

1.8 Veiligheid

1.8.1 Zekeringen



Fig. 25 Zekeringen

Een smeltveiligheid beschermt de bedrading van elektrische installaties tegen schade door te hoge elektrische stromen. Smeltveiligheden komen voor in elektrische apparatuur, in voer- en vaartuigen, en in de elektrische installatie van gebouwen, hoewel deze laatste tegenwoordig steeds meer tegen overstrom beveilgd worden met installatieautomaten.

Smeltveiligheid is de formele naam voor een elektrische smeltzekering in de volksmond ook wel stop of plon (Vlaanderen) genoemd, zoals die bijvoorbeeld in verdeelinrichtingen wordt toegepast, in woningen ook (enigszins verouderd) stoppenkast genoemd. Technici bezigen de naam zekering in de algemene zin en smeltpatroon in het bijzonder.

Werking

Een smeltveiligheid bestaat uit een elektrisch geleidende band of draad van koper, zilver of (wanneer het kleine stroomsterktes betreft) van een koperlegering, meestal in een gesloten huis van keramiek (steatiet) of voor kleine zekeringen glas of kunststof vaak gevuld met een blusmiddel (zand). Eventueel is de zekering voorzien van een druppeltje lood en/of tin op het midden van de smeltdraad voor het vertraagd onderbreken. Deze uitvoering wordt een trage zekering genoemd.

Wanneer er door kortsluiting of overbelasting een te hoge stroom loopt, smelt de smeltdraad van de veiligheid en wordt daardoor de stroomkring onderbroken. Hierdoor wordt voorkomen dat door warmteontwikkeling schade aan de bedrading c.q. elders in het elektrisch circuit of zelfs brand kan ontstaan. Omdat de kortsluitstroom met een en dezelfde stroomsterkte vanaf de spanningsbron door de kortsluiting vaak via diverse zekeringen stroomt, is het van belang dat de zekering die het dichtst bij de kortsluiting is doorsmelt. Zodoende wordt bij doorsmelten de fout van de rest van de installatie geïsoleerd en blijft het probleem beperkt. Dit noemt men de selectiviteit van de beveiliging.

Deze kortsluitingstroom kan, weliswaar tijdelijk, extreem hoog zijn, bijvoorbeeld in de orde van 6000 ampère. Dit is volgens de Wet van Ohm de spanning van de spanningsbron gedeeld door de weerstand van het kortsluitcircuit. De laatste is slechts de weerstand van het koper die klein is waardoor het resultaat — de stroom — extreem groot is.





Fig. 26 Dit zijn voorbeelden van automatische zekeringen.

Tweedelige Schroefveiligheid

Bij huisinstallaties gebruikt men doorgaans tweedelige schroefveiligheden. Ze worden aangeduid als Diazed of D-veiligheden. (Dia = diameter. Z = zweiteilig, Ed = Edison). De veiligheid bestaat uit een smeltpatroon en een schroefkop. Smeltpatronen zijn voorzien van een meld- en een smeltdraad (in de figuur aangeduid met 1). De smeltdraden zijn gemaakt van zilver of van verzilverd koper. Beide draden lopen parallel vanaf de met gips gevulde patroonvoet (5) naar een vast gekit contactplaatje aan de bovenzijde van de smeltpatroon.

Zodra door kortsluiting of overbelasting een te grote stroom gaat lopen, wordt de smeltdraad door zijn elektrische weerstand sterk verhit, zodat hij snel of langzaam doorsmelt – afhankelijk van de soort zekering. Daarna loopt alle stroom door de melddraad, die zeer snel doorsmelt. Het elektrisch contact is dan verbroken. Het veertje (2) drukt de verklikker (3) naar buiten, waaraan men kan zien dat "de zekering is doorgebrand". Fijn zand (4) voorkomt vuurverschijnselen tijdens het doorsmelten.


Op de smeltpatroon zijn de nominale spanning en stroomsterkte vermeld. De werkelijke maximale stroomsterkte (de zogenaamde "aanspreekstroom") is minstens 6% hoger dan de nominale waarde. De diameter van de patroonvoet wordt steeds, bij elke patroon met een hogere nominale stroomsterkte, één maat groter. De schroefveiligheid wordt in een porseleinen patroonhouder (coupe) geschroefd welke voorzien is van een passchroef. Deze passchroef bestaat uit messing en is omgeven door een rand van porselein. In de daarvoor gevormde opening past precies de voet van de bijbehorende patroon. Hierdoor past een patroon met een hogere nominale stroomsterkte niet in een passchroef voor een lagere nominale stroomsterkte. Voor het plaatsen en verwijderen gebruikt men een passchroefsleutel.


Veiligheden tot en met 25A passen in een patroonhouder van 25A. Boven 25A tot en met 63A in de patroonhouders van 63A.





Kleur van verklikker en passchroef


Passchroeven en de verklikker van de smeltveiligheden hebben voor een bepaalde waarde dezelfde kleur. Hierdoor is gemakkelijk te zien met welke grootte van veiligheid men te doen heeft.


 Roze, 2 ampère


 Bruin, 4 ampère


 Groen, 6 ampère

 Rood, 10 ampère


 Grijs, 16 ampère

 Blauw, 20 ampère

 Geel, 25 ampère

 Zwart, 35 ampère

Wit, 50 ampère

 Koper, 63 ampère

In Nederland is de nominale waarde, waarmee individuele groepen in woonhuizen maximaal mogen worden beveiligd 16 ampère. De waarde van de hoofdzekering is doorgaans 25A of 35A.

Aanduidingen op zekeringen

Voorbeelden:

- TT 250/0,1: dit is een supertrage zekering voor een nominale stroom van ten hoogste 0,1 ampère en een maximale spanning van 250 volt.
- T 250/1,6A: dit is een "trage" zekering (reageert niet op kortstondige overbelasting) voor maximaal 250 volt, die bedoeld is om continu een stroom van 1,6 ampère of lager te laten vloeien en bij overschrijding van deze stroom gedurende een bepaalde tijd aan te spreken.
- M 250/0,5A: dit is een "middeltrage" zekering voor maximaal 250 volt. Het aanspreekgedrag zit tussen de trage en de snelle karakteristiek in.
- F 250/300mA: dit is een "snelle" zekering voor maximaal 250 volt en stromen niet hoger dan 300 mA.
- FF 250/62mA: dit is een "supersnelle" zekering voor maximaal 250 volt en stromen niet hoger dan 62 mA, speciaal voor elektronische regelaars.
- De standaard IEC 60127 voorziet in 4 typen zekering: FF, F, T, TT. Ieder type is gedefinieerd volgens de tijd nodig om 10x de nominale stroom uit te schakelen.
- FF (very Fast), < 1 ms
- F (Fast), 1-10 ms
- T (SlowBlow), 10-100 ms
- TT (Very slow acting), 100 ms - 1 s



Er bestaan in het algemeen 3 typen zekeringen:

- Type A: De zekering ultrasnel voor de bescherming van halfgeleiders.
- Type B: De zekering voor algemeen gebruik (zekering gG)
- Type C: De zekering motoren (zekering aM). Elektromotoren hebben bij het inschakelen kortstondig een zeer hoge startstroom (lage inwendige weerstand), waardoor zekeringen type B (gG) kunnen doorsmelten.

