



Inhoudsopgave

17	Hoofdstuk 17. Veiligheid.....	17-3
17.1	Wat leer je in dit hoofdstuk	17-3
17.2	Basisbegrippen.....	17-3
17.2.1	Uitgangspunten	17-3
17.2.2	Veiligheidsnormen.....	17-4
17.2.3	Afscherming (isolatie).....	17-4
17.3	Het menselijk lichaam	17-5
17.3.1	Inleiding.....	17-5
17.3.2	Gevolgen van een elektrische schok	17-5
17.3.3	Weerstand van het menselijk lichaam.....	17-5
17.3.4	Toegelaten aanraakspanningen	17-5
17.3.5	Aarding	17-6
17.3.6	Geladen condensatoren.....	17-7
17.4	Netvoeding	17-8
17.4.1	Inrichting.....	17-8
17.4.2	Verschil tussen fase, nul en aarde (kleurcode)	17-9
17.4.3	Uitvoering van aardverbindingen.	17-9
17.4.4	Aarding in de shack.....	17-10
17.4.5	HF-aarde	17-10
17.4.6	Snelle en trage veiligheden.....	17-11
17.5	Hoge spanning.....	17-12
17.6	Bliksemontlading	17-12
17.6.1	Gevaar	17-12
17.6.2	Bescherming.	17-13
17.7	Opstelling voor plaatsing van antennes en gevaren bij werken op hoogte (geen exameneis, lezing wel aanbevolen).....	17-13
17.8	Opgaven.....	17-15
17.8.1	Opgave 17-1.....	17-15
17.8.2	Opgave 17-2.....	17-16
17.8.3	Opgave 17-3.....	17-17



17.8.4	Opgave 17-4.....	17-18
17.8.5	Opgave 17-5.....	17-19
17.8.6	Opgave 17-6.....	17-20
17.8.7	Opgave 17-7.....	17-21
17.8.8	Opgave 17-8.....	17-22
17.9	Uitwerkingen van de opgaven	17-23
17.9.1	Uitwerking van Opgave 17-1	17-23
17.9.2	Uitwerking van Opgave 17-2	17-24
17.9.3	Uitwerking van Opgave 17-3	17-25
17.9.4	Uitwerking van Opgave 17-4	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
17.9.5	Uitwerking van Opgave 17-5	17-27
17.9.6	Uitwerking van Opgave 17-6	17-28
17.9.7	Uitwerking van Opgave 17-7	17-29
17.9.8	Uitwerking van Opgave 17-8	17-30



17 Hoofdstuk 17. Veiligheid

17.1 Wat leer je in dit hoofdstuk

Dit hoofdstuk gaat over het veilig uitoefenen van onze zendhobby. Een zendamateur werkt nu eenmaal met elektriciteit en elektromagnetische velden die energie bevatten. Die energie is in te grote hoeveelheid niet goed voor de menselijke gezondheid. Zendamateurs bouwen nogal eens eigen elektrische apparatuur. Ze mogen niet alleen zelf hun eigen apparatuur maken, maar die ook gebruiken zonder dat daaraan een keuring te pas komt. Dat kan alleen als de amateur voldoende kennis van zaken heeft.

In dit hoofdstuk komen veiligheidsnormen aan de orde, welke apparatuur op welke manier gebruikt moet worden om veilig te zijn en waaraan je ziet in wat voor veiligheids categorie een bepaald apparaat valt.

We besteden aandacht aan de vraag, welke stromen en spanningen een menselijk lichaam wel en niet kan verdragen en hoe Europese standaarden voor het voorkomen van elektrische schokken en dergelijke zijn opgebouwd.

Bij de netaansluitingen komt het verschil tussen fase, nul en aarde aan bod, hoe je ze aan de kleur van de draad herkent en de uitvoering van aardverbindingen. Ook andere beveiligingen als snelle en trage smeltveiligheden komen aan de orde.

Ook buitenwerk, zoals het opstellen en plaatsen van antennes heeft een plaats gekregen. Vaak betekent dit werken op hoogte met bijbehorende veiligheidsrisico's.

17.2 Basisbegrippen

17.2.1 Uitgangspunten

Als zendamateurs omgeven we ons met allerlei soorten apparatuur. Sommige soorten apparatuur zijn nieuw, andere gedateerd. Moderne apparatuur, verkrijgbaar in Europa, voldoet sinds 1995 aan richtlijnen ten aanzien van veilig gebruik. Deze richtlijnen stellen eenvoudig dat bij normaal gebruik en in geval van een enkele foutconditie¹ in het apparaat, ieder apparaat veilig moet zijn voor mens en dier. De fabrikant is hiervoor verantwoordelijk en aansprakelijk.

Omtrent veiligheid bestaat voortschrijdend inzicht. Wat in 1950 als veilig werd gezien, zou in 2020 waarschijnlijk niet meer mogen worden verkocht. Daarnaast bouwen en verbouwen amateurs apparatuur in eigen beheer. Voorzover niet voor commercieel gebruik bedoeld, is zelfbouw vrijgesteld van de eisen in de richtlijnen. Het is daarom noodzakelijk dat een zendamateur inzicht heeft in veiligheidseisen voor apparatuur.

De meeste apparaten, die we als zendamateurs gebruiken, worden op de één of andere manier gevoed met elektriciteit, al of niet uit het lichtnet. Het ligt daarom voor de hand,

¹ Een foutconditie is een veiligheidsmaatregel die door welke oorzaak ook, niet (goed) werkt.



in een hoofdstuk over veiligheid vooral naar elektrische gevaren te kijken. Dit zou de dagelijkse praktijk echter tekortdoen en daarom kijken we eerst wat meer gestructureerd naar wat veiligheid inhoudt.

17.2.2 Veiligheidsnormen

Toegepaste kennis op het gebied van veiligheid is onder meer vastgelegd in zogenoemde veiligheidsnormen per productgroep, zoals elektrische huishoudelijke apparatuur, laboratoriumapparatuur, medische hulpmiddelen, elektrische machines, enz.

