

Autoriteit Consument & Markt
de heer [vertrouwelijk]
Postbus 16326
2500 BH DEN HAAG

Uw kenmerk ACM/DE/2016/202445 || zaaknummer 15.0729.52
Ons kenmerk BR-16-1193
Behandeld door [vertrouwelijk]
Telefoon 070 - [vertrouwelijk]
E-mail [vertrouwelijk] @netbeheernederland.nl
Datum 6 juli 2016

Onderwerp Reactie wijzigingsopdracht veiligheid LS-netten

Geachte heer [vertrouwelijk],

Hierbij ontvangt u, namens de gezamenlijke netbeheerders, een reactie op uw wijzigingsopdracht ACM/DE/2016/202445, d.d. 28 april 2016, aangaande ons codewijzigingsvoorstel BR-15-1051, d.d. 6 juli 2015 tot wijziging van de Netcode elektriciteit (hierna NcE) met als doel veiligheidsvoorschriften voor laagspanningsnetten toe te voegen aan de NcE.

In het vervolg van deze brief treft u per onderdeel een reactie aan op de onderdelen uit de bijlage bij uw wijzigingsopdracht. In de bijlage bij deze brief is de herziene codetekst opgenomen. Deze tekst vervangt het oorspronkelijke voorstel. Om dit uit te drukken is het oorspronkelijke voorstel rood gemarkeerd en doorgehaald en is het herziene voorstel groen gemarkeerd en onderstreept.

1. Tegenstrijdigheid met Plan van Aanpak en met de begeleidende brief

Het codewijzigingsvoorstel dat bij u is ingediend bevat de ontwerpnorm voor nieuw te ontwerpen netten in relatie tot de bescherming tegen elektrische schok. Het voorstel betreft niet de bestaande netten. Conform het eerder bij u ingediende plan van aanpak (BR-15-1046, d.d. 20 februari 2015) is het de bedoeling om, uitgaande van de in BR-15-1051 voorgestelde veiligheidsnorm, aanvullende regels op te stellen voor bestaande netten. Voor het bepalen van doelmatige en efficiënte aanvullende regels is het nodig om vast te stellen in welke mate bestaande netten niet aan de voorgestelde veiligheidsnorm voldoen en wat de impact zou zijn indien achteraf aanpassingen aan het net zouden moeten worden verricht of indien aanvullende maatregelen genomen moeten worden in de sfeer van inspectie of de bedrijfsvoering. Dit werk wordt momenteel uitgevoerd. Het betekent het

doorrekenen van vele tienduizenden deelnetten. Het streven is om op basis van de verkregen resultaten en inzichten medio 2017 een aanvullend codewijzigingsvoorstel in te kunnen dienen. Om duidelijk te maken dat het voorstel gaat over nieuw te ontwerpen laagspanningsnetten, is in de formulering van de desbetreffende bepaling de zinsnede opgenomen: “De netbeheerder hanteert vanaf dd.mm.jjjj {datum inwerkingtrede codewijziging} bij het ontwerp...”. De aanvullende bepalingen die medio 2017 ingediend zullen worden, kunnen dan beginnen met “De netbeheerder hanteert voor netten ontworpen voor dd.mm.jjjj etc..”.

2. De plaats van de bepalingen in de code

We zijn met u eens dat de plek van de voorgestelde nieuwe bepalingen in hoofdstuk 6 van de NcE niet ideaal is. Het opnemen in hoofdstuk 3 is echter ook niet ideaal. De nieuwe bepalingen stellen immers eisen aan het ontwerp van een laagspanningsnet, en niet aan de kwaliteit van de transportdienst. We zien echter geen nut in het strikt vasthouden aan de eerder voorgestelde plaats in de NcE en geven daarom gehoor aan uw opdracht de voorgestelde bepalingen op te nemen in hoofdstuk 3 .

3. Artikel 6.4 – De definities

De veiligheid waarover we in het kader van het codewijzigingsvoorstel BR-15-1051 spreken betreft de aanraakveiligheid voor de mens en levende have, zoals die in de NEN 1010 wordt aangeduid. Bij laagspanning is de nadering van een installatie niet voldoende voor stroom door het lichaam. Bij laagspanning kan pas letsel of schade ontstaan als een object dat onder spanning staat aangeraakt wordt. De veiligheid is daarom alleen een aandachtspunt bij aanraakbaar metalen delen die door een defect in het net van de netbeheerder onder spanning komen te staan (TN-stelsel). Hoeveel letsel er ontstaat is afhankelijk van de spanning op het object dat aangeraakt wordt en de hoeveelheid stroom die door het lichaam loopt. Een norm voor veiligheid voor laagspanningsnetten moet dus iets zeggen over welke spanning acceptabel is, en over hoe bij het ontwerpen van een laagspanningsnet er voor gezorgd kan worden dat er geen situatie kan ontstaan waarin de acceptabele spanning overschreden wordt.