1.8.2 Kortsluiting

Kortsluiting voorkomen

- Check of elektrische kabels goed geïsoleerd zijn, want dat vermindert het risico op kortsluiting. Gebruik geen apparaten waarvan de kabels beschadigd zijn of waarvan de draden blootliggen. Een veelvoorkomende plaats waar draden kunnen blootliggen, is bij de stekker. Vervang het apparaat of de stekker in dat geval direct.
- Pak altijd de stekker vast als u hem uit het stopcontact wilt halen. Trek niet aan de kabel, want dan kan de isolatie loslaten.
- Gebruik alleen elektrische apparaten die minimaal een CE-markering hebben. Nog beter is een KEMA-keur (of de Duitse variant: VDE-keur), omdat de veiligheid dan door een onafhankelijk instituut is gecontroleerd.
- Houd u altijd aan de gebruiksaanwijzing van elektrische toestellen.
- Leg geen snoeren onder een deur, vloerbedekking of tapijt. Het snoer kan dan slijten en kortsluiting veroorzaken. Ook kan het oververhit raken en brand veroorzaken.
- Bevestig elektriciteitskabels nooit met spijkers of nietjes. In doe-het-zelfzaken zijn speciale clips te koop om kabels en leidingen veilig te monteren.
- Gebruik kabels niet om iets aan op te hangen.
- Gebruik niet meer dan 1 verlengsnoer tussen apparaat en stopcontact. Hoe meer snoeren u gebruikt, hoe groter dan kans dat ze klem komen te zitten. Dan kan door slijtage kortsluiting of brand ontstaan. Ook kunt u door een combinatie van verlengsnoeren onbewust meer apparaten aansluiten dan de snoeren aan kunnen.
- Rol een verlengsnoer, bijvoorbeeld op een haspel, altijd helemaal uit voor u hem gaat gebruiken.
- Heeft u een souterrain? Let dan goed op de isolatie bij de ramen en controleer of er geen water langsloopt. Is het souterrain toch vochtig geworden, laat de elektrische bedrading in het nat geworden gebied zo snel mogelijk vervangen. Want wanneer de bedrading gaat roesten, vergroot dat de kans op kortsluiting enorm.

Kortsluiting opsporen

- Schakel de groep van de doorgeslagen stop of automaat uit met de groepsschakelaar in de meterkast.
- Schakel ook de elektrische apparaten in de groep uit door de stekkers uit de stopcontacten te halen.
- Vervang de doorgeslagen stop of schakel de automaat weer in.
- Schakel de apparaten 1 voor 1 weer in, totdat de stop of automaat weer wordt uitgeschakeld. Zo merkt u welk apparaat kortsluiting veroorzaakt.



- Geeft geen enkel apparaat een probleem? En is er ook geen sprake van overbelasting? Waarschuw dan een erkend installateur om te controleren of er iets met uw installatie aan de hand is.

Om kortsluiting op deze manier op te sporen is het handig om een groepenoverzicht in de meterkast te hangen. Noteer per groep welke apparaten erop zijn aangesloten.

Soms raakt een apparaat defect zonder dat kortsluiting optreedt. De stop blijft intact, maar u loopt kans op een flinke schok, omdat het apparaat onder stroom staat. Om dat te voorkomen zijn aardlekschakelaars ontwikkeld; gevoelige instrumenten die registreren als ergens stroom weglekt. De aardlekschakelaar schakelt uit als de lekstroom groter is dan 30 milliampère en minimaal 20 milliseconden aanhoudt en maakt daarmee elektrocutie onmogelijk. Deze tijd is nog lang genoeg voor een schok, maar voorkomt erger. Alle woningen, die in of na 1976 zijn gebouwd of gerenoveerd, hebben in de meterkast een aardlekschakelaar die de woon- en slaapkamergroepen beveiligt. Heeft uw woning nog geen aardlekschakelaar, dan raden we u aan een aardlekschakelaar door een vakman te laten installeren. Heeft de woning wel een aardlekschakelaar, denk dan ook eens na over het uitbreiden van het aantal stroomcircuits dat door een aardlekschakelaar is beveiligd.

Test een aardlekschakelaar regelmatig. Om de aardlekschakelaar te testen is deze voorzien van een knopje (vaak gemerkt met de letter T van test). Wanneer dit knopje wordt ingedrukt moet de stroom uitvallen; u ziet dan tegelijkertijd een palletje omklappen. Om de stroom weer in te schakelen kunt u het palletje terug zetten. Valt de stroom niet uit na het indrukken van de knop, zorg er dan voor dat de aardlekschakelaar vervangen wordt.

Treedt de schakelaar vanzelf in werking, en valt de stroom uit, dan is er iets mis met één van de apparaten die u gebruikt. Probeer eerst uit te vinden welk apparaat de storing veroorzaakt. Laat het apparaat eerst repareren voor u het weer gebruikt. De stroom kunt u weer inschakelen door het palletje van de aardlekschakelaar terug te zetten.

Kortsluitingen in hoog- en laagspanningsnetten kunnen ernstige gevolgen hebben en aanleiding geven tot een kortere of een langere netuitval, waar de gebruikers hinder van ondervinden en waardoor economische schade kan ontstaan.

Nederland en de omliggende landen beschikken over een goede en betrouwbare elektriciteitsvoorziening. Hoewel deze voorzieningen dus uitstekend zijn, is het toch niet te voorkomen, dat door storingen in componenten als netkabels, huisaansluitkabels, schakelaars en transformatoren soms kortsluitingen kunnen optreden.

Maatregelen

Storingen in componenten van de elektriciteitsvoorziening kunnen ontstaan door veroudering, slijtage, werking van de bodem, vocht, fouten door fabrikanten, montagefouten, bedieningsfouten of door weersinvloeden. Het zal duidelijk zijn, dat sommige van deze fouten bijna niet zijn te voorkomen, en dat om die reden al het mogelijke wordt gedaan, om onderbrekingen van de stroomvoorziening tot het uiterste te beperken.

Vanzelfsprekend moeten het elektriciteitsnet en alle componenten die in dat net zijn opgenomen, opgewassen zijn tegen de gevolgen van kortsluitingen. Deze bestandheid wordt onder meer vastgesteld door uitgebreide proefnemingen in daartoe ingerichte kortsluitlaboratoria, zoals bij de KEMA in Arnhem. Uit



deze proefnemingen komen in veel gevallen wijzigingen voort die leiden tot aanpassingen en verbeteringen. Daarnaast wordt met uiterst moderne en snelle beveiligingsmiddelen bij een kortsluiting onmiddellijk ingegrepen door het getroffen netgedeelte vrijwel direct af te schakelen. Afschakeltijden van 80 à 100 milliseconden (msec) zijn tegenwoordig in hoogspanningsnetten hierbij heel normaal. Als een dergelijk beveiliging mocht weigeren, dan komt vrijwel onmiddellijk een volgtrap in werking, waardoor de nog altijd zeer korte afschakeltijden van ca 250 msec mogelijk zijn. In laagspanningsnetten en in 10 kV-netten liggen de afschakeltijden door smeltveiligheden bij kortsluiting in de buurt van 10 ms. Als een dergelijk smeltveiligheid om wat voor reden dan ook niet aanspreekt, dan wordt door de achterliggende beveiliging in het 10 kV-net binnen 20 à 40 msec alsnog een afschakeling tot stand gebracht.