De norm die voor ons zendateurs het meest van toepassing is, is de norm voor apparatuur op het gebied van audio/video, informatie- en communicatietechnologie. Deze wordt aangeduid als IEC 62368-1 (*uit het hoofd leren is niet nodig*).

De norm onderscheidt een aantal verschillende gevaren, waarvan alleen de elektrische schok, zijn mogelijke gevolgen en voorzorgsmaatregelen ertegen in de N-exameneisen worden genoemd. Wie wat uitgebreider wil kennismaken met deze materie, kan terecht in hoofdstuk 17 van de F-cursus.

Beschermingsmaatregelen richten zich op:

- **De apparatuur.** Denk hierbij aan methoden om het gevaar bij de bron aan te pakken, dat wil zeggen een apparaat zodanig te ontwerpen dat het geen gevaar oplevert (*safe by design*). Voorbeeld: gebruik van batterijen in plaats van netspanningsvoeding.
- **De omgeving.** Het apparaat blijft gevaarlijk, maar het gevaar wordt aanvaardbaar klein gemaakt door afscherpende maatregelen. Voorbeelden: het beperken van de toegang of het aanbrengen van een nabijheidschakelaar (*interlock*) die het apparaat uitschakelt als het wordt benaderd of geopend.
- **Gedrag van de gebruiker.** Voorbeeld: het opleiden van gebruikers in juist en veilig gebruik van het apparaat (gebruiksaanwijzing) of door tegen gevaar te waarschuwen door middel van waarschuwingstekens.

Bij voorkeur wordt een apparaat veilig gemaakt door ontwerp.

17.2.3 Afscherming (isolatie)

Een belangrijk principe bij het beveiligen van apparatuur is dat er altijd minstens twee vormen van afscherming moeten zijn tussen gevaar (zoals een dodelijke spanning) en gebruiker. Zoals eerder vermeld, moet het apparaat veilig zijn bij normaal gebruik, maar ook in geval van een enkele foutconditie. Met andere woorden: als één maatregel faalt, beschermt de andere nog. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van dubbel geïsoleerd snoer bij elektrische apparaten. Gaat de buitenste isolatielaag stuk, dan beschermt de binnenste (basis-)isolatielaag nog steeds tegen de gevaarlijke spanning (maar is er wel reden, er iets aan te doen!).

17.3 Het menselijk lichaam

17.3.1 Inleiding

Het menselijk lichaam is een bijzonder organisme dat in staat is, door middel van slechts gedeeltelijk begrepen biologische, chemische en natuurkundige processen tot grote fysieke en intellectuele prestaties te komen. Die eigenschappen zijn kwetsbaar. Over die kwetsbaarheid gaat deze paragraaf.

17.3.2 Gevolgen van een elektrische schok

Een elektrische stroom door het lichaam bij aanraking met spanningvoerende delen van een elektrisch apparaat, kan de processen in het lichaam flink verstoren en tot blijvende en zelfs fatale schade leiden. Afhankelijk van het pad dat de stroom door het lichaam volgt, kan zelfs een relatief kleine stroom van enkele mA binnen seconden al dodelijk zijn.

17.3.3 Weerstand van het menselijk lichaam

De weerstand van het lichaam kan variëren, onder meer door de weg die stroom door het lichaam volgt en het vochtgehalte van de huid op de plaatsen waar de stroom het lichaam binnenkomt en verlaat. De spanning tussen die punten zegt niet alles. Toch gaat men bij veiligheidsnormen meestal uit van spanning. Dat komt doordat spanningen goed te meten zijn. Dat geldt niet voor stroomsterkte. In dat laatste geval moet het meetinstrument in de stroombaan worden gezet. Als die baan door het menselijk lichaam loopt, wordt dat lastig en riskant. Daarom wordt toch vaak uitgegaan van toegelaten spanningen.

17.3.4 Toegelaten aanraakspanningen

Hierbij wordt uitgegaan van een droge en intacte huid. Nu is de huid is niet altijd even nat of droog. Hij kan ook beschadigd zijn, zoals bij een blaar of schaafwond. Het weefsel eronder is dan elektrisch beter bereikbaar. Dan gelden aanzienlijk lagere spanningen. Dat is vastgelegd in de medische norm IEC 60601-1. Die is geen examenstof. Tabel 17.3-1 is dat ook niet, maar geeft een indruk van veilige spanningen en stromen. In de tabel zijn de aanduidingen niet altijd zoals we gewend zijn. Lees V_{RMS} als V_{eff} , A_{RMS} als A_{eff} , V_{PK} als V_{max} . DC is gelijkstroom (*Direct Current*); AC is wisselstroom (*Alternating Current*).

Tabel 17.3-1. Veilig aanraakbare spanningen en stromen volgens tabel 4, IEC 62368-1:2020.

Bron	Spanning (frequentie f in kHz)	Stroom
DC :	60 V	2 mA
AC (tot 1 kHz)	$30 V_{RMS} / 42,4 V_{PK}$	0,5 mA _{RMS} , 0,707 mA _{PK}
AC (\geq 1kHz tot 100 kHz)	$30 V_{RMS} + 0,4 * f$ $42.4 V_{PK} + \sqrt{2} * 0,4 * f$	
AC (\geq 100 kHz)	$70 V_{RMS}, 99 V_{PK}$	
AC en DC gecombineerd:	$(U_{DC}(V) / 60) + (U_{AC,RMS}(V) / U_{RMS,limit}) \leq 1$	$(I_{DC}(mA) / 2) + (I_{AC,RMS}(mA) / 0,5) \leq 1$
	$(U_{DC}(V) / 60) + (U_{AC,PK}(V) / U_{PK,limit}) \leq 1$	$(I_{DC}(mA) / 2) + (I_{AC,PK}(mA) / 0,707) \leq 1$

Voor zuiver sinusvormige spanningen of stromen mogen de RMS-waarden worden aangehouden.

Rekenvoorbeeld: Voor een sinusvormige spanning met een frequentie van 100 kHz bedraagt de veilig aanraakbare spanning $(30V_{rms} + 100 * 0,4V_{rms} = 70 V_{rms})$. Hieraan zijn grenzen, omdat bij hogere frequenties gevaar van onderhuidse opwarming optreedt.

