

Hoofdstuk 10

Veiligheid in elektrische netwerken

Doelstellingen

1. Begrippen uit de elektrische veiligheid kennen
2. Weten dat de veiligheid van elektrische installaties in wetten en normen beschreven staat

In dit hoofdstuk gaan we ons beperken tot laagspanningsinstallaties.

10.1 Gevaar van elektrocutie

Veiligheid kan worden omschreven als *'het niet aanwezig zijn van omstandigheden welke aanleiding kunnen geven tot een letsel van personen of dieren, of schade van roerende of onroerende goederen.* Zo behoren elektrische gevaren ook tot zo'n klasse. Er bestaat gevaar voor mens of dier via elektrocutie, verbranding... en voor omgeving via brand, explosie... Voor een levend wezen is het effect van contact met elektriciteit afhankelijk van

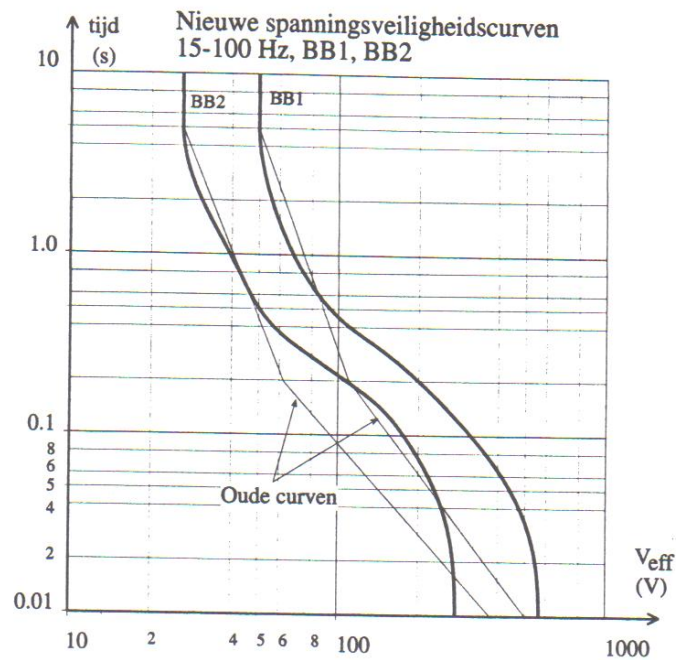
- De stroomsterkte : de invloed van de stroomsterkte hangt af van persoon tot persoon
- Duur van de stroomdoorgang : Voor stroomsterkten groter dan de verbreakingsstroomgrens, dit is de maximale stroom waarbij iemand zich nog eigenmachtig kan onttrekken, is de duur van het contact enorm belangrijk.
- Impedantie van het lichaam : Deze kan men beschouwen als een parallelschakeling van een weerstand met een condensator, en hangt af van de aard van de huid en grootte van het contactoppervlak. De impedantie vermindert bij toenemende spanning. De vochtigheidstoestand van de huid speelt uiteraard ook een belangrijke rol. Deze vochtigheidsgraad wordt weergegeven in een code BB.

10.2 HOOFDSTUK 10. VEILIGHEID IN ELEKTRISCHE NETWERKEN

(BB1: bezweet, BB2: nat, BB3: ondergedompeld)

- Frequentie van de stroom: de meest nadelige frequentie is de industriële, dus 50 tot 60Hz.
- Traject van de stroom door het lichaam: als de stroom door de hartstreek vloeit is er het meeste kans op hartfibrillatie dus hartstilstand.

Rekening houdende met de resultaten bekomen uit experimenten heeft het IEC de invloed van stroomdoorgang in stroominvloedscurven weergegeven. Uit deze stroominvloedscurven is bij conventie de stroomveiligheidscurve opgesteld. Doch werken met stromen is niet erg efficiënt en men is dan overgestapt naar de spanningsveiligheidscurve om veiligheidsnormen op te stellen. Dit is gebeurt rekening houdende met de verschillende mogelijke weerstandswaarden van het menselijke lichaam.