Grootte van de kortsluitingen en optredende effecten

Een kortsluiting in een elektriciteitsnet wil eigenlijk in het kort zeggen, dat het in de generatoren G opgewekte elektrische vermogen P niet op de plaats terecht komt waar het wordt verlangd, maar naar de generatoren terugkeert via een kortere weg. De afbeelding laat op een sterk vereenvoudigde manier zien, hoe de bedrijfsstroom I bij een kortsluiting plaats maakt voor de kortsluitstroom I_k .

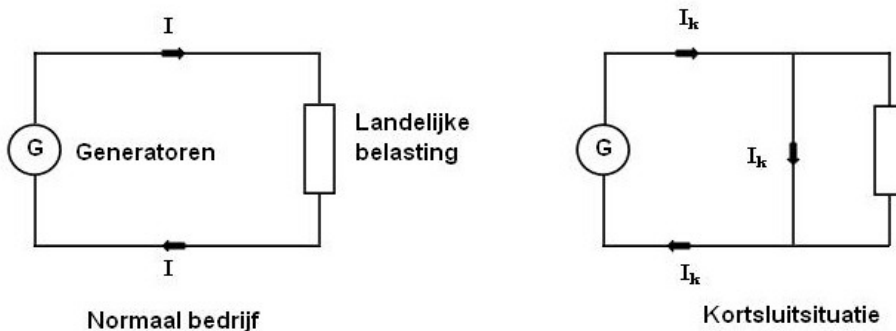


Fig. 27

Vergelijking tussen normaal bedrijf en kortsluitsituatie

De kortsluitstromen in de hoogspanningsnetten kunnen zeer groot zijn. In bijvoorbeeld het 380 kV-net zijn tegenwoordig al kortsluitstromen van 63 kA mogelijk, en in de 10 kV-netten wordt op kortsluitstromen van 25 kA of hoger gerekend. In de laagspanningsnetten voor 400/230 V kunnen direct achter de nettransformatoren soms wel kortsluitstromen van ruim 20 kA worden verwacht. Op de rails van een verdeelkast op bijvoorbeeld 35 meter afstand achter de transformator, is I_k – door de weerstand van de gebruikte kabel - al gereduceerd tot ongeveer 15 kA. Op 100 meter afstand is I_k dan nog maar 10 kA. Dit vraagt natuurlijk om een selectieve manier van beveiligen met smeltveiligheden of installatieautomaten, en de juiste keuze van de leidingdoorsnede.

Voor het vaststellen van de grootte van de kortsluitstromen in een netgedeelte, vinden tegenwoordig vrijwel altijd kortsluitberekeningen plaats. Bij deze vrij complexe berekeningen wordt onder meer met ster-driehoektransformatie gewerkt.

Hoewel door de hoge kwaliteit van het schakelmateriaal, de leidingen en de beveiligingsmiddelen al te grote schade wordt beperkt, is het toch niet te voorkomen, dat een kortsluitstroom gedurende een aantal milliseconden werkzaam is en twee belangrijke effecten teweeg brengt, namelijk warmteontwikkeling en krachtwerking.



Warmteontwikkeling

Door de zeer geringe ohmse weerstand van de schakelaars en toevoerleidingen naar een kortsluitplaats, zal bij een kortsluiting de stroom I die eerst een normale waarde had overgaan in de soms tot enkele duizenden ampères (kA's) olopende kortsluitstroom I_k zoals schematisch weergegeven in de afbeelding. Het gevolg hiervan is, dat zich binnen zeer kort tijd hoge temperaturen zullen ontwikkelen in de netcomponenten.

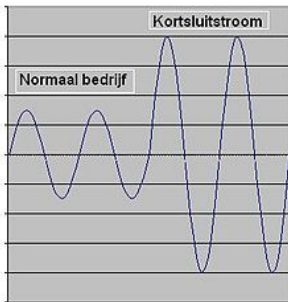


Fig. 28

De warmteontwikkeling E door een stroom wordt bepaald door het kwadraat van de stroom I , de ohmse weerstand R van de componenten en de tijd t , dat de kortsluitstroom aanwezig is, geschreven als $P = I^2 \cdot R \cdot t$ (joule). Tegen deze warmteontwikkeling zijn te krap bemeten doorsneden van leidingen niet bestand en slecht contactmakende verbindingen lassen vast of branden weg. Dit wegbranden gebeurt in onderdelen van seconden en heeft soms het karakter van een explosie.

Aangezien de kortsluitstromen van korte duur zijn, treedt een zogenaamd adiabatisch proces op, dat wil zeggen, dat de temperatuurstijging zó snel gaat, dat er nauwelijks warmte aan de omgeving wordt afgestaan. Bij een kortsluiting zijn temperatuurstijgingen van 200 of 300 K dan ook geen zeldzaamheid. Voor de componenten zijn kortstondige temperatuurverhogingen veroorzaakt door kortsluitingen wel toegestaan, hoewel er duidelijke bovengrenzen worden aangegeven, zoals in bijgaande tabel is aangegeven.

Component	Θ_e (oC)	Θ_k (oC)
Bovengrondse lijnen	80	200 (Cu) / 160 (Al)
Vrije rails	70	200 (Cu) / 160 (Al)
Olietransformatoren	105	250
Papierloodkabels	50	200
XLPE-kabels	90	250

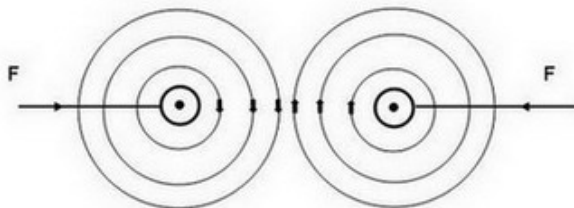
Θ_e = maximum uitgangstemperatuur

Θ_k = kortstondig maximaal toelaatbare temperatuur bij kortsluiting

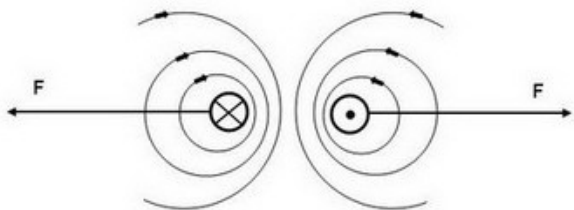


Krachtwerking

Voorafgaand aan een temperatuurverhoging in leidingen en componenten, treden door een kortsluitstroom elektrodynamische krachten op die soms gevaarlijk groot kunnen worden. Door de kortsluitstromen ontstaan grote elektromagnetische velden rondom de geleiders. Afhankelijk van de stroomrichting en de positie van deze geleiders zullen parallellopende geleiders door de kortsluitstroom uit elkaar worden gedreven of juist naar elkaar worden getrokken, zoals op de afbeeldingen is te zien.



Gelijknamige stromen: de elektromagnetische velden heffen elkaar op.
Gevolg: geleiders trekken elkaar aan door krachten F.