Aanraakbare geleidende delen mogen nooit de waarden in Tabel 17.3-1 overschrijden; niet bij normaal bedrijf en niet in geval van een foutconditie in het apparaat.

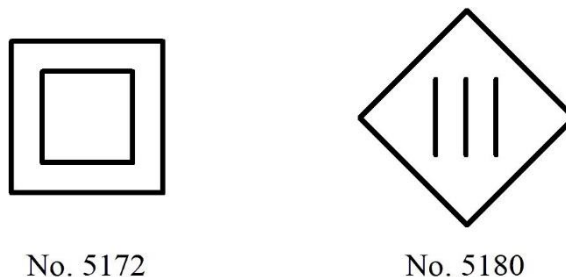
In de praktijk kunnen we elektrische veiligheid op drie manieren bereiken:

Klasse I. Het aanbrengen van basisisolatie en het verbinden van aanraakbare (geleidende) delen met veiligheidsaarde. In beide gevallen blijft bij een foutconditie de veiligheid in stand. Raakt de gevaarlijke spanning aan veiligheidsaarde, dan zal het apparaat door de huisinstallatie (zekering of aardlekschakelaar) worden afgeschakeld.

Klasse II. Met dubbele isolatie om te zorgen dat gevaarlijke spanningen niet kunnen worden aangeraakt. Raakt een isolatielaag beschadigd, dan is voor **Klasse II**-apparaten altijd nog de tweede isolatielaag aanwezig.

Klasse III. Alleen te gebruiken met spanningen, die bij normaal gebruik en in geval van een enkele foutconditie onder de waarden van Tabel 17.3-1 blijven. Dit zijn **Klasse III**-apparaten. Denk bijvoorbeeld aan batterij gevoede of extern met laagspanning gevoede apparaten (13.5 V DC), zoals verreweg de meeste moderne zend-ontvangers. Voor deze klasse wordt ook de afkorting SELV (Safety Extra Low Voltage) gebruikt. Maximale spanning: $< 30 V_{rms}$ is $< 42,4 V_{pk}$ of $< 60 VDC$).

De (deels) verplichte symbolen voor Klasse II en III staan in Figuur 17.3-1.



Figuur 17.3-1. Links: verplicht symbool voor dubbel geïsoleerde apparaten (IEC 60417-5172), klasse II. Rechts: symbool dat op klasse III-apparaten kan worden gebruikt (IEC 60417-5180).

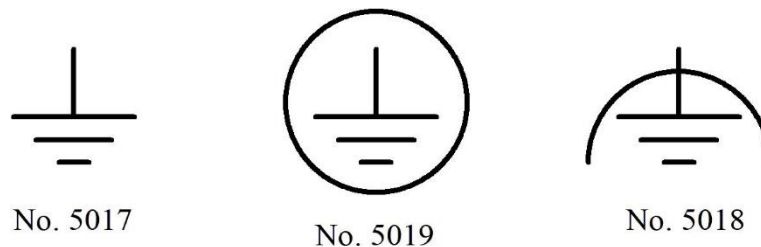
17.3.5 Aarding

Als voor aarding van een apparaat gekozen wordt (Klasse I), dan moet die aan de volgende eisen voldoen:

- Deugdelijk en duurzaam zijn
- De volle kortsluitstroom kunnen geleiden zonder zelf beschadigd te raken
- Geen te hoge spanning genereren door overgangsweerstand(en)

Alle metalen delen zijn verbonden met één centraal aardpunt. De weerstand van ieder aanraakbaar metalen deel tot het centrale aardpunt is lager dan $0,1 \Omega$. Verbinden mag met ongeïsoleerd draad. Wil men toch een isolatielaag, dan moet deze geel met groen gekleurd zijn. Aansluitingen moeten tegen corrosie beschermd zijn en mogen niet kunnen lostrillen. Gebruik daarom bij schroefbevestigingen tandringen en/of veerringen. Popnagels zijn minder geschikt. In alle gevallen moet de draaddikte voldoende zijn om de maximale kortsluitstroom te kunnen geleiden. Gebruik een draaddoorsnede van tenminste $2,5 \text{ mm}^2$.

Figuur 17.3-2 toont verschillende symbolen die op een apparaat een aardaansluiting aangeven. In het midden (5019) staat het symbool volgens IEC 60417-5019. Links zonder cirkel staat IEC 60417-5017. Beide geven veiligheidsaarde aan. De aansluiting voor functionele aarde wordt aangegeven volgens IEC 60417-5018 (halve cirkel rechts).



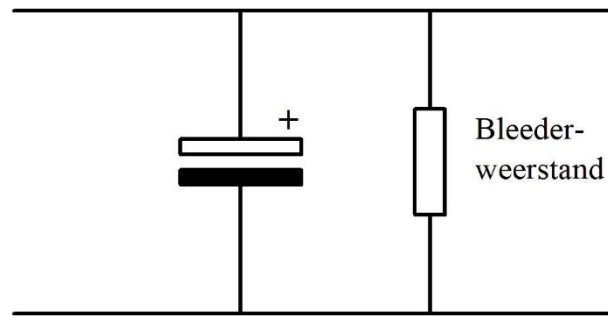
Figuur 17.3-2. Links en midden: Symbolen 5017 en 5019 (IEC 60417-5017 en -5019). Op apparaten van Klasse I geven ze veiligheidsaarde aan. Symbool 5018 (IEC-60417-5018) rechts geeft functionele aarde aan.

Let op: *Functioneel* betekent in dit verband alle aarding die niet met veiligheid te maken heeft. Voorbeelden zijn EMC-aarde voor het afvoeren van stoorsignalen of aarding van een antenne-installatie. Reken bij dat symbool dus niet op bescherming bij kortsluiting.