Figuur 10.1: spanningsveiligheidscurve BB1 en BB2

Het risico is uiteraard afhankelijk van de hoeveelheid elektrische energie die het lichaam binnentreedt.

10.2 Normen

Een norm is een publiek verkrijgbaar document van technische aard, opgesteld in samenwerking met en met instemming of algemene goedkeuring van alle belanghebbende partijen, vertegenwoordigd in de normalisatie-instelling. Ze is gebaseerd op gevestigde resultaten van wetenschap, technologie, experiment en ervaring en is gericht op de optimale werking van de samenleving. Een norm moet echter niet verplicht in acht genomen worden. In België worden zulke documenten in principe gepubliceerd door het Belgisch Instituut voor Normalisatie (BIN) en wordt gekenmerkt door de letters NBN.

Voor elektrische installaties vinden we de normen terug in het Algemeen Reglement voor de Elektrische Installatie.(AREI)

10.2.1 Normen met betrekking tot elektrische installatie

- ISO: International Standard Organisation
- IEC: International Electrotechnical Commission
- CENELEC: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
- BEC: Belgisch elektrotechnisch Comité

10.2.2 Wetgeving omtrent normen

Soms zijn normen in een wetgeving opgenomen en dienen dan ook gevolgd te worden. Zoals gezegd is dit in België het geval voor elektrische installaties en het AREI. Het is echter zo dat wetgeving getrappt wordt gevolgd in België. Dit wil zeggen dat supranationale wetgeving moet worden opgenomen in het de Belgische wetgeving. Zo bestaat de 'Europese Laagspanningsrichtlijn' en het 'CE'keurmerk die beide moeten gevolgd worden bij het ontwerp van een elektrische installatie.

10.3 Netstelsels

Er bestaan verschillende netstelsels voor het overbrengen van elektrische energie in meerfasige netwerken.

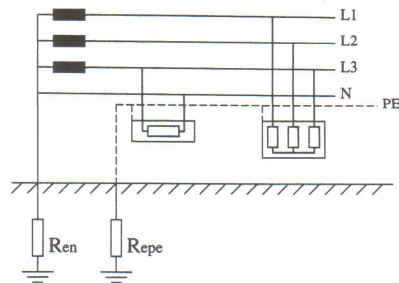
Het al dan niet verbinden van een actief deel van het net met de aarde samen met de aardingstoestand van de massa's van de installatie, bepaald door de beschermingsgeleider, geeft aanleiding tot verschillende netsystemen of netstelsels. Elk van deze stelsels wordt gekenmerkt door een code bestaande uit twee letters eventueel aangevuld met nog één of twee letters.

- De eerste geeft de relatie aan tussen de actieve delen van de voedingsbron en de aarde
 - T: Rechtreekse galvanische verbinding van een actief deel met de aarde

10.4 HOOFDSTUK 10. VEILIGHEID IN ELEKTRISCHE NETWERKEN

- I: Hetzij isolatie van alle actieve delen tenoverstaan van de aarde, hetzij galvanische verbinding van een actief deel met de aarde via een grote impedantie
- De tweede letter geeft de relatie aan tussen de massa's van de elektrische installatie en de aarde
 - T: Alle massa's zijn rechtstreeks galvanisch verbonden met de aarding die onafhankelijk is van een eventuele aarding van een actief deel van de voeding
 - N : Alle massa's zijn rechtstreeks galvanisch verbonden met de aarding van een actief deel van de voeding
 - U : Alle massa's zijn rechtstreeks verbonden met elkaar en niet geaard
- De eventuele derde of vierde letter, door een streepje gescheiden van de eerste twee en eventueel van elkaar, geven de uitvoering aan van de nulgeleider en van de beschermingsgeleider
 - S : De functies van nulgeleider en beschermingsgeleider worden vervuld door afzonderlijke geleiders (S = separated)
 - C : beide functies van beschermingsgeleider en nulgeleider worden door dezelfde geleider vervuld.(C=common)