Ongelijknamige stromen: verdringing van de elektromagnetische velden.
Gevolg: geleiders gaan uit elkaar door krachten F

Fig. 29

De stroomrichting in een geleider wordt aangegeven met een x als de stroom van ons af vloeit (achterzijde van een pijl) en met een '.' als de stroom naar ons toekomt (voorzijde van een pijl). De optredende krachten F worden, net als bij de warmteontwikkeling, voornamelijk bepaald door het kwadraat van de kortsluitstroom I_k , waarbij in dit geval de topwaarde van de kortsluitstroom I_k bepalend is voor de grootst mogelijk optredende krachten.

Getallenvoorbeeld

Direct achter een normtransformator van 630 kVA, treedt tussen twee rails van een railstelsel (zie afbeelding hierboven) in een hoofdverdeelkast een kortsluitstroom I_k op van 22 kA, ingeleid door een asymmetrische kortsluitstroom I_k van 55 kA. Deze stroom zal in de eerste perioden van de kortsluiting grote krachten F veroorzaken.

Uit berekeningen blijkt, dat de resulterende kracht F op de rails in eerste periode van de kortsluiting per meter = 6.050 N is.

De stromen zijn tegengesteld ten opzichte van elkaar, waardoor de rails uit elkaar worden gedreven.

Als de kortsluitstroom na een halve periode van richting omkeert, blijven de stromen tegengesteld ten opzichte van elkaar, waardoor dus ook de krachten F elkaar blijven afstoten, zoals in de afbeelding te zien is.



Een dergelijke topwaarde - die meestal een grootte heeft van ongeveer 2,5 tot 2,75 x de effectieve kortsluitstroom I_k - is aanwezig in het geval van een zogenaamde asymmetrische kortsluitstroom. Deze treedt op als overgangsverschijnsel op het moment dat de fasespanning $U_f = 0$ en de stroom van normaal bedrijf overgaat in een kortsluitstroom.

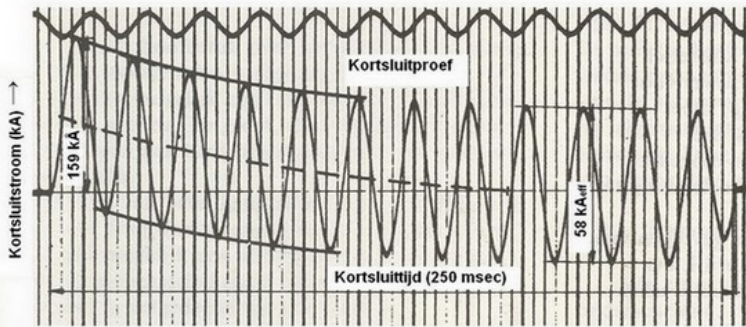


Fig. 30

In de afbeelding is een grafiek weergegeven met een asymmetrische kortsluitstroom, gemaakt tijdens beproevingen van aardingsmateriaal voor 150 kV-installaties. Bij deze proef was de effectieve waarde van de kortsluitstroom $I_k = 58$ kA en de topwaarde van asymmetrische kortsluitstroom $I_k = 159$ kA, dus ruim 2,7x I_k . Aangezien in dit geval de topwaarde maximaal is en de krachten F door I_k worden bepaald, worden de krachten F uitermate groot.

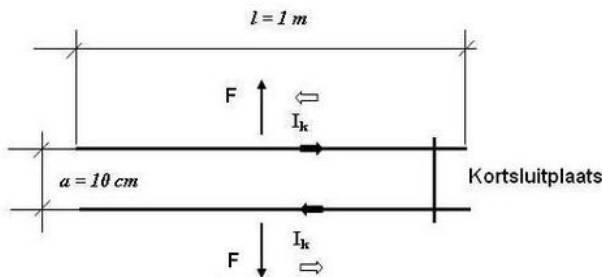


Fig. 31

Typen kortsluitingen

Er zijn vier verschillende typen kortsluitingen te onderscheiden, die elk een apart karakter hebben. Bij bovengrondse lijnen, die deel uitmaken van het driefasige hoogspanningsnet, kunnen bij een directe blikseminslag op de geleiders of op de bliksemraden, door- of overslagen optreden. Hierdoor ontstaat vervolgens een éénfasige kortsluiting, die meestal met éénfase aardfout wordt aangeduid. De optredende aardfoutstroom I_k vloeit daardoor naar aarde en vertakt zich daar in twee of meer deelstromen (I_k' en I_k'' etc) die naar het aardpunt van de transformator of generator terugkeren. Bij inslag in een mast vloeit de aardsluitstroom I_k via het metaal van de mast naar aarde en veroorzaakt rondom de poten van de mast een trechtervormig potentiaalverloop, dat voor mensen en dieren die in de nabijheid van een getroffen mast zijn, gevaarlijke situaties kan opleveren.

Bij een inslag alleen in het mastlichaam kan via zogenaamde mastterugslag, een geleider bij de inslag worden betrokken. Bij mastterugslag loopt de spanning over het mastlichaam namelijk soms zó hoog op, dat



overslag naar een geleider kan optreden en een kortsluiting inleiden. Ook bij kabels die in de grond liggen kan door een directe blikseminslag of door andere fouten een aardfoutstroom over de mantel of de bewapening van de kabel gaan lopen, waardoor muffen en eindsluitingen met slechte metallische overgangen sterk verhit kunnen raken of zelfs ontploffen. Aangezien bij een éénfase aardfout een spanningsverhoging aanwezig is, kan op een eventuele zwakke plaats elders de isolatie doorslaan en een tweede aardfout inleiden. Hier is dan sprake van een dubbele aardfout. Bij een dubbele aardfout kunnen relatief grote aardsluitstromen ontstaan. Ook hier vloeit de aardfoutstroom I_k naar aarde en vertakt zich daar verder.

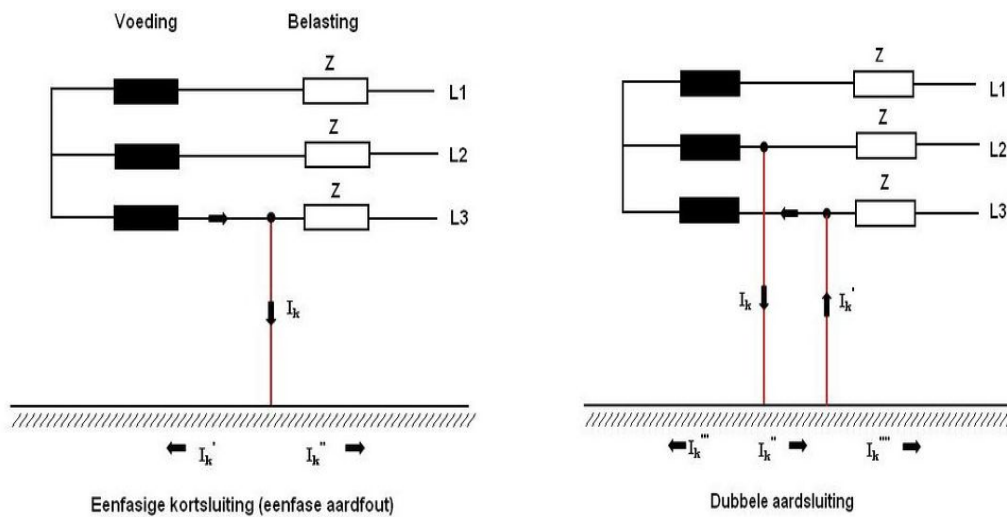


Fig. 32

Bij een tweefasige kortsluiting vloeien er geen stromen naar aarde, maar vormt de kortsluitstroom I_k een gesloten circuit via de voeding en de geleiders. De kortsluitstroom I_k bij een tweefasige kortsluiting kan vrij groot worden. Ook een driefasige kortsluiting kan een zeer grote kortsluitstroom opleveren. Soms brengt men om deze stromen enigszins te beperken zogenaamde Petersenspoelen aan die in het sterpunt van het net worden opgenomen. Deze spoelen brengen door hun dempende eigenschappen de kortsluitstromen terug tot een aanvaardbare grootte.

