aardlekbeveiligingscomponent bestaat doorgaans uit een differentiaal transformator, een uitschakelcircuit, een schakelmechanisme en een testcircuit. De differentiaal transformator vergelijkt de stromen die via de fasegeleiders stroomafwaarts en via de neutrale geleider terug stroomopwaarts stromen. Als er een verschil is in de som van de stroomafwaartse en stroomopwaartse stromen ontstaat er een magnetisch veld dat een spanning in de secundaire wikkeling induceert. De stroom in de primaire wikkeling verzwakt het magnetisch veld van de magnetische schakeleenheid. Dit leidt tot het in werking treden van het schakelmechanisme en het verbreken van het circuit wanneer de schakelcontacten opengaan.

Beschermende maatregelen met aardlekbeveiligingscomponenten

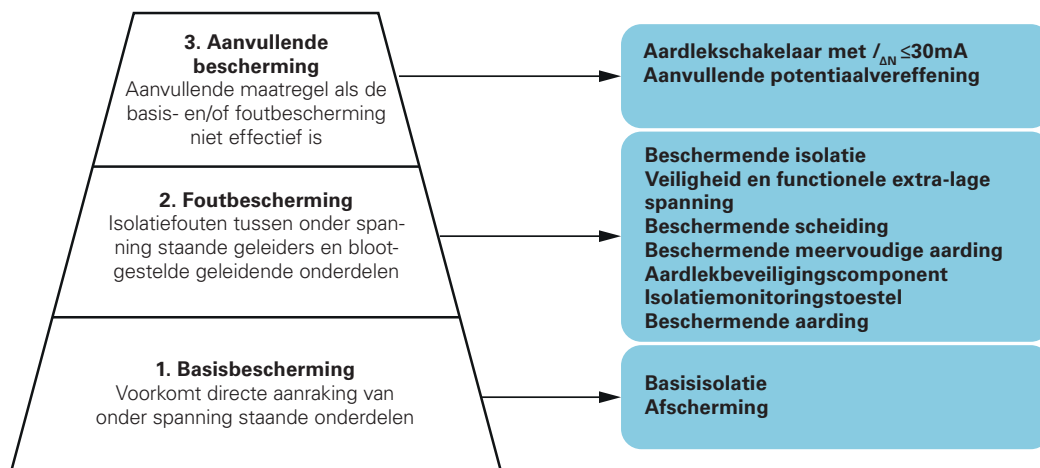
Het is duidelijk dat machines beschermende maatregelen vereisen om operatoren en technici te beschermen tegen de gevaren van elektrische stroom, zowel tijdens normaal gebruik als in het geval van een storing. Een ongeval kan zowel het resultaat zijn van directe of indirecte aanraking. Directe aanraking verwijst naar gevallen waarin een persoon een spanningsvoerend onderdeel aanraakt dat gedefinieerd is als een geleider of een geleidend onderdeel dat onder spanning moet staan tijdens de normale werking.



Afb. 2: Werkingsprincipe aardlekbeveiliging



Afb. 3: Risico's bij directe en indirecte aanraking



Afb. 4: Beschermingsstrategie bestaande uit drie fasen

Indirecte aanraking heeft betrekking op een situatie waarin een blootgesteld onderdeel dat doorgaans niet onder stroom staat wel onder stroom komt te staan door een elektriciteitsstoring. Deze onderdelen worden aangeduid als blootgestelde geleidende onderdelen.

Er is een beschermingsstrategie bestaande uit drie fasen gedefinieerd om personen te beschermen tegen elektrische schokken, zoals weergegeven in Afb. 4. Het combineert een maximale veiligheid voor personen met een maximale bescherming van systemen en apparatuur. Deze beschermingsstrategie toont welke beschermende maatregelen (zoals bijvoorbeeld een beveiligingscomponent) mogelijk zijn voor de verschillende beschermingsniveaus. Daarnaast worden aardlekbeveiligingscomponenten ook gebruikt als bescherming tegen brandgevaar.

Basisbescherming: De basisbescherming is gericht op het voorkomen van directe aanraking met onder spanning staande onderdelen door middel van isolatie en afschermingen. Een typisch voorbeeld is de isolatie van een draad of een afscherming van stroomrails; deze moeten worden afgeschermd om ervoor te zorgen dat niemand deze per ongeluk kan aanraken na het openen van de deuren van de kastbehuizing.

Foutbescherming: Als iemand toch een blootgesteld geleidend onderdeel aanraakt dat onder stroom komt te staan vanwege een isolatiefout, is het aan de aardlekbeveiligingscomponent om de spanning automatisch uit te schakelen, vooral als de storing vanwege de intensiteit en de duur van de aanraakspanning een risico inhoudt.

Aanvullende bescherming: De strategie omvat ook een aanvullende bescherming die begint te werken als de basis- en/of storingsvoorzorgsmaatregelen het laten afweten en de operator rechtstreeks in contact komt met een onder spanning staand onderdeel, bijvoorbeeld als de gebruiker niet voorzichtig is bij het gebruik van de beschermde machines of apparatuur. Aardlekbeveiligingscomponenten met een nominale lekstroom van maximaal 30 mA zijn effectief gebleken in deze rol.

Bescherming tegen brand: Aardlekbeveiligingscomponenten zijn ook essentieel voor 'locaties die zijn blootgesteld aan brandgevaar' zoals beschreven in IEC 60364-4-482. Deze normen vereisen maatregelen om brand te voorkomen die kan worden veroorzaakt door isolatiefouten. Ze stellen dat kabels en leidingen in TT- en TN-aardingssystemen moeten worden beschermd door een aardlekbeveiliging met een nominale foutstroom van 300 mA of lager.

Soort stroom	Stroomprofiel	Correct gebruik/toepassingsgebied van aardlekschakelaar-types				Uitschakel-stroom
		AC	A	B	/B+	
Sinusvormige AC-lekstroom		•	•	•		0,5 tot 1,0 $I_{\Delta n}$
Pulserende DC-lekstroom (pos. of neg. halve sinus)		—	•	•		0,35 tot 1,4 $I_{\Delta n}$
Aangesneden halve sinusvormige stroom Hoek 90° Hoek 135°		—	•	•		Hoek 90° 0,25 tot 1,4 $I_{\Delta n}$ Hoek 135° 0,11 tot 1,4 $I_{\Delta n}$
Stroom halve sinus met gelijkmatige DC-stroom van 6 mA		—	•	•		max. 1,4 $I_{\Delta n}$ + 6 mA
Stroom halve sinus met gelijkmatige DC-stroom van 10 mA		—	•	•		max. 1,4 $I_{\Delta n}$ + 6 mA
Gelijkmatige DC-stroom		—	—	•		0,5 tot 2,0 $I_{\Delta n}$

Tabel 1: Verschillende sinusvormen van lekstroom en geschikte aardlekbeveiliging

Aardlekbeveiligingscomponenten -types

Aardlekbeveiligingen worden gekenmerkt door de verschillende sinusvormen van foutstroom die ze kunnen detecteren en waarop ze kunnen reageren, ongeacht of ze afhankelijk zijn van het voltage of niet en of hun uitschakelrespons direct of vertraagd is.