17.3.6 Geladen condensatoren

Een ander gevaar van aanraakbare spanningen treedt op bij netgevoede apparaten met een stekker. Als bij een werkend apparaat de stekker uit de wandcontactdoos wordt getrokken, moet men bedacht zijn op de mogelijkheid, dat tussen beide poten van de stekker nog enige tijd gelijkspanning aanwezig kan zijn. Dit is het gevolg van opgeladen condensatoren. Dit kunnen bijvoorbeeld filtercondensatoren zijn, bedoeld om storing door EM-velden te voorkomen (zie ook het vorige hoofdstuk over storing en immuniteit).

In netvoedingsschakelingen worden voor de afvlakking elektrolytische condensatoren toegepast. Bij werkzaamheden in het apparaat moet men erop bedacht zijn dat over deze condensatoren na uitschakelen nog geruime tijd een flinke spanning kan blijven staan met alle kans op een elektrische schok. Dat geldt vooral bij oudere apparatuur. Tegenwoordig moet deze spanning binnen 1 seconde tot een veilig niveau gereduceerd worden. In de praktijk betekent dit dat *bleederweerstand* parallel aan de condensator geplaatst moeten zijn (Figuur 17.3-3).



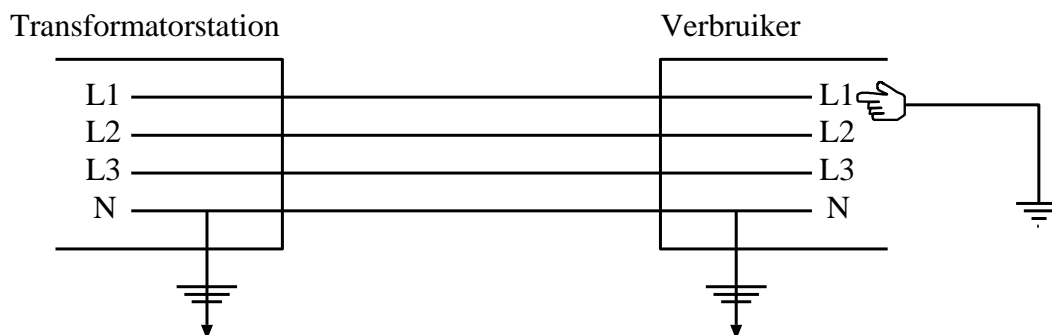
Figuur 17.3-3. Elco met bleederweerstand.

Desondanks is het zinvol, zulke condensatoren altijd eerst te ontladen. Je kunt niet voorzichtig genoeg zijn!

17.4 Netvoeding

17.4.1 Inrichting

De voorschriften voor de aanleg van een huisinstallatie vallen in Nederland onder NEN 1010. Deze norm is uitgebreid en aangescherpt op basis van vorderingen in de techniek en/of van nieuwe inzichten. Het is niet de bedoeling dat we deze norm in zijn geheel behandelen, maar om enig inzicht te geven in veiligheid met betrekking tot aanpassingen uit het verleden. In Nederland is de aansluiting van woonhuizen in het algemeen gerealiseerd als weergegeven in Figuur 17.4-1.



Figuur 17.4-1. Huisaansluiting

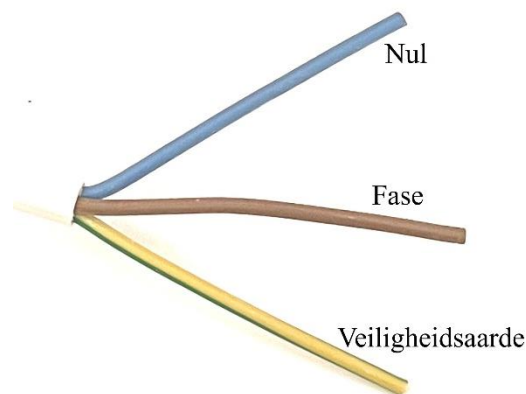
Vanuit het verdeel- of transformatorstation loopt een viertal kabels naar de verbruikers. In de meeste gevallen is per huishouden alleen de N (Nul) en één van de fasen (L1, L2 of L3) beschikbaar. Alleen bij grootverbruik bereiken alle drie de fasen de eindgebruiker.

Wat opvalt, is dat veiligheidsaarde en nul in het verdeelstation zijn gekoppeld. Dat bespaart koper. In het verleden werd de veiligheidsaarde ter plaatse van de verbruiker aangesloten op het waterleidingnet. Dat werkte uitstekend. Nu de metalen leidingen van dit net hoe langer hoe meer vervangen wordt door kunststof, is het voor nieuwbouw sinds 1975 gebruikelijk om bij een woning een aardpen te slaan. Deze gaat meestal tot een diepte van 6 meter de grond in, maar soms, afhankelijk van de bodemgesteldheid, tot 30 meter diep. Deze aardgeleider is beschikbaar als veiligheidsgeleider. Dit kan alleen als de

aarde tussen verdeelstation en verbruiker voldoende geleidend is. In Nederland is dit het geval.

Verder zien we dat bij aanraking van een van de fase draden door een mens (het handje in Figuur 17.4-1) de stroomkring gesloten is, want de gebruiker staat op de 'aarde'. Ook het aanraken van de nulgeleider is niet veilig, omdat hierop door spanningsverlies over de weerstand van het koper toch een spanning kan staan. Bovendien is bij een stopcontact zelden duidelijk welke van de twee polen fase is. De stekker kun je immers (in Nederland) op twee manieren in de wandcontactdoos steken!

17.4.2 Verschil tussen fase, nul en aarde (kleurcode)



Figuur 17.4-2. De drie kleuren van een netaansluiting. Blauw: nulgeleider. Bruin: fase. Geel/groen: veiligheidsaarde.

Figuur 17.4-2 toont de drie draadkleuren die standaard zijn bij een netaansluiting.

In de installatie herkent men de fasegeleider aan de bruine draad (vóór 1970: groen), De nulgeleider is blauw (vóór 1970: rood) en veiligheidsaarde geel/groen (vóór 1970: wit of grijs). Een schakeldraad, zoals voor verlichting in een trappenhuischakeling, is zwart.