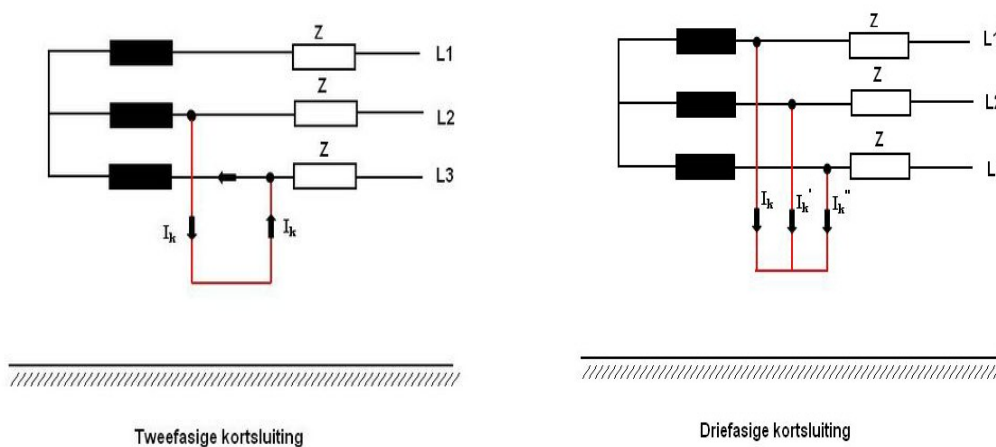


Fig. 33



1.8.3 Aardlekschakelaar

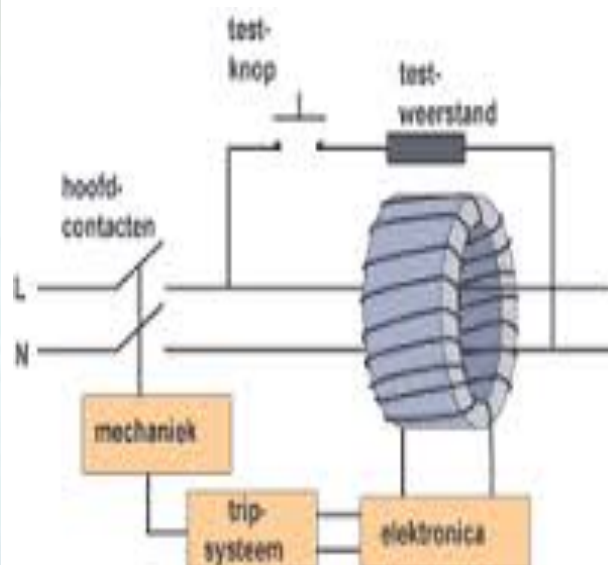
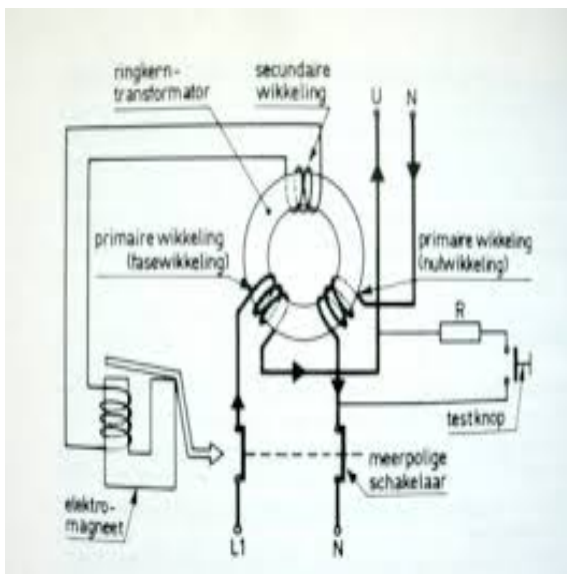
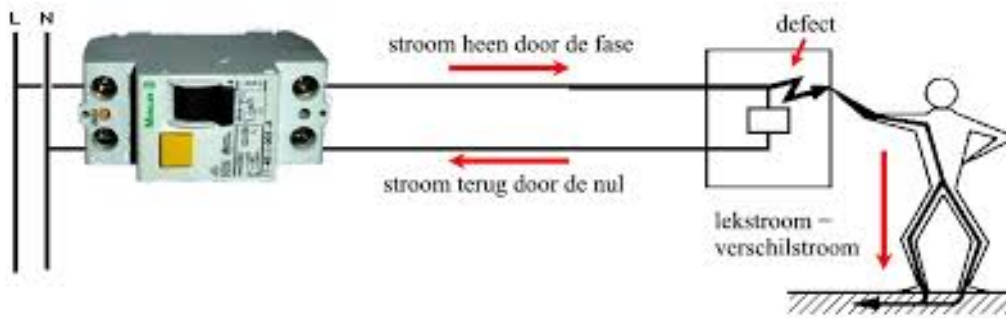


Fig. 34

Aarding en aardlekschakelaar

Elektrische apparatuur is vaak goed beschermd. Ten eerste door een metalen omhulsel om het apparaat. Daarnaast voorkomt een goede veiligheidsaarding dat elektrische apparaten onder spanning komen te staan. Hebt u een kapot apparaat in huis? Dan zorgt de aarding voor veiligheid, doordat de stroom via de aardleiding naar de aarde wegvloeit. U merkt dan dat de stop in de meterkast doorslaat of uw aardlekschakelaar schakelt automatisch de elektriciteit uit voordat het gevaarlijk kan worden.

Toch kunnen gevaarlijke situaties rondom elektriciteit altijd ontstaan. Dat kan gebeuren als de aardedraad loszit of ontbreekt. In de meeste gevallen ontdekt u dit pas als het misgaat, u merkt namelijk niet aan uw apparatuur of de installatie in de meterkast nog geaard is. Daarom adviseren wij de aardlekschakelaar regelmatig te testen en de aarding te laten controleren door een erkend installateur, als u twijfelt of uw installatie goed geaard is.

Aardlekschakelaar

Een aardlekschakelaar is een extra beveiliging van uw stroomvoorziening. Elektrische installaties in woningen zijn sinds 1975 verplicht voorzien van één of meer aardlekschakelaars. U herkent deze in uw meterkast aan het testknopje met de letter T.