De mogelijkheid van een aardlekbeveiliging om op verschillende sinusvormen te reageren is belangrijk, aangezien er lekstromen met verschillende sinusvormen en frequenties kunnen worden gegenereerd door de verschillende soorten elektronische verbruikers in elektronische circuits. Deze sinusvormen worden samengevat in Tabel 1, die de aardlekbeveiligingstypes en hun

geschiktheid voor elk type sinusvorm aantoont. Het is ook erg belangrijk om het verschillende uitschakelniveau voor elke sinusvorm op te merken.

Tabel 2 toont de verschillende sinusvormen van foutstroom die worden gegenereerd door verschillende elektronische circuits en onderdelen, samen met de geschikte aardlekbeveiligingscomponent.

De bovenstaande tabellen spreken voor het grootste deel voor zich maar er zijn ook een paar andere punten waarop gelet moet worden voor elk aardlekbeveiligingstype:

Geschikte aardlekbeveiligingstype			Circuit	Belastingsstroom	Lekstroom	
B A AC U F B+ kHz Bfq			1			
			2			
			3			
			4			
			5			
			6			
			7			
			8			
			9			
			10			

Tabel 2: Mogelijke sinusvormen van lekstroom en de geschikte aardlekbeveiliging

Type AC

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type AC zijn geschikt voor het detecteren van sinusvormige AC-lekstromen. In sommige regio's zoals België, Denemarken, Finland, Duitsland, Ierland, Luxemburg, Nederland, Noorwegen, Zweden en Zwitserland is dit type aardlekbeveiliging niet langer toegestaan als een beschermende maatregel.

Type A

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type A detecteren sinusvormige AC-lekstromen en pulserende DC-lekstromen. Ze kunnen omgaan met de sinusvormen van lekstromen die vaak worden gegenereerd in de voedingseenheden van eenfasige belastingen met elektronische onderdelen. Een aardlekbeveiligingscomponent van het type A is ook beschikbaar als digitaal aardlekbeveiligingscomponent (zie whitepaper over digitale aardlekbeveiligingscomponenten voor meer informatie).

Type F

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type F zijn speciaal ontwikkeld voor eenfasige omvormingsapplicaties, om een geschikt beschermingsniveau te verzekeren in het geval van een aardingsfout welke gepaard gaat met omvormer-gegenereerde harmonischen en tegelijkertijd een verhoogde weerstand biedend tegen ongewenst uitschakelen.

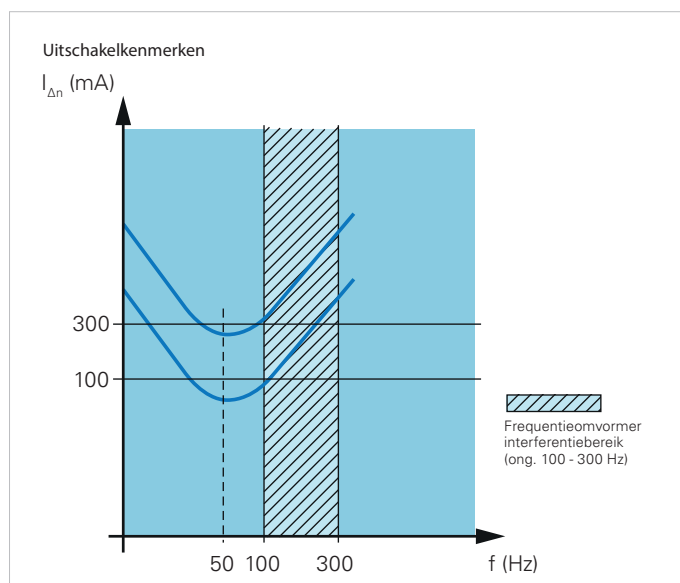
Aardlekbeveiligingscomponenten van het type F bieden dezelfde mate van bescherming en functionaliteit als aardlekbeveiligingscomponenten van het type A; ze detecteren dus zowel sinusvormige AC-stromen als pulserende DC-stromen.

Daarnaast detecteren ze ook multifrequentielekstromen tot 1 kHz, volgens IEC/EN 62423. Een aardlekbeveiliging van het type F beschikt over een stroomstootweerstand van 3 kA en tolereert gesuperponeerde gelijkmatige DC-lekstromen tot 10 mA, zonder daarmee hun beschermingsfunctie aan te tasten.

Type U

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type U zijn een speciaal voor Eaton ontwikkelde type aardlekbeveiligingscomponent. Ze zijn gelijk aan een aardlekbeveiliging van het type F en ontwikkeld voor gebruik in toepassingen met frequentieomvormers. Aardlekbeveiligingscomponenten van het type U zijn gevoelig voor zowel sinusvormige AC-stromen als pulserende DC-stromen.

Afb. 5 toont de uitschakelkenmerken van een aardlekbeveiliging van het type U met 100 mA en 300 mA. In het frequentiebereik



Afb. 5: Uitschakelkenmerken van aardlekbeveiligingscomponenten-type U

rond 50 Hz, schakelt de aardlekbeveiliging uit zoals vereist volgens de norm (50 - 100% van de aangeduide $I_{\Delta n}$). In het bereik dat op het diagram gearceerd wordt weergegeven, d.w.z. vanaf ong. 100 tot 300 Hz, komt ongewenste uitschakeling vaak voor vanwege het gebruik van frequentieomvormers. Frequentieomvormer vaste aardlekbeveiligingscomponenten zijn veel minder gevoelig in dit frequentiebereik dan in het bereik 50 - 60 Hz, wat leidt tot een grote toename in de bedrijfszekerheid van systemen.

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type U zijn ook beschikbaar als digitale aardlekbeveiligingscomponenten (zie whitepaper over digitale aardlekbeveiligingscomponenten voor meer informatie).

Types B, Bfq en B+ kHz

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type B kunnen zowel sinusvormige AC- en pulserende DC-stroom als gelijkmatige DC-lekstromen detecteren, wat hen geschikt maakt voor allereerste toepassingen en sinusvormen conform IEC/EN 62423. Een aardlekbeveiliging van dit type is ontworpen voor gebruik in 50/60 Hz driefasesystemen. Daarnaast worden er uitschakelwaarden voor lekstromen met verschillende frequenties van 50 Hz tot 1 kHz gedefinieerd voor aardlekbeveiligingscomponenten van het type B.

Een aardlekbeveiligingscomponent van het type Bfq voldoet aan de vereisten van type B (IEC/EN 62423) maar is ontwikkeld voor gebruik in circuits die frequentieomvormers bevatten voor aandrijvingen met toerenregeling. Deze aardlekbeveiligingscomponenten beschikken over speciaal daarvoor aangepaste uitschakelcurves, gedefinieerd tot 50 kHz en zijn ontworpen om ongewenst uitschakelen te voorkomen. De curves vertonen een verminderde gevoeligheid voor foutstromen met hogere frequenties.