Voor het vaststellen van de diverse bepalingen is uitgegaan van de NEN 1010:2009¹, elektrische installaties voor laagspanning. In deze door de overheid aangewezen norm wordt het veiligheidsniveau vastgelegd voor alle elektrische laagspanningsinstallaties. Alhoewel in deze norm is opgenomen dat de norm niet geldt voor de netten van netbeheerders, willen de netbeheerders ten aanzien van de veiligheid van personen toch een zelfde veiligheidsniveau hanteren.

De NEN 1010 (zowel de 2009 als de 2015 versie) maakt onderscheid tussen eindgroepen en distributiegroepen:

¹ Vanaf 1 juli 2016 is de versie uit 2015 van kracht: NEN 1010:2015

411.3.2.2 De maximale uitschakeltijden volgens tabel 41.1 gelden voor eindgroepen die contactdozen voeden en eindgroepen van ten hoogste 32 A.

411.3.2.3 In TN-stelsels is een uitschakeltijd van ten hoogste 5 s toegelaten voor distributiegroepen en voor stroomketens die niet vallen onder 411.3.2.2.

Voor de laagspanningsnetten van netbeheerders geldt dat deze een distributiegroep zijn. Netbeheerders stellen daarom voor aan te sluiten bij deze internationaal aanvaarde veiligheidsnorm: een uitschakeltijd van 5 seconden of een aanraakspanning van lager dan 50V.

Met aanraakspanning wordt bedoeld de spanning die over een lichaam staat tussen een object onder spanning en de aarde waar het lichaam staat. Aanraakspanning is een situationeel gegeven en afhankelijk van de lichaamsweerstand, schoeiselweerstand e.d. Uitgaande van het gewenste veiligheidsniveau (aanraakspanning lager dan 50 V of korter dan 5 seconden) moeten er manieren worden gevonden om in het netontwerp te garanderen dat de aanraakspanning in praktijk nooit hoger dan 50V zal zijn.

De meest voor de hand liggende manier is om er voor te zorgen dat er geen aanraakbare metalen delen zijn in de openbare ruimte. Een andere manier is om er voor te zorgen dat de spanning die optreedt in geval van kortsluiting in normale omstandigheden nooit zo hoog kan worden dat de aanraakspanning op objecten die eventueel wel aanraakbaar zijn in de openbare ruimte de 50V overschrijdt.

De spanning die optreedt in geval van kortsluiting ten opzichte van verre aarde wordt foutspanning genoemd. Deze spanning kan bij het netontwerp een maximale waarde krijgen. Hoe hoger een optredende foutspanning, hoe hoger de resulterende aanraakspanning. Het verband is echter niet 1-op-1 omdat de aanraakspanning een situationeel gegeven is. In de praktijk echter, zal een foutspanning van 66V in de praktijk in vrijwel alle gevallen leiden tot een aanraakspanning lager dan 50V.

We zijn het met u eens dat in het oorspronkelijke voorstel geen scherp onderscheid werd gemaakt tussen gekozen veiligheidsnorm en operationalisatie daarvan in een technische norm. In het herziene voorstel nemen we daarom definities op voor aanraakspanning en foutspanning. In bijlage 2 wordt het verband tussen beide uitgelegd.

4. Artikel 6.4.1 – Geen criteria

I

In het herziene voorstel komen we aan uw opdracht tegemoet door een verwijzing op de nemen naar de inhoudelijke bepalingen voor het ontwerp, de bedrijfsvoering, inspectie en herinspectie van de netten.

5. Artikel 6.4.2 – Minimum veiligheidseisen

Voor het bepalen van de veiligheidseisen is gekozen voor een veiligheidsniveau, identiek wat geldt voor alle nieuwe installaties in Nederland. Elke installatie (incl. buitenverlichting) zal dan een zelfde veiligheidsniveau hebben. De overheid hanteert hierbij overigens voor bestaande installaties een

veiligheidsniveau wat terugvalt op de NEN 1010 van 1962 en geeft hiermee aan een lager veiligheidsniveau acceptabel te vinden.