Op een aardlekschakelaar zijn één of meerdere groepen aangesloten. Een aardlekschakelaar schakelt de stroom uit als er lekstroom naar de aarde wegvloeit. Maar ook bij onweer kan een aardlekschakelaar



uitschakelen. Zo worden onveilige situaties voorkomen. In de meeste gevallen kunt u de aardlekschakelaar weer inschakelen, door de schakelaar naar boven te zetten. Dan hebt u overal weer elektriciteit. Als de aardlekschakelaar direct weer uitschakelt, heeft u te maken met een defect in uw eigen installatie of in de apparatuur die daarop aangesloten is. Het stappenplan van Liander geeft aan wat u moet doen als de stroom is uitgevallen.

Hebt u een aardlekschakelaar? Dan raden wij u aan deze tenminste twee keer per jaar te testen. Dat doet u zo:

- Druk de testknop (T of Test) in
- De elektrische installatie wordt uitgeschakeld
- Wordt de installatie niet uitgeschakeld, laat dan een erkend installateur langskomen
- Als u de schakelaar weer inschakelt, moet alles weer normaal werken

Gearde stopcontacten

Gearde stopcontacten vindt u in vochtige ruimtes. Dat is nodig, omdat vocht en metaal goede geleiders zijn van elektriciteit. Mocht er een defect optreden in een elektrisch apparaat, dan zorgt de aardleiding ervoor dat de elektriciteit via de aarde wegvloeit. In nieuwere woningen vindt u vaak overal in huis gearde stopcontacten. Tegenwoordig heeft namelijk steeds meer apparatuur een gearde stopcontact nodig. Een gearde stopcontact is dieper dan een normaal stopcontact en heeft metalen contactpunten. De stekker van niet gearde apparatuur past niet in een gearde stopcontact. Als een stekker niet in een keer past, is het niet veilig om het apparaat op dat stopcontact aan te sluiten.

Laat de aarding controleren

De huiseigenaar is zelf verantwoordelijk voor de veiligheid van zijn elektrische installatie en apparatuur. Van groot belang is daarbij dat uw installatie een goede veiligheidsaarding heeft. Twijfelt u of de aarding in uw woning goed geregeld is? Schakel dan een erkende installateur in om de aarding te controleren. U kunt daarbij denken aan de volgende situaties:

- Verhuizing naar een andere woning
- Verbouwing
- Aanpassing aan de elektrische installatie
- Als u denkt dat uw installatie is gearde op het kunststof waterleidingnet
- Bij twijfel
- Eens in de tien jaar

Dit zijn drie voorbeelden van aardlekschakelaars.



Fig. 35



De aardlekschakelaar in de meterkast vergelijkt de inkomende en de uitgaande stroom in uw huis. Die moet even groot zijn. Als dat niet zo is, dan is er iets mis en verlaat de stroom de elektrische installatie op een verkeerde manier, bijvoorbeeld door een probleem met de aarding. In dat geval onderbreekt de aardlekschakelaar direct de stroomtoevoer.

Sinds 1975 is een aardlekschakelaar verplicht. Hebt u een oude installatie zonder aardlekschakelaar? Laat er dan één plaatsen door een erkend installateur.

Wat te doen wanneer de aardlekschakelaar is uitgeschakeld?

- Schakel alle groepen achter de aardlekschakelaar uit met de groepsschakelaars in de meterkast.
- Schakel ook alle elektrische apparaten uit, door de stekkers uit de stopcontacten te halen.
- Schakel de uitgeschakelde aardlekschakelaar en de groepsschakelaars weer in.
- Schakel de apparaten 1 voor 1 weer in, totdat de aardlekschakelaar opnieuw wordt uitgeschakeld. Zo merkt u welk apparaat kapot is.

Geeft geen enkel apparaat een probleem? En is er ook geen sprake van overbelasting? Waarschuw dan een erkend installateur om te controleren of er iets met uw installatie aan de hand is.

De aardlekschakelaar kan ook omslaan door blikseminslag. Vaak kunt u hem zonder problemen weer aanzetten. Als de aardlekschakelaar direct weer wordt uitgeschakeld, kan het zijn dat er een apparaat in huis kapot is gegaan. Hierboven is beschreven hoe u achterhaalt om welk apparaat het gaat. Het kan ook zijn dat de aardlekschakelaar zelf defect is geraakt. Neem dan contact op met een erkend installateur.

Aardlekschakelaar testen

Test tenminste 2 maal per jaar uw aardlekschakelaar. Een handig geheugensteuntje is om dit te doen bij de overgang naar zomer- en wintertijd.

- Druk de testknop in. Deze herkent u doordat er T of Test op staat.
- De elektrische installatie wordt uitgeschakeld. Zo niet, laat dan meteen een erkend installateur langskomen.
- Zet de schakelaar weer terug. Nu moet alles weer normaal werken. Zo niet, bel dan een erkend installateur.

Aardlekbeveiliging

Zoals bekend, kan de mens schadelijke gevolgen ondervinden indien de stroom door het lichaam te groot wordt. Normalerweise zorgen materialen met isolerende eigenschappen ervoor dat de mens niet direct of indirect met elektriciteit in aanraking kan komen. Hierdoor is er sprake van een veilige situatie. Indien de isolerende materialen echter door veroudering of een externe oorzaak beschadigd raken, kunnen gevaarlijke situaties ontstaan. Tegen een aantal van deze gevaarlijke situaties is aardlekbeveiliging een goede bescherming.

Aardlekbeveiliging wordt gebruikt om te beveiligen tegen de volgende drie gevaren:

- Direct aanrakingsgevaar
- Indirect aanrakingsgevaar voor de mens
- Brandgevaar door aardlekstromen



Gevoeligheid van de mens voor elektriciteit

Zoals wij allen weten, is de mens niet bestand tegen grote stromen door het lichaam. Deze uitspraak wordt misschien nog wel het best geïllustreerd door figuur 14 van IEC 60479-1 (effects of current on human beings and livestock).

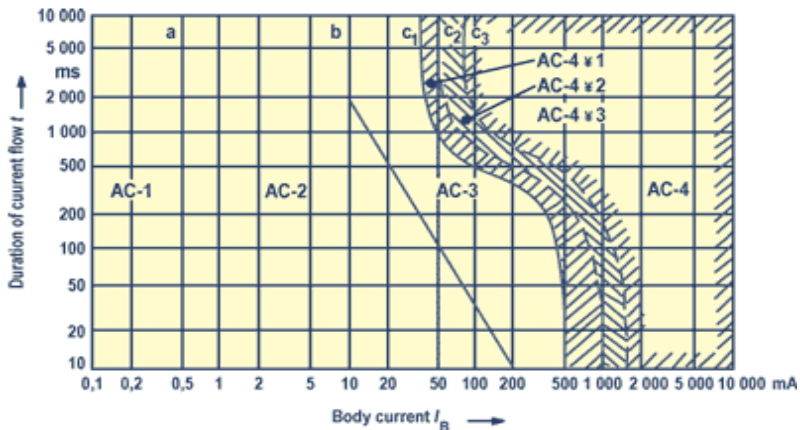


Fig. 36 Tijd-stroom zones voor effecten op het menselijk lichaam ten gevolge van AC-stromen met een frequentie van 15Hz tot 100Hz.

De IEC 60479-1 stelt nu dat de mens in het gebied links van curve c1 normaal gesproken geen blijvende schade ondervindt indien de stroom door het lichaam loopt. Dit wil echter niet zeggen dat de mens niets voelt van deze stromen. In het gebied tussen curve b en curve c1 is er wel degelijk sprake van spierverkramping en kunnen zelfs kortstondige hartritme stoornissen optreden.