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type B+ voldoen aan de vereisten van VDE 0664-400 en beschikken over een frequentie-uitschakelrespons gedefinieerd tot 20 kHz. Hun maximale uitschakelstroom bij hogere frequenties is beperkt tot 420 mA. Dit biedt superieure bescherming tegen brandrisico's die worden veroorzaakt door lekstromen in toepassingen met elektronische aandrijvingen.

Hierbij wordt opgemerkt dat als er een complexe sinusvormige lekstroom door een aardlekbeveiliging wordt geleid, de aardlekbeveiliging zichzelf zal uitschakelen, zelfs als er maar één enkele frequentie de uitschakelcurve bereikt. Dit effect kan leiden tot RMS-waarden die hoger zijn dan de nominale aardlekafschakelstroom – namelijk de waarde voor een 50 Hz-uitschakeling.

Aardlekschakelaars van het type B, Bfq en B+ (tot 63A) zijn standaard uitgerust met de digitale aardlekbeveiligingsfuncties. Zie de whitepaper over digitale aardlekbeveiligingscomponenten voor meer informatie.

Aardlekbeveiligingscomponenten van het type G, "Li" en S

Terwijl A, B enz. worden gebruikt om de lekstroom sinusvormen waarop aardlekbeveiligingen kunnen reageren, te definiëren, zijn er ook andere typedefinities – G, Li en S – die specificeren de aardlekbeveiliging beschikt over een uitschakelvertraging en een verhoogde weerstandcapaciteit tegen een verhoogde piekstroom.

G- en Li-toestellen hebben een uitschakelvertraging van tenminste 10 ms, waardoor er tijd is om een tijdelijke storing te laten herstellen en een ongewenste uitschakeling te voorkomen. De G-toestellen van Eaton bieden een verdere verbetering in de beveiliging tegen ongewenst uitschakelen door een piekweerstandstroom van minstens 3 kA aan te bieden.

Selectieve of S-toestellen hebben een uitschakelvertraging van tenminste 40 ms, wat selectiviteit aan stroomafwaarts geplaatste aardlekbeveiligingen en een hoge beveiliging tegen ongewenst uitschakelen biedt.

Selectieve aardlekbeveiligingscomponenten worden zo genoemd omdat ze worden gebruikt om selectiviteit te bewerkstelligen tussen aardlekbeveiligingscomponenten in serie met een G-type of aardlekbeveiligingen die direct reageren en die stroomafwaarts

Classificatie		$I_{\Delta N}$	$2 \times I_{\Delta N}$	$5 \times I_{\Delta N}$	500A
Standaard aardlekbeveiliging Voorwaardelijk piekstroombestendig 250 A	Max. uitschakeltijd(en)	0,3	0,15	0,04	0,04
Aardlekbeveiliging type Li (kortstondig vertraagde uitschakeling) Voorwaardelijk piekstroombestendig 250 A	Min. geen uitschakeltijd(en) Max. uitschakeltijd(en)	0,01 0,3	0,01 0,15	0,01 0,04	0,01 0,04
Aardlekbeveiliging type G (kortstondig vertraagde uitschakeling) Piekstroombestendig 3 kA	Min. geen uitschakeltijd(en) Max. uitschakeltijd(en)	0,01 0,3	0,01 0,15	0,01 0,04	0,01 0,04
Aardlekbeveiliging Type S (selectief) Piekstroombestendig 5 kA	Min. geen uitschakeltijd(en) Max. uitschakeltijd(en)	0,13 0,5	0,06 0,2	0,05 0,15	0,04 0,15

Tabel 3: Standaard en vertraagde aardlekbeveiligingsclassificatie

zijn aangesloten in een elektrisch circuit. Het stroomafwaarts geplaatste toestel zal altijd eerst worden uitgeschakeld om de hoeveelheid afgeschakelde apparatuur en verloren productietijd gedurende een aardfout te minimaliseren. De afschakelstroom van het S-hoofdtoestel moet altijd minstens driemaal die van het stroomafwaarts geplaatste toestel zijn – bijvoorbeeld: 100 mA type S is selectief tot 30 mA.

De S-toestellen van Eaton bieden een piekweerstandstroom van minstens 5 kA om ongewenste uitschakeling te minimaliseren; dit weegt gunstig op tegen de normen IEC 61008 en IEC 61009, die vereisen dat selectieve aardlekbeveiligingen de 8- 20 μ s piekstroomtest met een piekstroom van 3 kA doorstaan.

Netspanningsafhankelijke en netspanningsonafhankelijke toestellen

Aardlekbeveiligingssystemen kunnen ook worden ingedeeld op basis van het feit of ze wel of niet afhankelijk zijn van de netspanning.

Toestellen die afhankelijk zijn van spanning worden zo genoemd omdat ze elektronische controles gebruiken die een bepaald spanningsniveau vereisen om te kunnen werken; toestellen die niet afhankelijk zijn van spanning gebruiken daarentegen mechanische en magnetische onderdelen die geen bepaalde mate aan voedingsspanning nodig hebben. Sommige producenten hebben betoogd dat spanningsafhankelijke technologie onveilig is maar in feite hebben de toestellen aangetoond dat ze evenveel bescherming bieden als de onafhankelijke types en bieden ze daarnaast nog veel voordelen.

Al meer dan 20 jaar lang hebben zowel spanningsafhankelijke als spanningsonafhankelijke aardbeveiligingscomponenten altijd goede diensten verricht in elektrische installaties in heel Europa en daarbuiten, en hebben ze daarbij vele personen beschermd tegen elektrische schokken door lekstromen. De algemene IEC-norm 60364 beschouwt beide types als geschikt. De toestellen kunnen nu zowel sinusvormige en pulsformige stromen als stromen met een mix aan frequenties en DC-componenten detecteren dankzij de introductie van elektronische onderdelen.