Naast de overstroombeveiliging (zekeringautomaat of ouderwetse smeltzekering of 'stop') is sinds 1976 ook de zogenoemde aardlekbeveiliging verplicht aangebracht in de groepenkast. Het gebruik van stopcontacten met randaarde is sinds 1996 verplicht in alle ruimten. Daarvóór was dat alleen voor 'natte' ruimten (keuken, badkamer, berging, etc.) het geval. Er zijn dan ook nog steeds huisinstallaties waarin deze veiligheidsmaatregel deels of helemaal ontbreekt.

17.4.3 Uitvoering van aardverbindingen.

In huis zijn alle aanraakbare vast opgestelde metalen voorwerpen laagohmig met de veiligheidsaarde verbonden. Denk hierbij aan verwarmingsradiatoren en CV- en gasbuizen. Ook in de badkamer zijn de aan- en afvoerleidingen, voorzover van metaal, verbonden met veiligheidsaarde. De kwaliteit van de veiligheidsaarde wordt eenmalig bepaald door deze te meten tegen de aardverspreidingsweerstand. Dit is een specialistische meting die alleen door daarvoor opgeleide personen wordt uitgevoerd.

Deze weerstand ligt in de orde grootte van 1 tot 3 Ω . Voor stopcontacten moet de draaddikte voldoende zijn om de maximale kortsluitstroom te kunnen geleiden. Hiervoor gebruikt men tenminste 2,5 mm².

17.4.4 Aarding in de shack

Om alle apparaten in de shack op dezelfde potentiaal te brengen, is het raadzaam om een aardgeleider aan te brengen. Hiervoor kan een koperen staaf met daarin gaten geboord en getapt met schroefdraad dienstdoen. Ieder apparaat kan dan met 2,5 mm² of aardlitze (gevlochten koperen kabel) op deze geleider geschroefd worden. De staaf wordt dan op één punt met veiligheidsaarde verbonden.

Veiligheidsaarde is vaak niet 'schoon', omdat hierop ook allerlei grote stroomverbruikers en apparatuur kunnen zijn aangesloten die stoorspanningen kunnen veroorzaken.



Figuur 17.4-3. Noodstopknop

De veiligheid in de shack wordt ook bevorderd door het aanbrengen van een noodstop. Deze zijn meestal uitgevoerd met een (grote) rode knop (Figuur 17.4-3) en maken in één beweging de hele shack stroomloos. Dit kan in geval van nood een levensredder zijn.

Veiligheidsaarde is niet hetzelfde als HF-aarde om de eenvoudige reden dat bij de netfrequentie van 50 Hz zelfinductie nauwelijks een rol speelt. Bij HF-toepassingen is dat anders. Daarom wijden we daaraan een korte tekst.

17.4.5 HF-aarde

We beginnen bij de impedantie van een eind draad van 10 meter. Bij de netfrequentie van 50 Hz stelt die niets voor. Een rechte draad van 1 m lang heeft een zelfinductie van ongeveer 0,12 μH . Als de verbinding naar een veiligheidsaardpunt 10 m ver is, heeft de leiding een zelfinductie van ongeveer 1,2 μH . Voor 1 MHz betekent dat een reactantie van ongeveer 7,5 Ω . Voor 10 MHz is dat al 75 Ω , net iets meer dan de impedantie van een in het midden gevoede dipoolantenne voor die frequentie. Dan wordt zo'n aardleiding een soort sperfilter in plaats van een afvoer voor stoorsignalen. Daar komt bij toenemende frequentie nog een toenemend skin-effect (huideffect) met bijbehorende extra weerstand bovenop.

Het ARRL-Handbook for Radio Amateurs (wij gebruikten jaargang 2001, maar het staat ook in latere edities) geeft enige aanwijzingen voor het maken van een HF-aarde. We herhalen ze hier niet allemaal. Eerst de vraag "wanneer is HF-aarde nodig?". Dat is als HF-velden uit de omgeving problemen op de aarding in de shack veroorzaken. Bij verreweg de meeste amateurs zal dat niet aan de orde zijn. Dat is al een hele geruststelling.

In de overige zeldzame andere gevallen moet HF-aarde een pad met lage impedantie zijn naar iets waar die hinderlijke HF wordt gedissipeerd: de aarde. Ooit was daar een simpele oplossing voor, namelijk de al eerder genoemde waterleiding. Sinds daarin kunststof wordt verwerkt, is dat voorbij. De hoofdingrediënten zijn nu: een centrale aardaansluiting voor alle HF-apparatuur, een zo nabij mogelijke voldoende diepe aardingspen, dikke aardingsdraad en (liefst vertinde) aardingslitze. Dat spul is duur. Google maar eens.

Tot slot: met meer dan één aardingsysteem in huis zijn de aardingen pas veilig als de systemen alleen op het eigenlijke aardpunt met elkaar worden verbonden.

17.4.6 Snelle en trage veiligheden

Zekeringen maken bij kortsluiting een apparaat spanningsloos. Dat voorkomt oververhitting en brand. De zekering moet berekend zijn op de maximale stroom die het apparaat kan trekken ($< 16A$). Hierover later meer. Daarnaast bevat de huisinstallatie zekeringsautomaten of ouderwetse smeltzekeringen (“stoppen”) met een maximale belastbaarheid van 16A. Deze dienen om de groepen van de huisinstallatie te beveiligen tegen oververhitting of brand. Verder is per huisinstallatie ook nog een hoofdzekering aangebracht. Deze dient om de aanvoerkabels naar de woning te beschermen (25, 35, of maximaal 40A voor een enkele fase). De hoofdzekering kan niet door de gebruiker vervangen worden. Hiervoor is contact met de netbeheerder nodig. Zo is sprake van een keten, waarbij de zwakste schakel bij een sluiting het eerste breekt.

Elk apparaat dat op een wandcontactdoos wordt aangesloten, moet dus beveiligd zijn tegen kortsluiting en wel op zo'n manier dat niet de groepszekering wordt aangesproken.

Dat wil zeggen dat gedurende langere tijd (enige minuten) niet meer dan 16A afgenomen mag worden. In de meeste gevallen wordt hiervoor een smelt- of glaszekering (Figuur 17.4-4) in het apparaat opgenomen en wel één met een ‘time lag’ (Nederlands: *vertraging*), meestal aangeduid door een hoofdletter ‘T’ (denk aan ons woord *traag*) achter de maximale stroomwaarde, bijvoorbeeld 6,3AT. De vertraging voorkomt dat de zekering als gevolg van een hoge inschakelstroom al smelt bij inschakelen van het apparaat.