De NEN 1010 baseert zich op de IEC 60479 en hanteert bij de bepaling van de toelaatbare aanraakspanning de curve C1, de 5% waarde van de menselijke lichaamsweerstand (5% heeft lagere weerstand) en het feit dat iemand een onder spanning staand deel met twee handen aanpakt met twee voeten op aarde.

Bij de bepaling van de toelaatbare foutspanning is van dezelfde uitgangspunten uitgegaan (zie ook bijlage 2).

6. Artikel 6.4.2 – Bedrijfsvoering netten – eis over bedrijfsvoering ontbreekt.

Dit was verwoord in 6.4.1. De codewijziging zal zodanig worden geherformuleerd dat duidelijk is dat ook in de bedrijfsvoering getoetst wordt op het vastgestelde veiligheidsniveau.

7. Artikel 6.4.2 – Referentieniveau en tenzij-bepaling

Zoals bij punt 3 reeds gemeld, is in het herziene voorstel aan uw opdracht tegemoet gekomen, door duidelijker uit te drukken welk veiligheidsniveau wordt nagestreefd en hoe de operationalisatie daarvan vormgegeven wordt. De weergegeven foutspanning en uitschakeltijd zijn gebaseerd op de beschermingsmaatregel “automatische uitschakeling van de voeding”. Dit is een van de mogelijke maatregelen. In de basisnorm NEN-EN-IEC 61140 (en ook de NEN 1010) worden andere mogelijkheden aangegeven om een goede bescherming tegen elektrische schok te krijgen zoals onder andere klasse II toestellen, dubbele isolatie, beschermingstransformatoren, potentiaalvereffening, etcetera. Deze mogelijkheden moeten ook voor de netbeheerder te gebruiken zijn als de automatische uitschakeling van de voeding technisch moeilijk of slechts tegen zeer hoge kosten haalbaar is. Het kunnen treffen van deze andere maatregelen ter bescherming tegen elektrische schok zijn in een separaat artikel (3.4.3) opgenomen.

8. Artikel 6.4.3 – Verwijzing naar sectornormen/richtlijnen

In lijn met uw opdracht is de verwijzing naar sectornormen geschrapt.

9. Artikel 6.4.4 – andere richtlijnen

In het voorgaande is beschreven dat het referentiveiligheidsniveau wordt opgevat als een maximale aanraakspanning van 50V of een uitschakeltijd van maximaal 5 seconden bij hogere aanraakspanning. Die is in eerste instantie geoperationaliseerd als een foutspanning van 66V. Als de gewenste uitschakeltijd of de maximale foutspanning niet kan worden gegarandeerd dient de netbeheerder andere maatregelen te nemen om een vergelijkbaar veiligheidsniveau (i.e. maximale aanraakspanning van 50V of geen bereikbaarheid van metalen delen) te bereiken. Voorbeelden van

deze maatregelen zijn potentiaalvereffening of het toepassen van dubbele isolatie. In het voorgestelde nieuwe artikel 3.4.3 wordt de mogelijkheid opgenomen op andere wijze een vergelijkbaar veiligheidsniveau te verkrijgen, maar wordt de wijze waarop dat gebeurt niet voorgeschreven.

10. Eenduidige criteria – kortsluitvastheid

In artikel 3.4.4 is een eis opgenomen t.a.v. de kortsluitvastheid van componenten in het laagspanningsnet, gerelateerd aan de mogelijkheid om in specifieke gevallen onvoldoende kortsluitvastheid van een aansluitkabel te accepteren.

11. Onderscheid risico- en overige gebieden

In de afgelopen decennia zijn voor zover ons bekend geen voorbeelden gerapporteerd van persoonlijke ongelukken, veroorzaakt door een aanraakspanning van 50V. Ook vanuit ACM is na herhaaldelijk verzoek geen case aangereikt waaruit blijkt dat bij toepassen van de eisen zoals thans verwoord een gevaarlijke situatie is opgetreden. Een aanscherping van de eis zal dan ook geen vermindering van het aantal ongelukken met zich meebrengen.

De kosten voor de netbeheerder zullen echter wel toenemen bij aanscherpen van de eisen voor nieuwe netten naar bijvoorbeeld 25V. Om een aanraakspanning 25 V te bereiken moet de retourimpedantie ca. 5 maal lager zijn dan de faseimpedantie hetgeen betekent dat de kosten van het net ongeveer verdubbeld worden.