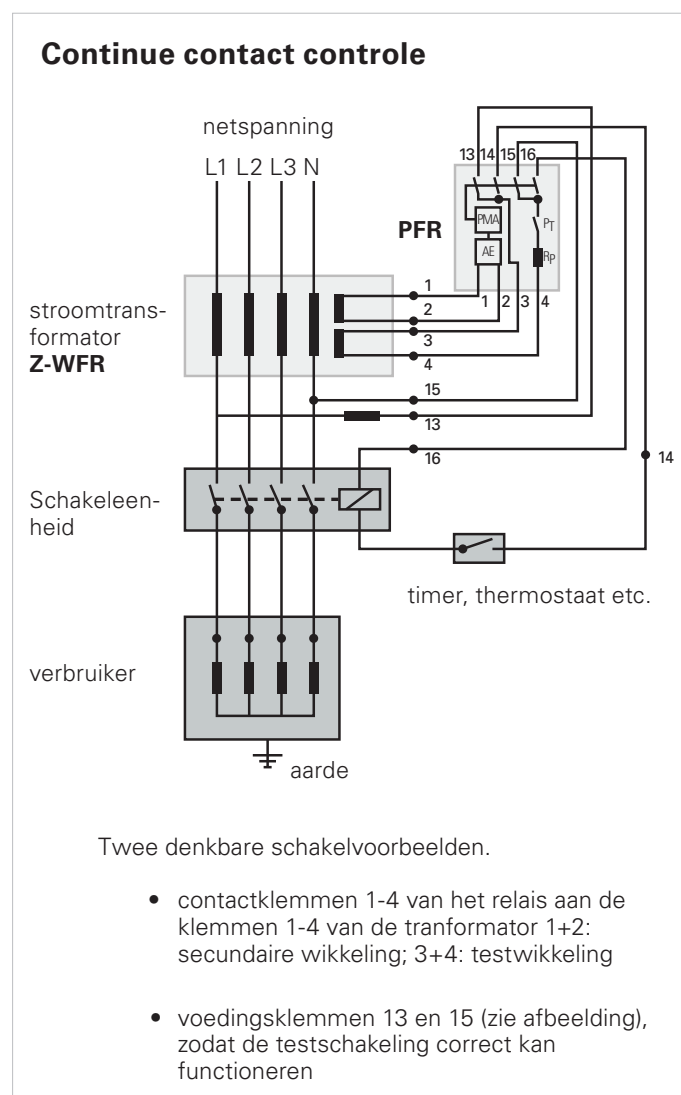
Een argument dat vaak naar voren wordt gebracht is dat als de nulleider uitvalt, het daaropvolgende verlies van voedingsspanning een spanningsafhankelijk toestel in gevaar zal brengen. De waarschijnlijkheid van een nul-onderbreking in een installatie is echter uitermate klein, vooral in Laagspanningssystemen. Daarnaast zijn er robuuste ontwerpen beschikbaar die het spanningsverlies tussen de aardlekbeveiliging en het storingspunt kunnen gebruiken. En de aardlekbeveiliging werkt niet geheel in zijn eentje. POP-toestellen kunnen bijv. ook tijdelijke wijzigingen detecteren in het spanningsniveau van een nul-onderbreking en het stroomcircuit loskoppelen.

Het idee dat we een aardlekbeveiligingscomponent niet mogen beschouwen als een component dat geheel afzonderlijk werkt, wordt verder bevestigd als we het gebruikte aardingssysteem beschouwen. In TN-systemen is de aardlekbeveiligingscomponent nooit als enige verantwoordelijk voor bescherming. Over het algemeen wordt de reeks onderdelen die worden gebruikt voor een

elektronisch spanningsafhankelijk component beschouwd als net zo betrouwbaar als de mechanische en elektrische onderdelen van een spanningsonafhankelijk toestel.

Classificatie van aardlekbeveiligingscomponenten

Aardlekbeveiligingscomponent is de algemene term voor alle soorten aardlekbeveiligingen. Een standaard aardlekstroomonderbreker wordt een aardlekschakelaar genoemd en er bestaan nog andere types aardlekbeveiligingscomponenten; deze worden in dit hoofdstuk beschreven.

**Afb. 6: Twee voorbeeldschakelingen met aardfoutrelais**

1. Aardfoutrelais

Aardfoutrelais zijn toestellen met een separate stroomtransformator en schakeleenheid om hogere stroombereiken tot 400 A te kunnen schakelen. Externe aardfoutrelais zijn ook beschikbaar voor vermogensschakelaars (MCCB's) met vermogens tot 1800 A. Deze toestellen vereisen een externe hulpspanning.

2. Aardlekautomaten

Aardlekautomaten zijn een combinatie van een aardlekschakelaar met een installatieautomaat. Ze bieden bescherming tegen overbelasting, kortsluiting, bescherming tegen elektrische schokken en brandpreventie vanuit één toestel.

Het gebruik van een aardlekautomaat heeft veel voordelen. De aardlekautomaat beschermt zichzelf tegen overbelasting. De gebruiker geniet van een verhoogde operationele veiligheid en beschikbaarheid van apparatuur door het opsplitsen van stroomcircuits (één aardlekautomaat per afgaande groep in vergelijking tot één aardlekschakelaar voor een aantal afgaande groepen). Als gevolg hiervan bereiken de door het systeem veroorzaakte lekstromen die geproduceerd worden door elektronische verbruikers niet een ontoelaatbaar niveau en overschrijden ze de nominale afschakelstroom niet.

3. Foutstroomaanbouwblokken

Aardlekbeveiligingseenheden kunnen worden gecombineerd met een geschikte installatieautomaat om dezelfde functionaliteit als een vooraf samengestelde aardlekautomaat te genereren.

Er kunnen talloze combinaties worden gemaakt met de beschikbare aardfoutstroomaanbouwblokken en 'installatieautomaten zonder dat er een groot aantal producten op voorraad moet

worden gehouden. Dit zorgt voor een hoge mate van toepassingsflexibiliteit en maakt het gemakkelijk om de combinatie van aardlekbeveiliging en installatieautomaat aan te passen.

Aardfoutstroomaanbouwblokken zijn ook beschikbaar voor combinaties met vermogensautomaten, inclusief NZM1 en NZM2, met een stroomcapaciteit tot 250 A.

4. Digitale aardlekbeveiligingscomponenten

Digitale aardlekbeveiligingscomponenten combineren beschermingsfunctionaliteit met een aantal digitale kenmerken – uniek binnen de markt voor circuitbescherming – die samenwerken om een maximale hoeveelheid informatie over de circuitstatus te bieden en de bedrijfszekerheid van het beschermde systeem of machine te verhogen. De digitale technologie wordt zowel op aardlekschakelaars als op aardlekautomaten toegepast. De toestellen meten continu de foutstroomwaarde en gebruiken de resultaten om de lokale waarschuwings-led's en het externe potentiaalvrije contact (op de aardlekschakelaars) aan te sturen. Deze vooraankondigingen stellen het onderhoudspersoneel in staat om sluimerende problemen op te lossen voordat deze leiden tot onderbrekingen of storingen. De systeemstatus kan te allen tijde in een oogopslag worden waargenomen en er kan drastisch op kosten worden bespaard door de vermindering in het aantal ongeplande serviceonderbrekingen. Verdere besparingen kunnen worden gerealiseerd door het testinterval uit te breiden tot slechts één keer per jaar.

De systeembeschikbaarheid wordt verder verbeterd omdat de digitale beschermtoestellen een kortstondig vertraagd uitschakelen-merk en geoptimaliseerde uitschakeldrempels hebben die ervoor zorgen dat storingen van korte duur geen ongewenste uitschakeling en verlies van de systeembeschikbaarheid veroorzaken.



Rood

Wanneer de rode led oplicht is de lekstroom al groter dan 50 procent van de nominale lekstroom. Daarom bevindt het systeem zich in een kritieke status – de digitale aardlekschakelaar schakelt alleen uit wanneer de lekstroom blijft toenemen.



Geel

De gele led toont een lekstroom rond 30 tot 50 procent van de nominale lekstroom. Voordat het systeem uitschakelt, kunnen er professionele tegenmaatregelen worden genomen.