Figuur 17.4-4. Glaszekering

De smeltzekering werkt op het principe van verhitting van een dunne metalen draad door stroomdoorvoer, waarbij de draad na verloop van tijd smelt en zo het beveiligde circuit onderbreekt. De smeltdraad is ondergebracht in een cilindrische huls van isolerend materiaal (glas of keramiek) al of niet voorzien van een vonkblussend materiaal. De huls is aan beide zijden voorzien van een metalen kapje, waarmee via een zekeringhouder contact met de rest van het circuit gemaakt kan worden.



Bedenk dat bij doorsmelten van een zekering met zekerheid een storing is opgetreden in het apparaat. In de meeste gevallen zal er een probleem zijn met de toegepaste elektronica en zal het vervangen van de zekering alléén het probleem niet oplossen. Het plaatsen van een hogere dan de gespecificeerde waarde is met klem af te raden.

Ook na het doorsmelten van de zekering moet het apparaat spanningsloos gemaakt worden alvorens de oorzaak wordt onderzocht. Het is namelijk niet zeker dat de zekering in de fasegeleider geplaatst is (je kunt in Nederland de netstekker omdraaien). Er is dan 50% kans dat de fase nog is aangesloten op het apparaat. Bedenk ook dat er nog opgeladen elco's aanwezig kunnen zijn.

17.5 Hoge spanning

Bij hoge spanningen kunnen ontladingen met vonk optreden. Met hoge spanningen bedoelen we hier spanningen, waarmee bijvoorbeeld buizenversterkers worden gevoed.

Het is belangrijk, zich te realiseren dat hier, meer nog dan bij netspanning, een dodelijk gevaar schuilt. De netspanning wordt vaak omhooggetransformeerd naar vele honderden volts of zelfs kilovolts die na gelijkrichting en afvlakking worden gebruikt om versterkerbuizen van spanning te voorzien.

Zoals we eerder al zagen, zullen condensatoren niet altijd onmiddellijk na uitschakelen hun lading verliezen, maar nog enige tijd vasthouden. Bij onbedoelde aanraking zal de ontlading dan via het lichaam van het slachtoffer plaatsvinden. Het is dan ook een veiligheidsbelang, ontladingsweerstand (*bleederweerstand*) parallel aan de condensatoren te schakelen, bijvoorbeeld zoals getekend in Figuur 17.3-3. Tijdens bedrijf moeten de voeding en het versterkerdeel afgescheiden zijn van gebruikers. Dit kan, zoals eerder besproken, met een geaard geleidend scherm. Zorg hierbij voor voldoende afstand tussen scherm en spanningvoerende delen om vonkoverslag te voorkomen. Bij gelijkspanning kunnen zogenoemde vlambogen ontstaan, nadat door te geringe afstand een geïoniseerd pad is ontstaan. De vlamboog blijft staan, ook nadat de spanning is gezakt. Bij wisselspanning speelt dit minder, omdat door het ompolen van de 50 Hz-spanning de boog periodiek dooft.

Afscherming kan ook door middel van isolatie. Bedenk hierbij dat de meeste kunststoffen slecht bestand zijn tegen warmte en al bij een temperatuur van 120 °C of zelfs lager beginnen te verweken en dan niet meer vormvast zijn.

17.6 Bliksemontlading

17.6.1 Gevaar

Jaarlijks vinden er in Nederland zo'n 100.000 blikseminslagen plaats. Bliksem is een elektrische ontlading die ontstaat als gevolg van een opbouw van statische elektriciteit in hogere luchtlagen, vaak, maar niet altijd, op warme zomerse dagen. Warme en vochtige lucht stijgt dan snel op als gevolg van opwarming aan het aardoppervlak. Hierdoor koelt



deze af en er vindt water- en ijsvorming plaats. Daarbij treedt opbouw van statische elektriciteit op. Het potentiaalverschil met de onderliggende aarde kan enige miljoenen volts (MV) bedragen. Uiteindelijk vindt de opgebouwde potentiaal een pad naar aarde. Dat begint met een kleine stroom via geïoniseerde lucht. Het geïoniseerde gebied vergroot zich stapsgewijs, maar razendsnel, waardoor kortstondig een zeer hoge stroom kan lopen (zie ook https://nl.wikipedia.org/wiki/Bliksem#Vonk_en_kanaal).

Bij een directe inslag lopen binnen enkele microseconden enorm hoge stromen in de orde van grootte van 10 - 100 kA. De stroom zal een weg van de minste weerstand proberen te vinden naar aarde. Indien die weg via de bedrading van de elektrische installatie van een huis loopt, de wapening van de fundering of de antennecoax, kan de schade erg groot zijn. Deze wordt op jaarlijkse basis in Nederland op zo'n 25 miljoen euro geschat. Een directe inslag kan bovendien brand veroorzaken.

Helaas heeft deze vorm van ontlading een voorkeur voor hoge spitse metalen objecten met een verbinding naar aarde. Antenne-installaties voldoen hier heel goed aan.

17.6.2 Bescherming.

Het laten plaatsen van een externe bliksembeveiliging, die een direct laagohmig en laaginductief pad naar aarde biedt, is zeker het overwegen waard, temeer als de installatie vlakbij het huis staat of daaraan bevestigd is.

Bliksembeveiligingen moeten aan installatie-eisen voldoen en moeten gekeurd zijn om hiermee verzekeringstechnisch uit de voeten te kunnen. Het zelf aanbrengen van een externe beveiliging is dan ook niet voor amateurs weggelegd; dit moet aan professionele bedrijven worden overgelaten.

De aarding van een bliksembeveiliging moet in ieder geval gescheiden zijn van de veiligheidsaarde. Bij een voltreffer op de externe beveiliging kunnen er tientallen kA door de bedrading lopen. Zelfs bij een lage weerstand van 1 Ω loopt de spanning dan gemakkelijk op tot 100 kV met funeste gevolgen voor allerlei aanwezige elektronica.