Het onderscheid in risico- en overige gebieden wordt ook gemaakt in de NEN 1010. Bij badkamers, zwembaden en dergelijke worden extra eisen gesteld. Voor de openbare ruimte stelt NEN 1010 echter geen extra eisen. Het is lastig als netbeheerder om in de openbare ruimte risicogebieden eenduidig vast te stellen. Voor gebieden waar bijvoorbeeld kinderen spelen wordt vanuit ACM voorgesteld dat de eis voor aanraakspanning lager wordt gesteld dan de thans voorgestelde 50V. In de praktijk is dit echter een moeilijk te hanteren optie. Kinderen spelen immers overal en niet alleen op kinderspeelplaatsen. Daarenboven zijn kinderspeelplaatsen niet alleen gelegen in de openbare ruimte, maar ook op terreinen van scholen en speeltuinverenigingen. Gelijke veiligheid voor potentiële risicogebieden voor kinderen is dan ook niet te garanderen.

Binnen de openbare ruimte zijn meer onderscheiden denkbaar. Wellicht zou ook onderscheid gemaakt kunnen worden (naast 'aanwezigheid van kinderen') tussen gebieden naast open water en gebieden niet naast open water. En het onderscheiden van risicogebieden zou niet per sé gebonden aan kinderen hoeven zijn. Oudere of zwakkere mensen zouden dan wellicht ook in de afweging meegenomen moeten worden. Als het extra te onderscheiden risico de aanwezigheid van water zou moeten zijn, dan is, vanwege regen, elke plek in de openbare ruimte potentieel een risicogebied. Er is zover ons bekend geen (inter)nationale norm voor laagspanningsinstallaties die voor de openbare ruimte extra risico's beschrijft. De grenzen zijn immers niet scherp te stellen en zullen altijd onderhavig aan discussie zijn.

De norm van aanraakspanning voor de openbare ruimte zou in zijn geheel scherper gesteld kunnen worden dan de thans voorgestelde 50V. Het voordeel van aansluiten bij een Europees gedefinieerde

norm is dat er een enorme kennis en ervaring achter schuilgaat. Elke norm is uiteraard al gebaseerd op een afweging tussen wel of niet aanvaardbare risico's, kans van voorkomen van een fout, situatie waarop mens/die in aanraking komt met een onderspanning staand toestel etc. De eisen zoals thans voorgesteld komen overeen met de huidige stand der techniek, wat voor nieuwe netten het uitgangspunt zou moeten zijn.

Het aanscherpen van de eisen voor nieuwe netten naar 25V is volgens de netbeheerders onnodig, werkt kostenverhogend en is derhalve ondoelmatig.

Met vriendelijke groet,

André Jurjus
directeur

Bijlage 1 Voorgestelde codeteksten

[15-04-2000] besluit 00-011
[27-02-2009] besluit 102466/23
[12-05-2016] besluit 2016/202149

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] BR-16-1193

Begrippencode elektriciteit

aanraakspanning

Spanning tussen gelijktijdig bereikbare geleidende delen, wanneer deze geleidende delen niet in aanraking zijn met een persoon of dier.

foutspanning

spanning die optreedt als gevolg van een isolatiefout tussen het punt waar de fout optreedt en de referentieaarde

[15-11-1999] besluit 99-005
[17-02-2009] besluit 102466/23
[12-05-2016] besluit 2016/202151

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] BR-16-1193

[06-07-2016] voorstel BR-15-1054
(ACM-dossier 15.0729.52)

[06-07-2016] voorstel BR-15-1054
(ACM-dossier 15.0729.52)

[06-07-2015] voorstel BR-15-1054
(ACM-dossier 15.0729.52)

[06-07-2015] voorstel BR-15-1054
(ACM-dossier 15.0729.52)

[06-07-2016] voorstel BR-15-1054
(ACM-dossier 15.0729.52)

Netcode elektriciteit

[.....]

3.4 Veiligheidseisen voor laagspanningsnetten

3.4.1 Het net overschrijdt niet een aanraakspanning van 50V of wordt bij een optredende fout waarbij de aanraakspanning hoger wordt dan 50V binnen 5 seconden uitgeschakeld.

3.4.2 Aan de in 3.4.1 genoemde eis wordt voldaan wanneer het net zo is ontworpen dat een optredende fouts spanning boven 66V in uiterlijk 5 seconden wordt uitgeschakeld in het geval de aardingsvoorziening

- i) aan de afnemer ter beschikking wordt gesteld zoals bedoeld in artikel 2.2.1.2, of
- ii) door de netbeheerder wordt gebruikt voor de elektrische veiligheid van de laagspanningsnetten.