Groen

Als de waarde van de lekstroom in het systeem tussen 0 en 30 procent van de nominale lekstroom ligt, geeft de groene led de correcte status weer.



Lokale vooraankondiging

Externe vooraankondiging



Lokale vooraankondigings- + onderhoudsmodus

Afb. 7: Digitale aardlekbeveiligingscomponenten waarschuwen onderhoudspersoneel over problemen voordat er zich een storing voordoet

5. Digitale aardlekschakelaar

De digitale aardlekschakelaar is uitgerust met een netspanningsafhankelijke beschermfunctie en netspanningsafhankelijke digitale functies. Digitale aardlekschakelaars zijn beschikbaar in type A, U, B, Bfq en B+.

6. Digitale aardlekautomaat

De digitale aardlekautomaat is daarentegen een netspanningsafhankelijke aardlekbeveiliging. Dit betekent dat de beschermfunctie en de extra digitale functies afhankelijk zijn van de netspanning en moeten worden voorzien van een bepaald spanningsniveau. Digitale aardlekautomaten zijn beschikbaar als type A.

Algemene normen voor aardlekbeveiligingscomponenten en wereldwijde export

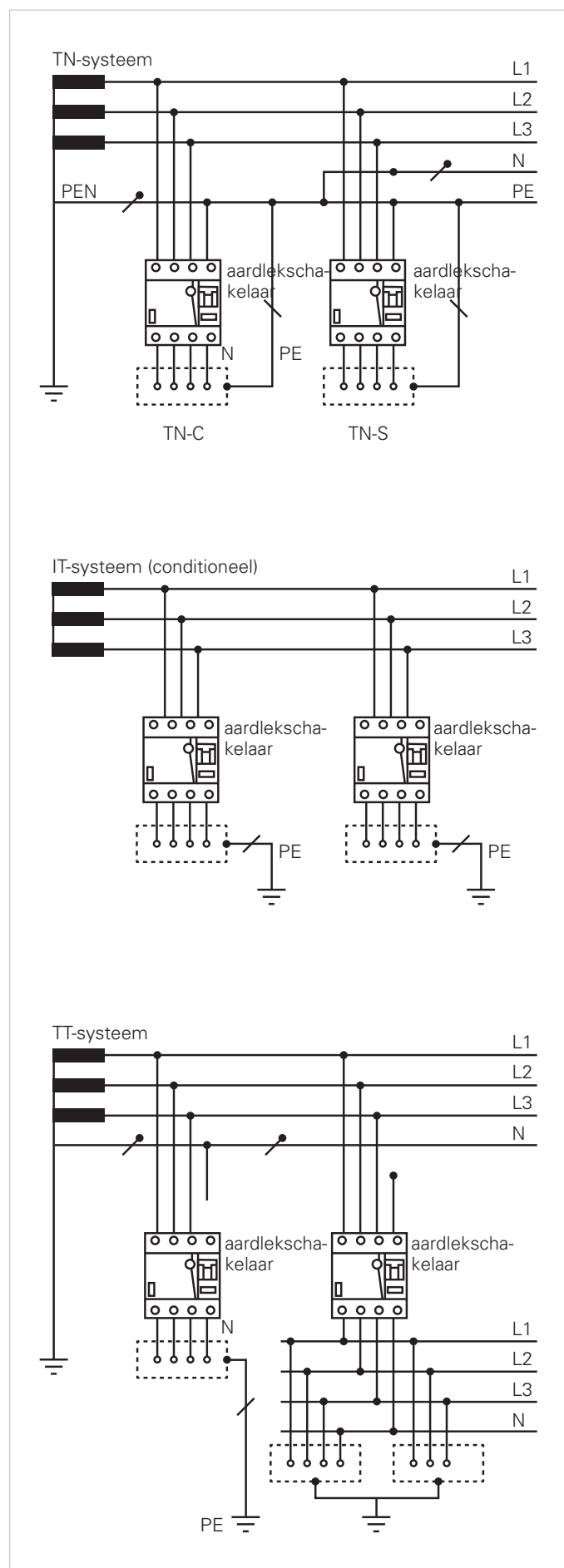
Het gemeenschappelijke doel van onderdeelfabrikanten, planners, installateurs en operators is de bescherming en probleemloze werking van moderne elektrische installaties. Of dit doel bereikt wordt, is afhankelijk van de aandacht die wordt besteed aan de naleving van alle relevante normen en richtlijnen en of er voldoende rekening wordt gehouden met relevante factoren en fysieke omstandigheden. Nu we de verschillende soorten aardlekbeveiligingscomponenten hebben besproken is het belangrijk om de (internationale) stroomnormen te begrijpen:

- IEC 60364-1:2005: Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions
- IEC/EN 61008-1: Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules
- IEC/EN 61009: Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules
- IEC 62423 – Type F and Type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses
- VDE 0664-400 – Residual current operated circuit-breakers Type B without integral overcurrent protection to operate at residual alternating and residual direct currents for advanced preventative protection against fire – Part 400: RCCB Type B+
- IEC/EN 60947-2 Low-voltage switchgears and controlgear – Part 2 Circuit-breakers
- UL 1053 Standard for Ground-Fault Sensing and Relaying Equipment
- UL 943 Ground-Fault Circuit-Interrupters

Standaard aardlekbeveiligingscomponenten kunnen over de hele wereld worden gebruikt, behalve in de VS en in Canada. Op de Noord-Amerikaanse markt worden UL-normen gebruikt in plaats van IEC-normen en daarom moeten aardlekschakelaars, als men deze naar deze regio wil exporteren, beschikbaar zijn in UL-goedgekeurde versies.

In een aantal andere landen is er ook een land specifieke goedkeuring vereist, waaronder in Argentinië, China, Rusland, Zuid-Afrika en Oekraïne. Markering is deels verplicht voor deze landen maar de IEC-classificatie is hier, zoals in andere Europese landen, ook toegestaan.

Het is essentieel dat de aardlekbeveiligingscomponent voldoet aan internationale normen, zoals IEC/EN 61008 of UL1053, en de overeenkomstige markeringen draagt, zoals dat bij Eaton het geval is, om de veiligheid ervan te kunnen waarborgen. Door één product te specificeren voor de wereldmarkt en ervoor te zorgen dat deze wereldwijd kan worden gebruikt, bespaart men bij de export uiteindelijk veel tijd en daarmee gepaard gaande kosten.