Op basis van figuur 34 van de IEC 60479-1 kan dus gesteld worden dat de mens normalerwijze tegen onherstelbare beschadiging ten gevolge van defecten in de elektrische installatie beschermd is, indien er niet meer dan 30mA stroom (a.c.) door het menselijk lichaam kan vloeien.

Om een stroom groter dan 30mA door een menselijk lichaam te laten lopen dient tussen twee punten van dat lichaam een voldoende groot potentiaalverschil te bestaan. Hoe groot dit potentiaalverschil moet zijn hangt af van de impedantie tussen deze twee punten van het lichaam. IEC 60479-1 geeft een aantal verschillende impedantie voor het menselijk lichaam. De waarde van de impedantie hangt af van:

- Tussen welke ledematen het potentiaalverschil staat (tussen twee handen is de impedantie bijvoorbeeld lager dan tussen een hand en een voet);
- De frequentie van de stroom;
- De spreiding in impedantie tussen de verschillende lichamen.
- De isolerende eigenschappen van kleding.

Op basis van de gegevens van de IEC 60479-1 komt de NEN 1010 (bepaling 8.410.101) tot een veilige spanning van maximaal 50V AC (50Hz.) Voor gelijkspanning komt de NEN 1010 (bepaling 8.410.101) op een veilige spanning van maximaal 120V.

Direct aanrakingsgevaar

Men praat over direct aanrakingsgevaar als men direct met de spanning in aanraking kan komen zonder dat deze spanning beveiligd is door een isolerende omhulling of een gearde omhulling. Twee voorbeelden van direct aanrakingsgevaar zijn:



- Een kind dat een breinaald in de wandcontactdoos steekt;
- Een sluiting in de voeding van een computer met metalen kast die niet op een geaarde wandcontactdoos is aangesloten.

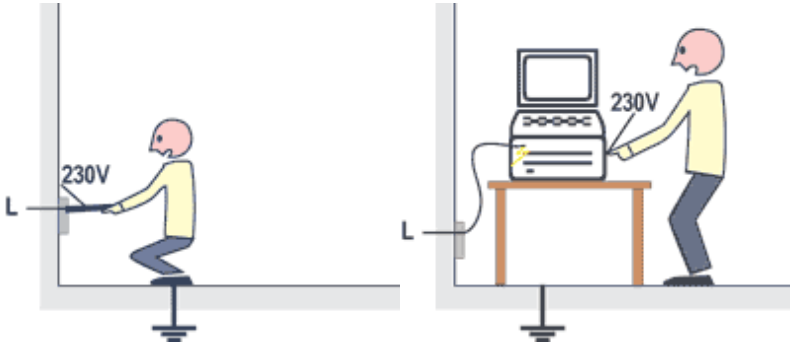


Fig. 37 Belangrijk bij bovenstaande situaties is het feit dat er sprake is van een stroom door het lichaam.

Een breinaald alleen in het stopcontact voert geen stroom en geeft ook geen sluiting. Er gaat pas stroom lopen indien iemand de breinaald vastpakt. Deze persoon staat namelijk met zijn voeten op een geaarde vloer (0V) en raakt daarna met zijn hand een wisselspanning van 230V aan. De stroom die nu door het lichaam gaat lopen is meestal hoger dan 30mA en heeft vaak dodelijke gevolgen.

Ook de computer die op een wandcontactdoos zonder randaarde is aangesloten en op een houten tafel staat levert direct aanrakingsgevaar op indien door een defect de fasedraad contact maakt met de metalen behuizing van de computer. In deze situatie loopt er wederom geen stroom zolang niemand de behuizing van de computer aanraakt. Het is wel zo dat de behuizing van de computer nu verbonden is met een 230V wisselspanning.

Indien nu iemand de computer aanraakt ontstaat dezelfde situatie als in het voorbeeld van de breinaald: de persoon staat met zijn voeten op een geaarde vloer en raakt met zijn handen de behuizing van de computer die verbonden is met een 230V wisselspanning. Wederom zal er een stroom door die persoon gaan lopen die meestal groter is dan 30mA en wederom zal deze situatie vaak een dodelijk afloop hebben.

Men dient zich te realiseren dat aardfoutbeveiliging, naast isolatie, de enige beveiliging is tegen direct aanrakingsgevaar. Een patroon of installatieautomaat beveiligt niet tegen bovenstaande situaties.

Een patroon of installatieautomaat zijn beveiligingen tegen overbelasting en kortsluiting dat betekent dat deze pas afschakelen bij stromen die significant groter zijn dan de nominaalstroom. Voor een 16A installatieautomaat geldt bijvoorbeeld dat deze pas uitschakelt bij stromen die duidelijk hoger zijn dan 16A. Echter, al een stroompje van 0,1A, zoals die in bovenstaande situaties zou kunnen gaan lopen, is dodelijk voor de meeste mensen. Om tegen direct aanrakingsgevaar beveiligd te zijn moet de elektrische installatie voorzien zijn van een aardlekschakelaar volgens IEC 61008 of IEC 61009 met een aanspreekstroom van maximaal 30mA. Deze aardlekschakelaar schakelt aardlekstromen groter dan 30mA binnen een veilige tijd af.

Dat een aardlekschakelaar de veiligheid van personen vergroot bij defecten aan of misbruik van de elektrische installatie wordt ook onderkend door de NEN 1010. De NEN 1010 heeft in de vijfde druk een groot aantal situaties toegevoegd waarin het gebruik van een 30mA aardlekschakelaar verplicht is.



Voor uw gemak heeft Eaton Holec een programma ontwikkeld waarmee u kunt controleren of u volgens de NEN 1010 in een bepaalde situatie een aardlekschakelaar toe moet passen of niet.

Indirect aanrakingsgevaar

Bij indirect aanrakingsgevaar is er in tegenstelling tot direct aanrakingsgevaar wel sprake van een geaarde metalen omhulling. Als deze metalen omhulling echter niet voldoende geaard is kan deze omhulling bij een aardsluiting (sluiting tussen fase en aarde) op een gevaarlijk hoge spanning komen te staan. Een en ander zal verduidelijkt worden aan de hand van een voorbeeld.

In het voorbeeld wordt uitgegaan van een computer met een metalen omhulling die op een wandcontactdoos met randaarde is aangesloten. In de voeding van deze computer ontstaat een aardsluiting waardoor de omhulling (kast) van de computer verbonden wordt met de fase van het elektriciteitsnet.

Figuur 36 hieronder illustreert deze situatie.

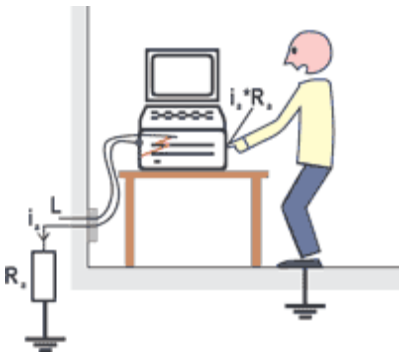


Fig. 38 Situatieschets indirect aanrakingsgevaar.