3.4.3 Een netbeheerder kan ook andere maatregelen treffen dan beschreven in 3.4.2 om te voldoen aan de eis in 3.4.1.

3.4.4 De laagspanningsnetten moeten kortsluitvast zijn. Voor aansluitleidingen kan hier van worden afgeweken mits dit niet leidt tot veiligheidsrisico's ten gevolge van een kortsluiting.

3.4.5 De netbeheerder hanteert vanaf {datum inwerkingtreding codewijziging} de eisen genoemd in 3.4.1 t/m 3.4.4 bij het ontwerp en herontwerp van laagspanningsnetten.

3.4.6 De netbeheerder hanteert de eisen genoemd in 3.4.1 t/m 3.4.4 bij de inspectie, de bedrijfsvoering en de herinspectie van laagspanningsnetten zoals bedoeld in artikel 3.4.5.

6.4 Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsnetten

6.4.1 De netbeheerder hanteert bij het ontwerp, de aanleg, de inspectie, de herinspectie en de bedrijfsvoering van laagspanningsnetten eenduidige en transparante richtlijnen met als doel de aanrakingsveiligheid van deze laagspanningsnetten te waarborgen.

6.4.2 Als referentie veiligheidsniveau, waaraan het ontwerp en de aanleg van laagspanningsnetten getoetst wordt, geldt een uitschakeltijd van 5 seconden of een fouts spanning lager dan 66 V, tenzij de netbeheerder aanvullende maatregelen heeft getroffen om een tenminste gelijkwaardig aanrakingsveiligheidsniveau te verkrijgen.

6.4.3 Aan 6.4.1 en 6.4.2 is in elk geval voldaan indien de netbeheerder voor het ontwerp en de aanleg van het desbetreffende net een van de volgende richtlijnen heeft toegepast:

a. "Richtlijnen distributienetten 1989" (uitgave VEEN 1989, heruitgave EnergieNed 1997);

b. "Veiligheidsbepalingen voor LS-distributienetten" (uitgave Netbeheer Nederland 2010);

en, voor zover het een net betreft waarmee aarding wordt aangeboden:

c. "Aanbevelingen voor distributienetten in verband met het aanbieden van een aardingsvoorziening" (uitgave EnergieNed, 1993);

6.4.4 Indien de netbeheerder andere richtlijnen heeft toegepast dan de in 6.4.3 genoemde documenten, toont hij aan welke maatregelen hij heeft genomen zodat een tenminste gelijkwaardig aanrakingsveiligheidsniveau is bereikt.

Bijlage 2 Aarden voor elektrische veiligheid

Aarden voor elektrische veiligheid

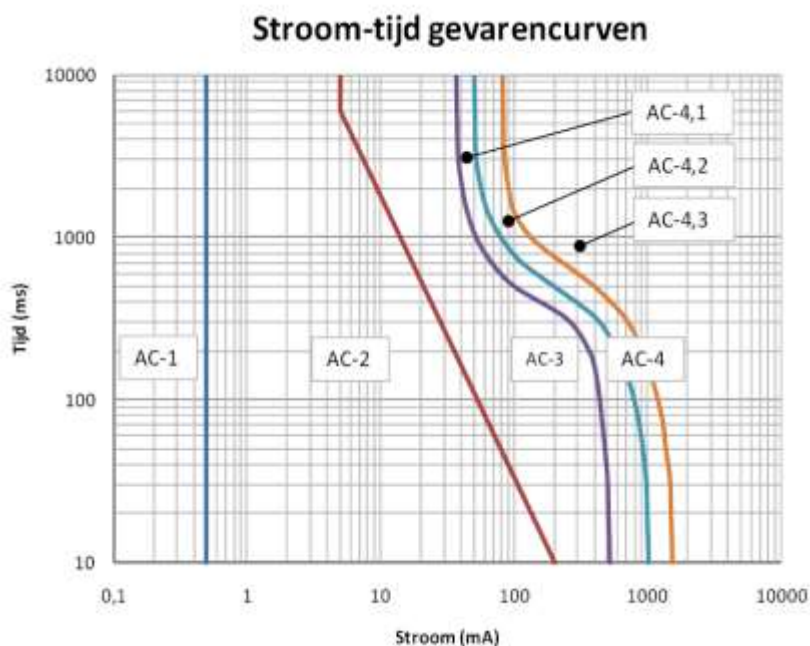
Voor het realiseren van een veilige aardingsvoorziening moet eerst goed worden vastgelegd wat veilig is. Welke spanning (of beter gezegd: stroom) kan een mens of vee verdragen. Als dit vastgelegd is kan men rekening houdend met een bepaalde lichaamsweerstand de veilige spanning definiëren en daarop een net gaan ontwerpen.