Afb. 8: Aardlekbeveiligingscomponenten in verschillende aardingssystemen

Installatienormen voor elektrische systemen met aardlekschakelaars

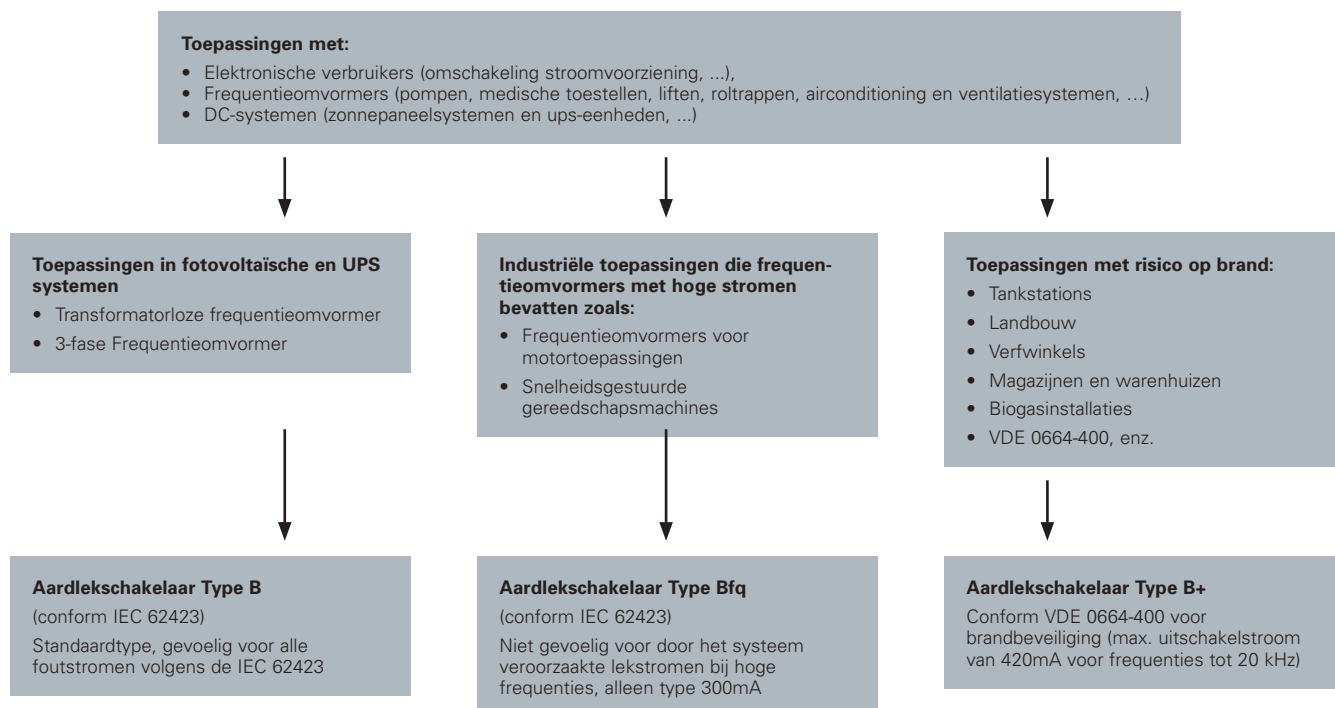
Normen	Toepassing	Beschermingsdoel	Vereiste $I_{\Delta n}$ (mA)	Aanbevolen ALS
IEC 60364-4-41	Protection against electrical shock	Foutbescherming	30...500	Type A of type B
	Socket outlets up to 20A, outdoor installations	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-4-482	Fire protection against special risks or hazards	Bescherming tegen brand	30 en 300	Type A of type B
IEC 60364-5-551	Low-voltage power generating installations	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-7-701	Rooms with bathtubs or showers, outlets in zone 3	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-7-702	Swimming pools and other pools	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-7-703	Rooms with cabins with sauna heating	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-7-704	Construction sites, socket outlet circuits up to 32A and for hand-held equipment	Aanvullende bescherming	≤ 30	Type A of type B
	Plug-and-socket devices up to $I_n > 32A$	Foutbescherming	≤ 500	Type A of type B
IEC 60364-7-705	Agricultural and general horticultural premises	Foutbescherming	≤ 300	Type A
	Socket outlet circuits	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-7-706	Conductive areas with limited freedom of movement	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-7-708	Electrical equipment on camping sites, each socket outlet individually	Aanvullende bescherming	10...30	Type A
IEC 60364-7-712	Solar PV power supply systems (without a simple means of disconnection)	Foutbescherming	≤ 300	Type B
EN 50178	Equipment of heavy current installations with electronic components (1phase)	Foutbescherming	≤ 300	Type U (F)
	Equipment of heavy current installations with electronic components (3phase)	Foutbescherming	≤ 500	Type Bfq
OVE E 8001-1:2010	Charging Stations for Electrical vehicles	Aanvullende bescherming	≤ 30	Type A of type B
OVE E 8001-4-95	Elevators	Aanvullende bescherming	≤ 30	Type U (F) of Type B
VDS 3501	Insulation protection for installations with electronic components	Bescherming tegen brand	≤ 300	B+

Tabel 4: Installatienormen voor elektrische systemen met aardlekschakelaars

Beschermingsdoel	Vereiste $I_{\Delta n}$ (mA)	Aanbevolen aardlekbeveiling
Bescherming tegen elektrische schokken	< 6	Aardlekbeveiliging volgens UL 943
Bescherming van apparatuur	30 and 300	Aardlekbeveiliging volgens UL 1053

Tabel 5: Noord-Amerikaanse installatienormen voor elektrische systemen met aardlekschakelaars

Kiezen tussen types B, Bfq en B+ aardlekschakelaars



Installatie en toepassing van aardlekbeveiligingscomponenten

Types aardingssystemen en beveiligingscomponenten

Bij het installeren van een aardlekbeveiliging is het essentieel om te begrijpen in welk aardingssysteem het wordt geplaatst. Er zijn drie verschillende soorten aardingssystemen zoals gedefinieerd door IEC 60364 – TT, TN en IT. TN-systemen kunnen verder worden opgedeeld in TN-C, TN-S en TN-C-S waarbij C staat voor Combined (gecombineerd) en S voor Separated (gescheiden).

Aardlekbeveiligingscomponenten kunnen worden gebruikt voor alle drie types aardingssystemen – TN, TT en IT – voor een AC-systeem of driefasensysteem, zoals weergegeven op Afb. 7 (met uitzondering van TN-C-configuraties). Aardlekbeveiligingscomponenten bieden een betere bescherming dan andere goedgekeurde apparaten want naast bescherming in het geval van indirecte aanraking indien aardlekbeveiligingen met $\Delta_n \leq 30$ mA worden gebruikt,

bieden ze ook bescherming als er van directe aanraking sprake is en spelen ze met hun $\Delta_n \leq 300$ mA een belangrijke rol in de preventieve bescherming tegen branden die worden veroorzaakt door aardlekstromen.

Correcte installatie van Aardlekschakelaars type B met type A

Aardlekbeveiligingscomponenten type A en type B kunnen bij toepassing in dezelfde stroomcircuits, onderworpen zijn aan de beperkingen van een type A. Toestellen van type A kunnen geen gelijkmatige DC-lekstromen detecteren en wanneer er een zeer hoge DC-stroom wordt gevoerd zal dit het vermogen om op AC-foutstromen te reageren ook verstoren. Daarom mag er nooit een belasting die een type B-bescherming of een geassocieerde aardlekbeveiliging van type B vereist, stroomafwaarts van een type A-toestel worden geïnstalleerd. Afb. 8 toont de toegestane en niet-toegestane scenario's voor combinaties van aardlekschakelaars van het type A en B.