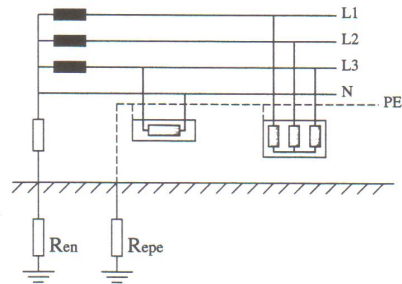
10.3.1 TTnet



10.3.2 ITnet

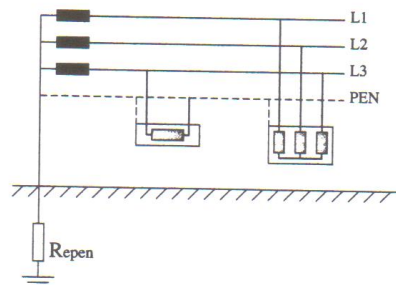
De nulgeleider wordt nu verbonden met de aarde met een grote impedantie. Men zou kunnen denken dat deze systemen fundamenteel verschillen van mekaar

maar eigenlijk is een nulgeleider nooit volledig geïsoleerd van de aarde via lekimpedanties gevormd door isolatieweerstanden en capaciteiten t.o.v. de aarde.



10.3.3 TN-Cnet

Nulgeleider N en beschermingsgeleider PE worden samengenomen.



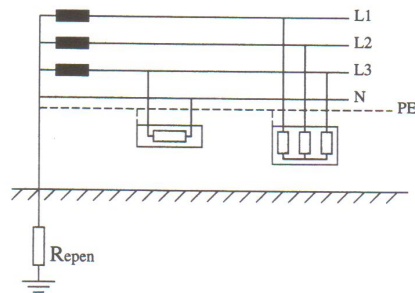
10.3.4 TN-Snet

Er bestaan nog meer stelsels maar deze vallen buiten het bestek van deze cursus.

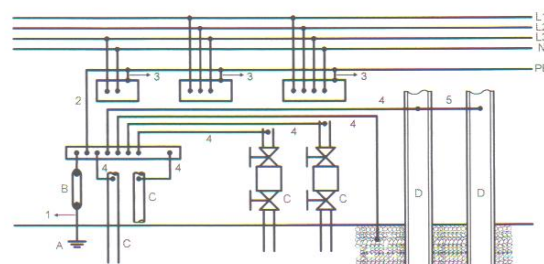
10.4 Aardingsinstallatie

In een aardingsinstallatie maakt men onderscheid tussen

10.6 HOOFDSTUK 10. VEILIGHEID IN ELEKTRISCHE NETWERKEN



- De aardgeleider : Dit is de geleider die de hoofdaardingsklem verbindt met de aardverbinding. De doorsnede wordt bepaald door de mechanische sterkte en bescherming tegen corrosie. $S_{min} = 16mm^2$
- Beschermingsgeleider : Deze moet in de installatie beschikbaar zijn aan alle gebruikstoestellen.
- Hoofdequipotentiaalverbinding : Aardingsaansluiting, differentieelstroominrichting of een beschermingsgeleider volstaan niet om elektrocutiegevaar uit te schakelen. Vreemde geleidende delen, die een gevaarlijke potentiaal kunnen verspreiden, moeten onderling met elkaar verbonden worden. Dit noemt men de hoofdequipotentiaalverbinding. $S_{min} = 6mm^2$
- Bijkomende equipotentiaalverbinding : De elektrische continuïteit van een circuit is niet altijd verzekerd zodat men soms bijkomende equipotentiaalverbindingen eist, zoals in badkamers



- A. Aardverbinding of aardingslus
 B. Aardingsseparator
 C. Vreemde geleidende delen (gas, water, CV, ...)
 D. Metalen draagstructuren
1. Aardgeleider
 2. Hoofdbeschermingsgeleider
 3. Beschermingsgeleider
 4. Hoofdequipotentiaal verbinding
 5. Bijkomende equipotentiaalverbinding

10.5 Uitwendige invloed

Om een goed ontwerp te hebben moet men uitwendige invloeden op de installatie goed kunnen inschatten. Om een goede keuze van het materiaal te kunnen vereenvoudigen heeft men daarom deze invloeden in klassen ondergebracht. Elke invloed zal men aanduiden met een hoofdletter die betrekking heeft op die invloed. Een tweede hoofdletter zal in verband staan met de aard van de uitwendige invloed en een cijfer met de maat van het belang van de invloed. 1 duidt dan op normale omstandigheden.