1 De mens en toelaatbare stroom door het lichaam

De mens heeft vooral problemen met de stroom door het lichaam. De invloed van stromen door het lichaam zijn uiteraard verschillend, afhankelijk of er sprake is van gelijkstroom of wisselstroom. Ook de frequentie van de stroom speelt hierbij een rol. De gevolgen van de stroom door het menselijke lichaam kan ruwweg worden onderverdeeld in:

- De stroom is nauwelijks waarneembaar
- De stroom veroorzaakt krampverschijnselen (loslaatgrens)
- De stroom veroorzaakt hartritme stoornissen

In figuur 1 is de invloed van wisselstromen met een frequentie van 50 Hz op het lichaam weergegeven



Figuur 1: Invloed van wisselstroom (50 Hz) op het menselijke lichaam (bron: phase to phase, gebaseerd op IEC-norm 60479)

De grens waarbij de stroom niet of nauwelijks waarneembaar is ligt bij ca. 0,5 mA. Krampverschijnselen beginnen op te treden bij 10 tot 15 mA. Deze verschijnselen leiden echter niet tot gevaarlijke situaties, tenzij er door schrikreacties gevaren optreden (bijvoorbeeld vallen van een ladder).

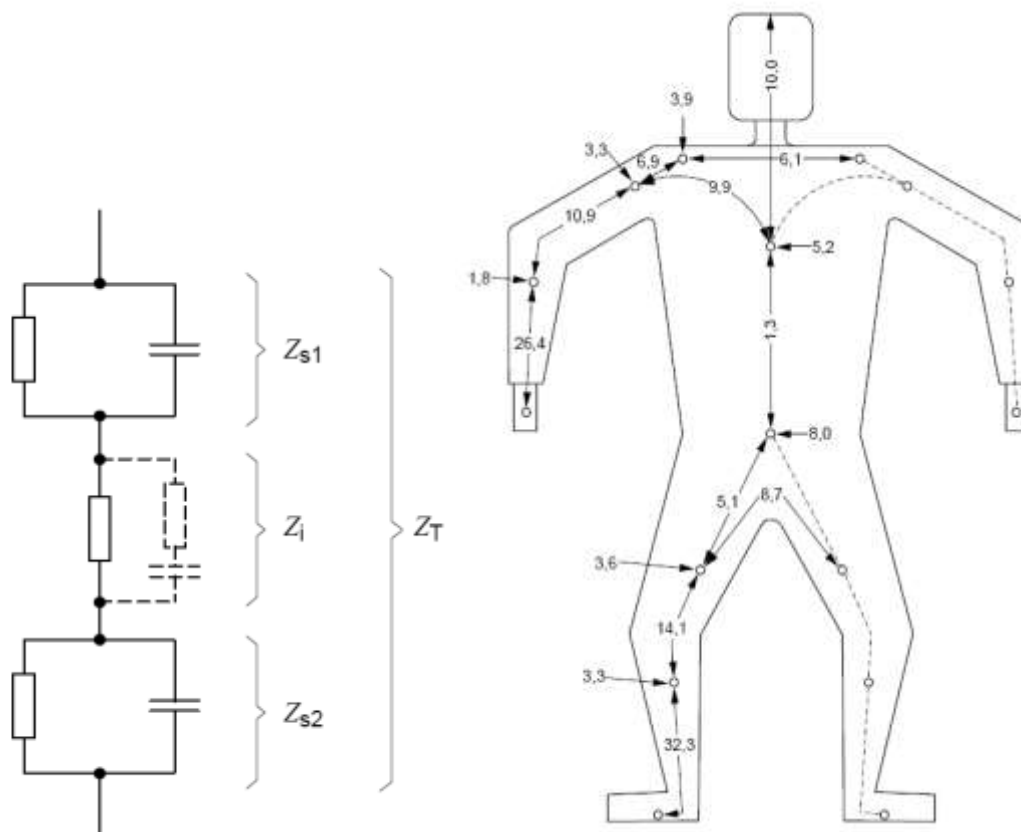
Verstoring van het hartritme is uiteraard wel een belangrijk risico. Dit risico is afhankelijk van de toestand van het menselijke lichaam en het hart zelf, maar ook van elektrische parameters zoals de vorm en frequentie van