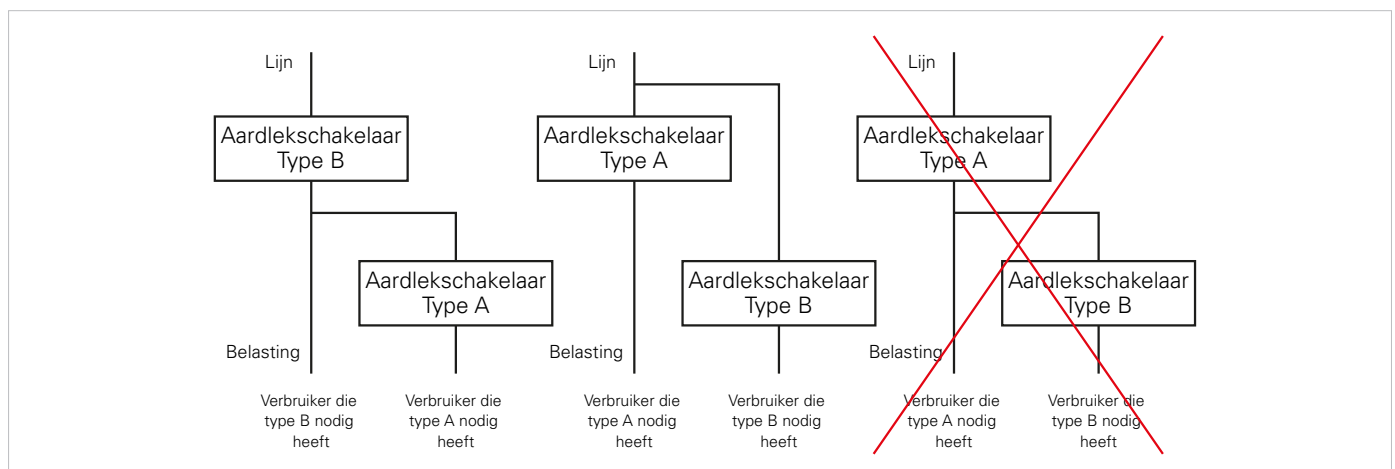


Fig. 9: Toegestane en niet-toegestane scenario's voor aardlekbeveiligingscomponenten van type A/type B

Problemen met elektrische interferentie en oplossingen

Er kunnen zich verschillende problemen met elektrische interferentie voordoen en machinebouwers moeten deze overwegen bij het specificeren van een geschikte aardlekbeveiliging

Lekstromen

Lekstromen zijn statische of dynamische stromen die naar aarde vloeien zonder isolatiefout. Aardlekschakelaars kunnen echter geen onderscheid maken tussen lekstromen en foutstromen en zullen worden uitgeschakeld als de som van de stromen de afschakelwaarde overschrijdt. Bijgevolg moeten lekstromen in beschouwing worden genomen bij het specificeren van de nominale reststroom $I_{\Delta n}$ van de aardlekbeveiliging. Indien nodig moeten deze stromen ook worden geminimaliseerd om de goede werking van de aardlekbeveiliging te verzekeren.

Statische lekstromen vloeien continu naar de aarde of naar de PE-geleider tijdens een normale werking zonder isolatiefouten. Ze zijn meestal afkomstig van lijn- en filtercondensatoren. Aardlekschakelaars van het type U of Bq hebben uitschakelcurven die zodanig zijn ingesteld dat ze ongevoelig zijn voor aardlekstromen die door het systeem zijn veroorzaakt op hogere frequenties. Dit helpt ongewenste uitschakeling in industriële fabrieken met krachtige regelaars voor frequentieomvormers voorkomen, zonder afbreuk te doen aan de persoonsbeveiliging.

Dynamische lekstromen zijn transiënte stromen naar de aarde of de PE-geleider. Met een duur tot een paar ms en een magnitude van mogelijk enkele ampère, kunnen ze mogelijk onvertraagd

werkende aardlekschakelaars uitschakelen. Om deze ongewenste uitschakeling te voorkomen, wordt het gebruik van een kortstondig vertraagde aardlekbeveiliging van het type G of Li aanbevolen.

Overstromen

Ongewenst uitschakelen van een aardlekbeveiliging kan ook worden veroorzaakt door overstromen. De oorzaken van deze stromen kunnen liggen in direct startende motoren, lampbelastingen, verwarmingstoestellen, capacitieve belastingen en medische uitrusting. Volgens de productnorm moet een aardlekbeveiliging tot zes keer zijn nominaal vermogen kunnen weerstaan om weerstand te bieden tegen ongewenste uitschakeling.

Overspanning en piekstroombelasting

Atmosferische overspanning die wordt gecreëerd door onweer kan via het voedingssysteem bij een installatie binnendringen en leiden tot ongewenste uitschakeling van de aardlekbeveiliging. Eaton biedt de aardlekbeveiliging van het type G, gespecificeerd volgens ÖVE E 8601 om dit probleem te voorkomen. De aardlekbeveiligingscomponenten van Eaton hebben een piekstroomweerstand zoals hieronder gedefinieerd:

- Onvertraagd: Voorwaardelijke piekstroombestendigheid van 250 A
- Type Li: Voorwaardelijke piekstroombestendigheid van 250 A
- Type G: Piekstroombestendigheid van ≥ 3 kA
- Type S: Piekstroombestendigheid van ≥ 5 kA

Kortsluitingscapaciteit en voorwaardelijke kortsluitstroom

De aardlekbeveiligingscomponenten van Eaton met corresponderende zekering hebben een voorwaardelijke nominale kortsluitstroomcapaciteit van 10 kA. De waarde van de kortsluitingbeveiliging verwijst naar zekeringen met operationele klasse gG. De nominale belastbaarheid I_m of nominale belastbaarheid bij een fout $I_{\Delta m}$ komt overeen met de geldige apparaatnorm IEC/EN 61008.