- A : invloeden die uitgaan van de omgeving en onafhankelijk van de installatie
- B : invloeden uitgaande van de gebruiker van de installatie en de lokalen waarin deze opgesteld is
- C : invloeden van de constructie van het gebouw waarin de installatie is geplaatst

Zo is bijvoorbeeld AM4 aanwezigheid van ioniserende straling waarbij schadelijke invloed mogelijk is.

10.6 Elektrisch materiaal

Men eist dat een elektrisch toestel bij normale werking, helemaal veilig en bedrijfszeker is. In relatie tot de uitwendige invloeden definieert men de graad van bescherming die een omhulsel biedt dat geplaatst is rond de actieve delen van een elektrisch toestel. De aard van bescherming die men met deze classificatie beoogd is de volgende

- Bescherming van personen tegen aanrakingen of benadering van delen onder spanning
- Bescherming van het materiaal in het omhulsel tegen binnendringen van vreemde vaste deeltje : AE
- Bescherming van het materiaal tegen aanwezigheid van water : AD

De beschermingsgraad wordt gegeven door de letters IP gevolgd door 2 karakteristieke cijfers en eventueel 2 optionele cijfers Er bestaan ook klassen van materiaal ingedeeld naar de isolatie van dit materiaal. Isolatie gaat van functionele isolatie tot versterkte isolatie.

Zo heeft men ook explosie veilig materiaal.¹ Het elektrisch materiaal is ingedeeld in groepen en veiligheidsklassen en naar gelang deze indeling zal men kunnen terugvinden in welke zone welk materiaal kan en mag gebruikt worden. De klassen worden vooraf gegaan door het symbool EEx. Zo heeft men onderstaande beveiligingswijzen tegen gasexplosie

¹Deze indeling is belangrijk in het volgende hoofdstuk waar we het zullen hebben over de ATEX richtlijn

- Ontploffingsvaste behuizing : EEx d
Het omhulsel is mechanisch voldoende stevig zodat een interne ontploffing zich niet verder naar buiten kan zetten.
- Verhoogde veiligheid : EEx e
De beveiliging steunt op niet aanwezig zijn van vonken of hoge temperaturen tijdens normale werking
- Omhulling : EEx h
De delen die aanleiding kunnen geven tot explosie worden in een hars ingegoten.
- Intrinsieke veiligheid : EEx i
Het principe berust op het feit dat voor elk ontplofbaar medium een minimale ontstekingsenergie vereist is.
- Olivulling : EEx o
Het toestel zal ondergedompeld worden in olie. Deze techniek wordt minder gebruikt.
- Inwendige overdruk : EEx p
Hier wordt het onmogelijk gemaakt dat een ontplofbaar mengsel kan binnendringen door de aanwezigheid van een inert gas in het omhulsel. Dit gas staat onder hogere druk dan deze van de omgeving.
- Poedervormige vulling : EEx q Een fijn poeder dient als beveiliging tegen ontploffing.

Voorbeeld: EEx i IIA T6: explosieveilig materiaal door intrinsieke veiligheid geschikt voor gassen van groep IIA tot temperatuursklasse T6.

10.7 Zekeringen

Een zekering of smeltveiligheid is een toestel dat dient om door het smelten van één of meerder speciaal daartoe ontworpen elementen de kring te onderbreken wanneer de stroom een bepaalde waarde overschrijdt gedurende een bepaalde tijd.

Het werkingsprincipe steunt op het Joule-effect.