Bijlage 2 Aarden voor elektrische veiligheid

de stroom, de tijdsduur dat de stroom loopt en het pad wat de stroom volgt door het lichaam. Als de tijdsduur korter is dan 0,1 seconde dan bestaat de mogelijkheid op hartfibrillatie bij een stroom groter dan 500 mA. Bij langere tijdsduur bestaat het risico ook bij veel lagere stromen (40 tot 50 mA). De paarse lijn die het overgangsgebied aangeeft tussen AC3 en AC4 wordt in de NEN 1010 gebruikt als maximaal toelaatbare stroom door het lichaam. De stroom die langdurig binnen gebied AC-3 blijft is ca. 37 mA.

2 Lichaamsweerstand

De lichaamsweerstand zal mede de stroom door het lichaam bepalen. Daarnaast kunnen natuurlijk allerlei weerstanden een rol spelen die in serie staan in de stroomkring die gevormd is. De weerstand van het menselijke lichaam is ook geen vast gegeven. In figuur 2 is schematisch de opbouw van de menselijke impedantie gegeven. De benaming impedantie is beter dan lichaamsweerstand, waar meestal over gesproken wordt, omdat er ook een aandeel van capacitieve impedantie in de totale impedantie is. Dit maakt de lichaamsimpedantie niet alleen afhankelijk van de spanning maar ook van de frequentie.

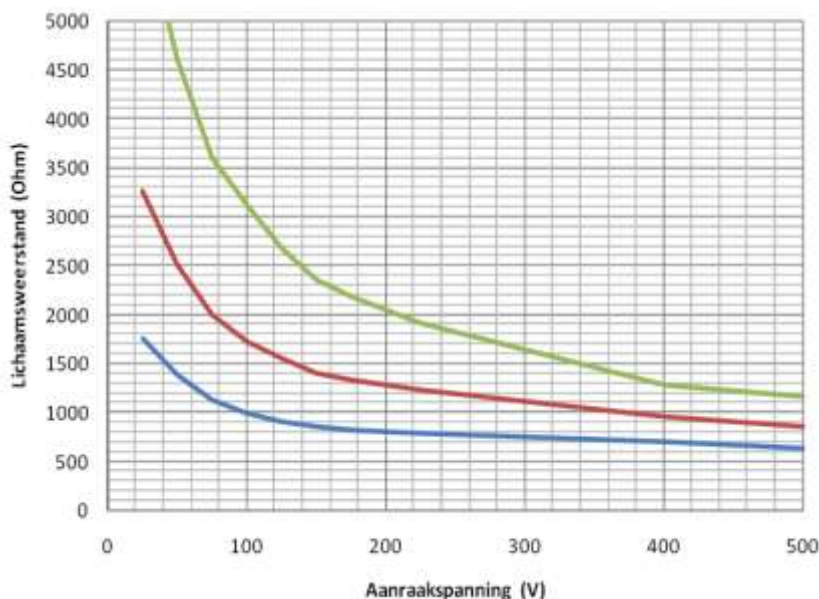


Figuur 2: Schematische opbouw lichaamsimpedantie (IEC 60479-1)

De impedanties Z_{s1} en Z_{s2} zijn de overgangswaarden van de huid en Z_i is de inwendige weerstand van het lichaam. De totale impedantie wordt uiteindelijk mede bepaald door de weg die de stroom gaat volgen. In de NEN 1010 wordt uitgegaan van een pad dat loopt via twee handen naar de twee voeten. (dus iemand pakt iets vast met twee handen en de stroom loopt naar aarde).

Bijlage 2 Aarden voor elektrische veiligheid

In figuur 3 zijn drie krommen weergegeven die aangeven wat de impedantie van het menselijke lichaam bij benadering kan zijn. De blauwe kromme is de laagste impedantie. Ongeveer 5% van de mensheid heeft nog een lagere impedantie. De rode kromme geeft de gemiddelde impedantie weer. De groene kromme is relatief hoog en slechts 5% van de mensheid heeft een nog hogere impedantie. In de NEN 1010 wordt de blauwe kromme als referentie gebruikt. Deze kromme is de impedantie van een hand naar een voet. Omdat de NEN 1010 uitgaat van een pad van 2 handen naar 2 voeten wordt gerekend met de helft van de waarden, af te lezen uit figuur 3.