Doordat de computer op een wandcontactdoos met randaarde is aangesloten zal er bij een aardsluiting direct een aardfoutstroom gaan lopen. De grootte van deze stroom hangt af van de aardverspreidingsweerstand (R_a) van de elektrische installatie. De grootte van de aardfoutstroom kan eenvoudig afgeschat worden met de formule:

$$i_a = 230V/R_a$$

De gedachte achter het gebruik van wandcontactdozen met randaarde en de daarop aangesloten metalen omhullingen is dat indien er een aardsluiting ontstaat en de metalen omhulling dus een gevaarlijk hoge spanning aanneemt, er direct een zodanig grote aardfoutstroom gaat lopen dat de beveiliging van de desbetreffende groep binnen een veilige tijd afschakelt. Of deze beveiliging een installatieautomaat of patroon mag zijn of toch een aardlekbeveiliging moet zijn hangt af van de aardverspreidingsweerstand R_a .

In een aantal delen van Nederland zijn verbruikers aangesloten op een TN-stroomstelsel. In een TN-stroomstelsel is de aardverspreidingsweerstand de impedantie van de retourgeleider naar de voedingstransformator. De impedantie van deze retourgeleider is in de orde van enkele tienden Ohms. Gevolg van deze lage impedantie is dat de aardfoutstroom in TN-stroomstelsels al gauw enkele honderden ampères bedraagt.

Indien nu gekeken wordt hoe snel bijvoorbeeld een 16A patroon of automaat een stroom van enkele honderden ampères afschakelt dan zal men zien dat de patroon of installatieautomaat deze stroom ruim



binnen de daarvoor in de NEN 1010 gestelde normen afschakelt. Indien de aardverspreidingsweerstand laag genoeg is, kunnen installatieautomaten of patronen dus prima beschermen tegen indirect aanrakingsgevaar.

In grote delen van Nederland zijn verbruikers echter aangesloten op zogenaamde TT-stroomstelsels, dat betekent dat de aardverspreidingsweerstand een veel hogere waarden aan kan nemen. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en de wijze van aarden van de installatie kan de aardverspreidingsweerstand waarden aannemen van één Ohm tot boven honderd Ohm. Indien de aardverspreiding weerstand bijvoorbeeld een waarde van 100 Ohm heeft zal er in het geval van een aardsluiting slechts een aardfoutstroom van 2,3A gaan lopen. Indien nu de groep beveiligd wordt door een bijvoorbeeld een 16A patroon of installatieautomaat zal deze beveiliging niet aanspreken bij een aardfoutstroom van 2,3 A. De 16A installatieautomaat of patroon spreekt immers pas aan bij stromen boven 16A.

In een dergelijke situatie is de metalen omhulling van de computer dus voor lange tijd verbonden met een gevaarlijk hoge spanning terwijl deze toch (slecht) geaard is. Dit noemt men indirect aanrakingsgevaar. Een aardlekschakelaar zal geplaatst moeten worden om er voor te zorgen dat er wel tegen indirect aanrakingsgevaar beschermd wordt.

De NEN 1010 stelt in bepaling 8.411.101 dat de aardverspreidingsweerstand ten hoogste 167 Ohm mag zijn indien de installatie beveiligd is door een aardlekschakelaar met een aanspreekstroom van maximaal 300mA. Aardlekschakelaars met een aanspreekstroom groter dan 300mA mogen in Nederland niet meer toegepast worden als beveiliging tegen indirect aanrakingsgevaar.

Vaak wordt een 300mA aardlekschakelaar tevens gebruikt als hoofdschakelaar en worden achter deze 300mA aardlekschakelaar nog een aantal 30mA aardlekschakelaars geplaatst om te beveiligen tegen direct aanrakingsgevaar. In deze situatie moet de 300mA aardlekschakelaar een S-type aardlekschakelaar zijn om voldoende aardlekselectiviteit te verkrijgen.

Brandgevaar door aardlekstromen

Vaak leest men dat een brand veroorzaakt werd door kortsluiting. Hoewel dit mogelijk is, wordt brand in de meeste gevallen juist niet door een kortsluiting veroorzaakt maar door een kleine overbelasting of een aardlekstroom.

Een kortsluiting wordt normaal gesproken binnen enkele milliseconden door een patroon of een vermogensschakelaars onderbroken. Het materiaal om de kortsluiting moet dan dus ook binnen enkele milliseconden vlam vatten om een brand te veroorzaken.

Kleine overbelastingen worden ook afgeschakeld door patronen of vermogensschakelaars maar de tijd waarin de overbelasting wordt afgeschakeld kan variëren van enkele minuten tot een paar uur. In deze situatie krijgt het materiaal van het apparaat dat de overbelasting veroorzaakt veel meer tijd om op te warmen. Goede afstemming tussen overstroombeveiliging en de achterliggende geleiders en apparatuur voorkomt dat brand kan ontstaan ten gevolge van een overbelasting.

Als laatste is er de aardlekstroom. Hoe een aardlekstroom een brand kan veroorzaken wordt door onderstaand voorbeeld toegelicht. Vaak komt het voor dat in een woning niet voldoende wandcontactdozen op de juiste plaats zitten. Normaal gesproken lost men dit probleem op door verlengsnoeren met contactdozen te gebruiken. Deze verlengsnoeren worden vervolgens meestal onder het tapijt weggemoffeld zodat deze niet meer zichtbaar zijn en liggen vaak ook nog voor deuren zodat men regelmatig over de



snoeren loopt. In de loop der tijd kan dan de isolatie van een dergelijk verlengsnoer beschadigd raken en kan er een slecht geleidende aardfout ontstaan.



Fig. 39 Het verlengsnoer wordt beschadigd.

In bovenstaand voorbeeld ontstaat er bijvoorbeeld een slecht geleidende aardfout tussen fase en aarde in het verlengsnoer. De weerstand van de aardfout in het verlengsnoer is 100 Ohm en de aardverspreidingsweerstand van de woning is 1 Ohm. Er loopt nu een aardfoutstroom van:

$$i_a = 230V / 100 + 1 = 2,28A$$

Dit betekent dat de foutplaats in het verlengsnoer opgewarmd wordt met een vermogen van:

$$P_{diss} = R_{fout} * i_a^2 = 100 * 2,28^2 = 519W$$

Een idee van de warmte die ontwikkeld kan worden door 519W krijgt u indien u voorzichtig (!) voelt hoe heet een gloeilamp van slechts 60W al wordt.

Bovenstaande aardlekstroom van 2,28A wordt niet afgeschakeld door de 16A patroon of installatieautomaat die in de meeste gevallen de desbetreffende groep voedt en dus heeft de aardlekstroom alle tijd om de materialen in de omgeving van de aardfout op te warmen tot er brand ontstaat.

Om tegen bovenstaande situatie te beveiligen is een aardlekschakelaar volgens IEC 61008 zeer geschikt. Vaak wordt dan een 300mA S-type aardlekschakelaar als hoofdschakelaar voor de installatie gebruikt. Dit heeft als voordeel dat de gehele installatie beschermd is tegen de risico's van bovenstaande situatie en tegen indirect aanrakingsgevaar terwijl vervolgens nog verschillende groepen uitgerust kunnen worden met 30mA aardlekschakelaars om die groepen te beveiligen tegen direct aanrakingsgevaar.