Houd bij onweer deze vaste regel aan: koppel antennepluggen los van transceivers, ontvangers, enz. en trek de netstekkers uit het stopcontact!

17.7 Opstelling voor plaatsing van antennes en gevaren bij werken op hoogte (geen exameneis, lezing wel aanbevolen)

Antennes zijn een belangrijk (en misschien wel het belangrijkste) onderdeel van onze hobby. Dit brengt met zich mee dat veelal op hoogte gewerkt moet worden. Dit brengt gevaren met zich mee. Jaarlijks zijn er zo'n 2000 gevallen met dodelijke afloop te betreuren. Dit overtreft het aantal verkeersslachtoffers met een factor 3,5. Ter geruststelling: het gaat hier om alle fatale hoogte-ongelukken in Nederland. Die met zendamateurs zijn daarvan maar een fractie. Maar bedenk, dat als je een val overleeft, de



gevolgen langdurig of zelfs permanent kunnen zijn. Al met al gaat het hier om een door velen onderschat risico.

Gelukkig zijn er tegenwoordig genoeg mogelijkheden en hulpmiddelen om de gevaren te verkleinen in de vorm van valbescherming, maar ook door gebruik te maken van steigers, hoogwerkers, etc.

Klimmaterialen zoals ladders en trappen zijn alleen bedoeld om op hoogte te komen. Veilig werken op hoogte kan eigenlijk alleen maar vanaf een (deugdelijke) steiger of vanuit een hoogwerker.

Bij het plaatsen van een ladder mag de hoek met de grond niet meer dan 75° bedragen. Ook moet de ladder tenminste een meter uitsteken boven de rand van het oppervlak dat men wil betreden. Gebruik een ladder niet bij harde wind (meer dan windkracht 6). De ladder moet tegen zijdelings wegglijden/wegzakken beschermd zijn. De reikwijdte vanaf de ladder is maximaal één meter. Plaats de ladder niet tegen een ruit en laat een ladder niet onbeheerd achter.

Bij het klimmen in een mast en werken vanuit de mast moet altijd valbescherming in de vorm van aanlijning gebruikt worden. Ook bij het werken vanaf een dak (plat, zonder reling of schuin) moet men aangelijnd zijn. Gebruik een veiligheidsharnas dat geschikt is voor het werk en dat een geldige veiligheidskeuring heeft ondergaan. Hetzelfde geldt voor het aanlijntouw en schakelmateriaal (twist-locks, karabijnhaken etc.). Zorg dat het aanlijntouw op spanning blijft, al of niet met een assistent op de grond.

Algemeen geldt bij het werken op hoogte een aantal regels:

- Zorg voor doeltreffende persoonlijke beschermingsmiddelen; denk ook aan warme kleding, handschoenen en schoeisel.
- Zorg dat je voldoende uitgerust bent, voordat je met het werken begint.
- Werk alleen met voldoende omgevingslicht.
- Informeer je omgeving, zodat men in geval van een noodsituatie direct kan reageren vanaf de grond. Langdurig hangen in een veiligheidsharnas kan afknellingen veroorzaken. Laat je bij voorkeur permanent assisteren.
- Schakel spanningvoerende delen (antennes, verlichting etc.) altijd uit en beveilig de installatie tegen onbedoeld inschakelen.



17.8 Opgaven

De opgaven zijn gescheiden van de uitwerkingen. Door op de gele pijl in blauw vlak te klikken, kom je bij de uitwerking. Zo kun je een opgave uitwerken/beantwoorden zonder het antwoord al in beeld te hebben. Onder de uitwerking, één per bladzijde, staat een rode pijl om terug te gaan naar de opgave en een groene om verder te gaan naar de volgende opgave als die er is.

17.8.1 Opgave 17-1

De juiste kleuraanduiding van de draden in een netaansluiting is:

	Fase	Nul	Aarde
A.	Rood	Bruin	Zwart
B.	Blauw	Blauw	Zwart
C.	Bruin	Blauw	Geel/groen
D.	Rood	Blauw	Geel/groen

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






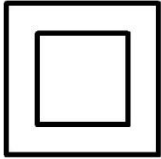
17.8.2 Opgave 17-2

Je gaat met vakantie en laat je zendspullen thuis. Om zeker te zijn dat je bij terugkomst alles in goede staat aantreft, doe je het volgende:

- A. Je doet de deur van de ruimte op slot.
- B. Je trekt alle stekkers uit het stopcontact
- C. Je koppelt zender(s) en ontvanger(s) los van hun antenne
- D. Je trekt alle stekkers uit het stopcontact en koppelt zender(s) en ontvanger(s) los van hun antenne


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

17.8.3 Opgave 17-3



Het teken hierboven betekent:

- A. Aansluiting voor een raamantenne
- B. Apparaat met dubbele isolatie
- C. Afdekking van een connector voor hoge spanning
- D. Een apparaat van veiligheidsklasse 3.


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



17.8.4 Opgave 17-4

Een trage zekering tussen apparaat en stopcontact wordt vrijwel altijd gebruikt:

- A. Als de inschakelstroom aanzienlijk groter is dan de stroom die tijdens normaal bedrijf optreedt
- B. Als het apparaat gedurende zeer lange tijd (dagen) achtereen aanstaat
- C. Als de stroom na inschakelen traag op gang komt
- D. In het circuit tussen seinsleutel en zender


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



17.8.5 Opgave 17-5

De beste manier om een ontvanger te beschermen tegen de effecten van een nabije blikseminslag is:

- A. De ontvanger uitschakelen bij onweer
- B. Een smoorspoel over de antenne-ingang plaatsen
- C. De behuizing (kast) van de ontvanger verbinden met veiligheidsaarde
- D. De ontvanger loskoppelen van lichtnet en antenne


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



17.8.6 Opgave 17-6

Bij werkzaamheden aan een voedingsapparaat pakt een mede-amateur een draad vast waarop netspanning staat. Hij kan de draad niet meer loslaten. Wat is je eerste handeling?