I_n	Kortsluiting	Nominale afschakelvermogen I_m of Nominale fout afschakelvermogen $I_{\Delta m}$	
16 A	63 A gG/gI	$I_n = 16-40$ A	500 A
25 A	63 A gG/gI	$I_n = 63$ A	630 A
40 A	63 A gG/gI	$I_n = 80$ A	800 A
63 A	63 A gG/gI	$I_n = 100$ A	1,000 A
80 A	80 A gG/gI		
100 A	100 A gG/gI		

Tabel 6: Maximale capaciteit back-upzekering en belastbaarheid

Thermische bescherming aardlekbeveiliging

Het zorgvuldig plannen van circuits met een stroomafwaartse belasting is essentieel om een aardlekbeveiliging te beschermen tegen thermische overbelasting. Om schade aan de aardlekschakelaar te voorkomen is het belangrijk om ervoor te zorgen dat de maximale mogelijke bedrijfsstroom van het stroomafwaartse circuit de nominale stroom van de aardlekbeveiliging niet overschrijdt. Als alternatief kan er een voorzekerings worden gebruikt volgens tabel 7.

	xPole aardlekschakelaars	xEffect + xPole X aardlekschakelaars
I_n	Overbelasting	Overbelasting
16 A	10 A gG/gI	16 A gG/gI
25 A	16 A gG/gI	25 A gG/gI
40 A	25 A gG/gI	40 A gG/gI
63 A	40 A gG/gI	63 A gG/gI
80 A	50 A gG/gI	80 A gG/gI
100 A	63 A gG/gI	80 A gG/gI

Tabel 7: Voorzekering ter bescherming tegen thermische overbelasting

Conclusies

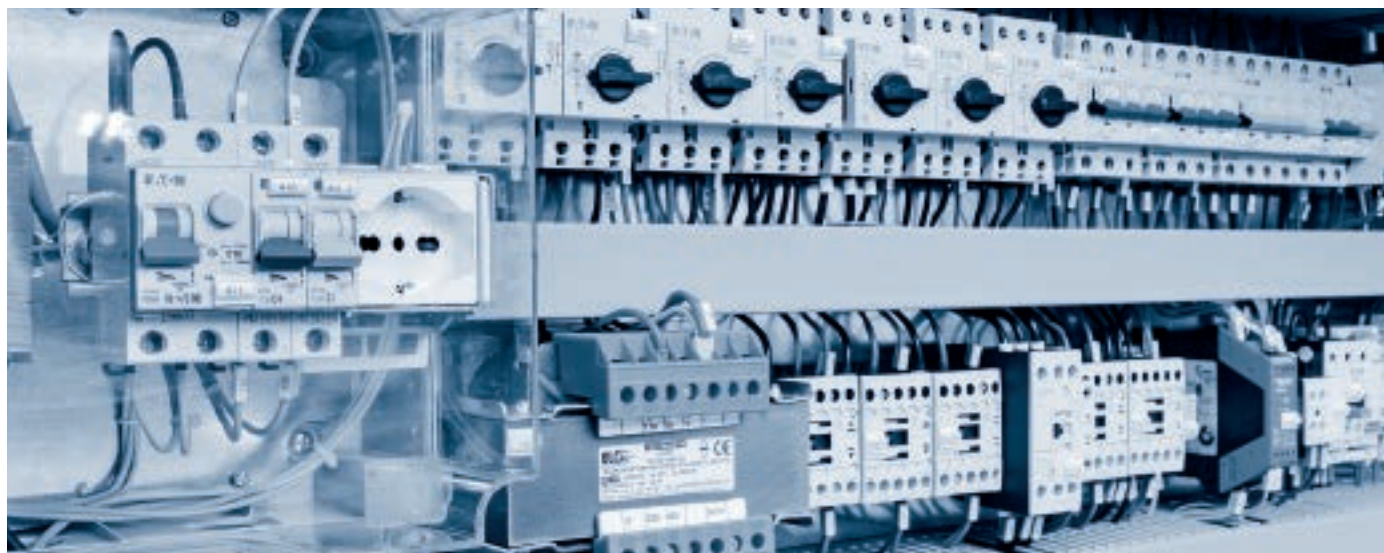
In deze whitepaper hebben we geprobeerd uit te leggen wat er kan gebeuren als er elektrische stroom langs onbedoelde paden wegvloeit. Dergelijke risico's moeten daarom zowel met het oog op de gezondheid als op de veiligheid worden geëlimineerd om een maximale productiviteit en bedrijfstijd van de machine te verzekeren.

Aardlekbeveiligingscomponenten kunnen machines en personen beschermen tegen schade, het risico op brand elimineren en machinestilstand verminderen door lekstromen te detecteren en hierop te reageren. Deze stromen ontstaan echter om verschillende redenen en nemen diverse vormen aan. Het is dus essentieel om een aardlekbeveiliging te kiezen met uitschakelmerken die bescherming verzekeren tegen echte storingen en tegelijkertijd verloren productietijd door ongewenste uitschakeling te vermijden.

Hierbij werden in de whitepaper ook de verschillende sinusvormen van foutstroom besproken die door verschillende elektronische circuits worden gegenereerd en de bijbehorende aardlekbeveiligingstypes die er beschikbaar zijn om deze aan te pakken. We hebben gezien hoe toestellen niet alleen worden gekarakteriseerd door hun uitschakelrespons naargelang de sinusvorm maar naargelang deze al dan niet stroomafhankelijk zijn en of ze een onvertraagde of vertraagde respons hebben. Verschillende aardlekbeveiligingstoestellen bieden eenvoudig extra voordelen en functies in het beveiligingsconcept.

De whitepaper geeft ook een samenvatting van de relevante internationale wetgeving en bespreekt installatieaspecten van stroombeschermingssysteem waar machinebouwers rekening mee dienen te houden; deze omvatten het type aardingssysteem dat wordt gebruikt, installatienormen en problemen en oplossingen inzake elektrische interferentie.

Deze whitepaper is bedoeld om nuttig advies te bieden voor machine- en systeembouwers om kwesties omtrent het selecteren en installeren van aardlekbeveiligingen beter te begrijpen. Dit maakt deel uit van Eaton's streven om hoogwaardige oplossingen voor circuitbescherming te bieden, van het ontwerp en installatie, tot het onderhoud en de opslag van reserveonderdelen. Eaton's wereldwijde organisatie en portfolio van internationaal goedgekeurde, innovatieve componenten en technologieën wordt gecombineerd door lokale productiefaciliteiten, expertise en ondersteuning.



Bij Eaton worden we gedreven door de uitdaging om een wereld die meer vraagt, van energie te voorzien. Met meer dan 100 jaar ervaring in energimanagement beschikken we over de expertise om verder te kijken dan vandaag. Van grensverleggende producten tot kant-en-klare ontwerp- en engineeringdiensten – over de hele wereld rekenen belangrijke sectoren op Eaton.

Wij bieden bedrijven betrouwbare, efficiënte en veilige oplossingen voor energimanagement. Naast onze persoonlijke service, ondersteuning en krachtige ideeën, leveren wij vandaag oplossingen voor de behoeften van morgen. Follow the charge met Eaton. Ga naar **eaton.com/electrical**.



Om een verkoper bij Eaton of een lokale distributeur/agent te vinden, kunt u terecht op **www.eaton.eu/electrical/customersupport**

Eaton Industries (Netherlands) B.V.
Ambacht 6
5301 KW Zaltbommel

Eaton Industries Belgium bvba-sprl
Industrialaan 1
B-1702 Groot-Bijgaarden

© 2016 by Eaton Corporation
Alle rechten voorbehouden
Publicatie nr. WP012004NL
ip Juni 2016

Eaton is een gedeponeerd handelsmerk van de Eaton Corporation.

Alle andere handelsmerken zijn eigendom van hun respectievelijke eigenaren.

Volg ons op de sociale media voor het laatste productnieuws en supportinformatie.



Powering Business Worldwide