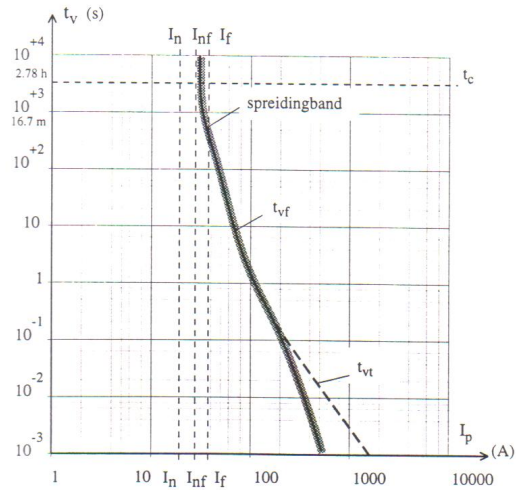
10.7.1 Uitschakelkarakteristiek

De stroom die en zekering kan doorlopen zonder dat deze haar eigenschappen verandert noemt men de nominale stroom I_n . Het is de stroom waarop de zekering afgestemd is.

Daar het zeer moeilijk is om zekeringen te bouwen die snel werken rond hun nominale stroom heeft men, in het gebied van de kleine overbelastingen, de begrippen conventionele smeltstroom I_f en niet-conventionele smeltstroom I_{nf} gedefiniëerd.

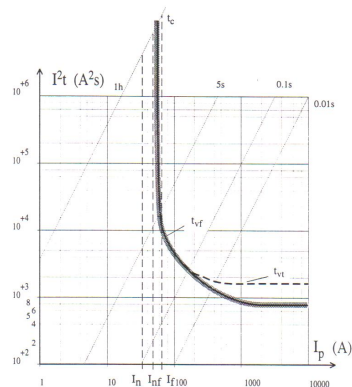
- I_{nf} : de stroom die de zekering moet kunnen voeren zonder door te smelten
- I_f : de stroom waarbij de zekering binnen de conventionele tijd moet doorsmelten.

Dit geeft onderstaande grafiek



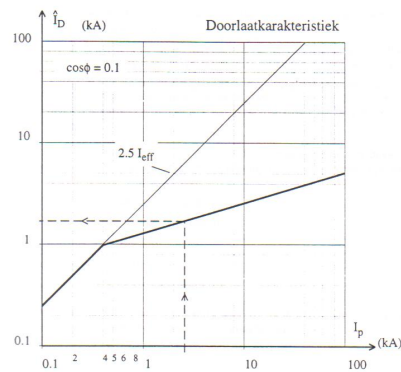
10.7.2 I^2t karakteristiek

Bij hele grote overstromen zal de doorgelaten warmteïmpuls van een zekering naar een constante waarde evolueren en dit geeft onderstaande karakteristiek. In feite bevatten deze karakteristiek en de uitschakelkarakteristiek dezelfde informatie. Voor kleine uitschakeltijd zal men deze karakteristiek gebruiken en voor grotere de uitschakelkarakteristiek.



10.7.3 Doorlaatkarakteristiek

Men kan voor elke zekering de piekwaarde van de stroom bepalen die de zekering doorlaat in de meest ongunstige omstandigheden. Dit geeft onderstaande doorlaatkarakteristiek.



10.7.4 Gestandaardiseerde zekeringen

Zekeringen worden ingedeeld in twee functieklassen

- Zekeringen die gelijktijdig tegen overbelasting en kortsluiting beveiligen. Dit zijn zekeringen van type g, general purpose fuses.
- Zekeringen die enkel tegen kortsluiting beveiligen. Dit zijn zekeringen van type a, accompanied fuses.

Naast de functieklassen maakt men een onderverdeling naargelang de te beveiligen objecten. Beveiliging van:

- kabels en leidingen: I
- toestellen en motoren: M
- transformatoren: Tr
- halfgeleiders: R
- mijnbouwinstallaties: B

Zo bekomt men volgende bedrijfsklassen: gI,aM,aR,gR,gB,gTr met elk hun eigen karakteristieken.