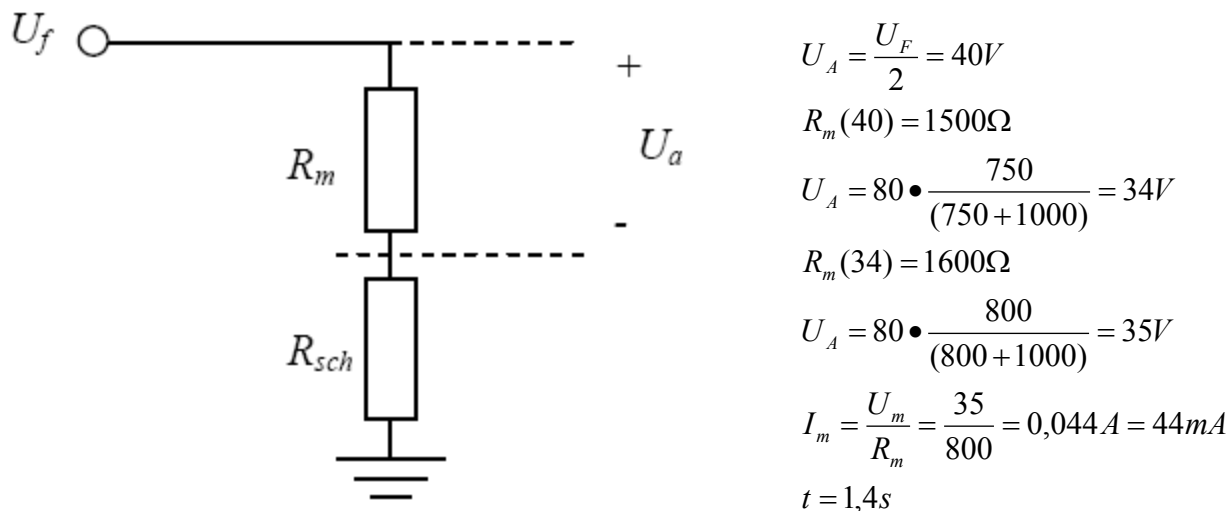
Figuur 3: Indicatie van de impedantie van het menselijke lichaam

Met de gegevens van de toelaatbare stroom door het lichaam en de impedantie van het lichaam kan gerekend worden aan de veilige aanraakspanning.

3 Veilige aanraakspanning

De veilige aanraakspanning kan nu worden berekend. Hierbij moet wel een iteratieproces worden doorlopen omdat de impedantie van het menselijke lichaam afhankelijk is van diezelfde aanraakspanning. Stel dat op een toestel een foutspanning (potentiaalverschil tussen toestel en verre aarde) komt te staan van 80 V. Uitgaande van een impedantie van het menselijke lichaam van 1000 Ω en een identieke overgangsweerstand (schoeisel e.d.) dan is de feitelijke spanning over het lichaam 40 V. De lichaamsweerstand bij deze aanraakspanning is 1500 Ω . (We gaan uit van de helft van deze impedantie). Daarmee wordt de nieuwe spanningsverdeling uitgerekend, de nieuwe impedantie van het lichaam etc. tot een redelijke constante eindwaarde wordt bereikt van (in dit geval) 35 V. De hierbij behorende stroom door het lichaam is 44 mA (zie figuur 4 voor deze gegevens)

Bijlage 2 Aarden voor elektrische veiligheid



Figuur 4.4: Berekening aanraakspanning en uitschakeltijden

Op soortgelijke wijze kan ook worden berekend dat bij een foutspanning van 66V een stroom door het lichaam gaat lopen van 37 mA, de grens voor de acceptabel stroom door het lichaam, gedurende lange tijd.

In de praktijk zullen er omstandigheden kunnen zijn die uiteraard anders zijn dan de aannames die nu gedaan zijn zoals:

- Lagere of hogere lichaamsweerstand
- Lagere of hogere overgangswaerstand
- Niet aanraken van metalen delen met 2 handen
- Staan binnen een potentiaalvereffening (of spanningstrechtter) waardoor de spanning die wordt overbrugt niet de foutspanning is

In de praktijk blijkt met de gebruikte aannames dat er geen ongevallen ontstaan als aan de vereiste maatregelen is voldaan.