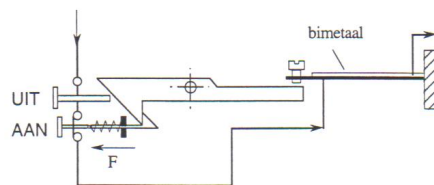
10.8 Vermogenschakelaars

Een vermogenschakelaar is een mechanisch toestel dat in staat is om gedurende de normale werking stromen te schakelen, te voeren en te onderbreken. Een vermogenschakelaar kan ook bepaalde netfouten detecteren en elimineren door af te schakelen.

In wat volgt zullen we ons beperken tot ontgrendeling. Hierbij moet men een onderscheid maken tussen overbelasting en kortsluiting.

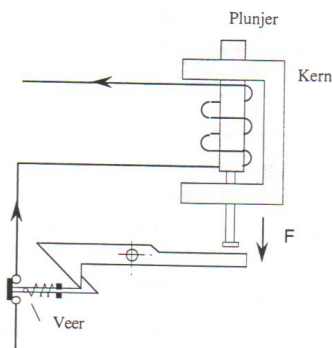
10.8.1 Overbelasting

De beveiliging kan gebeuren door een elektrothermische lossers. Het basiselement is een bimetaal. Onderstaande figuur geeft een schema van dit type beveiliging



10.8.2 Kortsluitstroombeveiliging

Dit wordt gerealiseerd door een elektromagnetische ontgrendelaar. Deze is samengesteld uit een elektromagnetische kern en een winding die doorlopen wordt door een stroom die evenredig is met de stroom in de te beveiligen kring. De stroom in de wikkeling doet een flux ontstaan. Zodra een bepaalde waarde van de stroom overschreden wordt zal een ontgrendeling plaats vinden door elektromagnetische krachtwerking. Onderstaande tekening geeft het prinscipeschema

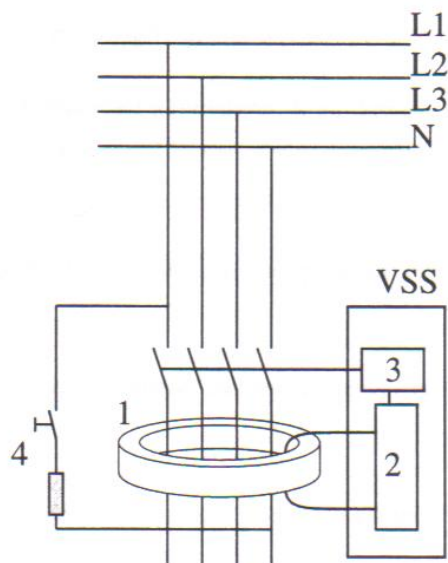


Beide componenten hebben ook hun karakteristieken maar deze vallen buiten het bestek van deze cursus. Het principe blijft steeds de keuze van de uitschakeltijd

van de component.

10.9 Verliesstroomschakelaar

De verliesstroomschakelaar is een beveiligingstoestel dat in werking treedt als er een verliesstroom naar de aarde vloeit. De gevaarlijke stroomkring wordt onderbroken wanneer de aardlek de nominale verliesstroom bereikt. De opbouw volgt uit onderstaand schema



1. Het opsporingsorgaan is een ferromagnetische ringkern waar alle geleiders, *nulleider inbegrepen, maar beschermingsgeleider uitgesloten*, moeten doorlopen die de beschermde kring voeden.
2. In een installatie *zonder* verliesstroom is de vektoriele som van de stromen die door de ring lopen nul en wordt geen magnetische inductie voort gebracht. Bij verliesstroom is er dus wel een inductie.
3. Het uitschakelorgaan die de schakelaar uitschakelt wanneer de gevoeligheid wordt bereikt.
4. Een verliesstroomschakelaar heeft een proeftoets.

Er bestaan verschillende klassen van verliesstroomschakelaars. AC dient voor zuivere wisselstroom, A voor pulserende gelijkstroom en B voor gelijkstroom.