- A. Het slachtoffer lostrekken
- B. Het apparaat uitschakelen
- C. De netstekker uit de wandcontactdoos trekken
- D. De draad doorknippen


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



17.8.7 Opgave 17-7

Een voeding wordt beveiligd met één of meer smeltveiligheden in de netleiding. Dit wordt in de praktijk gedaan met

- A. Een snelle en een trage zekering parallel
- B. Een snelle en een trage zekering in serie
- C. Een snelle zekering
- D. Een trage zekering


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



17.8.8 Opgave 17-8

Een zender wordt met een drie-aderig netsnoer verbonden met een randgeaard stopcontact. Hiermee bereikt men dat:

- A. Op de metalen kast van de zender geen spanning kan staan
- B. De antenne een goede HF-aarde heeft
- C. De aardlekschakelaar goed kan werken
- D. Storing door zonnepanelen in de omgeving wordt onderdrukt

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



17.9 Uitwerkingen van de opgaven

Door klikken op de rode pijl kun je terug naar de opgave. Klikken op de groene pijl brengt je naar de volgende opgave. Het juiste antwoord is **vet** gedrukt.

17.9.1 Uitwerking van Opgave 17-1

De juiste kleuraanduiding van de draden in een netaansluiting is:

	Fase	Nul	Aarde
A.	Blauw	Bruin	Geel/groen
B.	Blauw	Bruin	Zwart
C.	Bruin	Blauw	Geel/groen
D.	Bruin	Blauw	Zwart

Uitwerking

De juiste volgorde is (antwoord C)

	Fase	Nul	Aarde
C.	Bruin	Blauw	Geel/groen

Vroeger was dat rood, groen, grijs.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



17.9.2 Uitwerking van Opgave 17-2

Je gaat met vakantie en laat je zendspullen thuis. Om zeker te zijn dat je bij terugkomst je spulletjes in goede staat aantreft, doe je het volgende:

- A. Je doet de deur van de ruimte op slot.
- B. Je trekt alle stekkers uit het stopcontact
- C. Je koppelt zender(s) en ontvanger(s) los van hun antenne
- D. Je trekt alle stekkers uit het stopcontact en koppelt zender(s) en ontvanger(s) los van hun antenne**

Uitwerking

Het op slot doen van de deur is op zichzelf geen onverstandige actie, maar als inbrekers toch al in het huis zijn, zullen ze zich van een kamerslot weinig aantrekken.

Het gaat er vooral om, de spullen te beveiligen tegen de gevolgen van onweer. De bliksem hoeft daarvoor niet in te slaan op het huis, maar als dat in de omgeving gebeurt, kunnen zulke sterke aardstromen ontstaan, dat er in de omgeving een sterk elektromagnetisch veld ontstaat waardoor via de antenne (aanzienlijke) schade kan worden aangericht aan zenders en/of ontvangers. Bovendien kunnen via inductie spanningspieken op het net ontstaan die een zend-ontvanginstallatie kunnen beschadigen. Antwoord D.

Opmerking

Bij nabij onweer volg je dezelfde handelwijze.

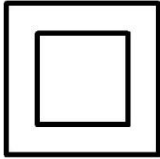


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



17.9.3 Uitwerking van Opgave 17-3



Het teken hierboven betekent:

- A. Aansluiting voor een raamantenne
- B. Apparaat met dubbele isolatie**
- C. Afdekking van een connector voor hoge spanning
- D. Een apparaat van veiligheidsklasse 3.

Uitwerking

Dit is een symbool dat een apparaat in veiligheidsklasse 2 aanduidt. Dat is een apparaat met dubbele isolatie. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



17.9.4 Opgave 17-4

Een trage zekering tussen apparaat en stopcontact wordt vrijwel altijd gebruikt:

- A. Als de inschakelstroom aanzienlijk groter is dan de stroom die tijdens normaal bedrijf optreedt
- B. Als het apparaat gedurende zeer lange tijd (dagen) achtereen aanstaat
- C. Als de stroom na inschakelen traag op gang komt
- D. In het circuit tussen seinsleutel en zender

Uitwerking

Een trage zekering wordt toegepast in schakelingen waarin de inschakelstroom een korte piek in de stroomsterkte veroorzaakt die hoger is dan de stroom die onder normale bedrijfsomstandigheden optreedt. Die kortdurende sterke stroom komt bijvoorbeeld voor in voedingsschakelingen, waarin na inschakelen een korte hoge stroomsterkte optreedt die de electrolytische afvlakcondensator(en) moet opladen. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





17.9.5 Opgave 17-4 Uitwerking van Opgave 17-5

De beste manier om een ontvanger te beschermen tegen de effecten van een nabije blikseminslag is:

- A. De ontvanger uitschakelen bij onweer
- B. Een smoorspoel over de antenne-ingang plaatsen
- C. De behuizing (kast) van de ontvanger verbinden met veiligheidsaarde
- D. De ontvanger loskoppelen van lichtnet en antenne**

Uitwerking

De enige goede manier de ontvanger los te maken van zowel lichtnet als antenne. Via beide wegen kunnen effecten van blikseminslag de ontvanger bereiken.

Antwoord A en antwoord C zijn onvoldoende en een smoorspoel over de antenne-ingang (antwoord B) geeft geen enkel positief effect.

Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





17.9.6 Uitwerking van Opgave 17-6

Bij werkzaamheden aan een voedingsapparaat pakt een mede-amateur een draad vast waarop netspanning staat. Hij kan de draad niet meer loslaten. Wat is je eerste handeling?

- A. Het slachtoffer lostrekken
- B. Het apparaat uitschakelen
- C. De netstekker uit de wandcontactdoos trekken**
- D. De draad doorknippen

Uitwerking

In zulke situaties is het zaak dat degene die hulp verleent, zichzelf niet in gevaar brengt. Twee slachtoffers zijn erger dan één en het eerste slachtoffer is er niet bij gebaat.

Met lostrekken (antwoord A) kan het slachtoffer als geleider fungeren, waardoor de lostrekkende hulpverlener in dezelfde problemen kan komen.

Uitschakelen is geen garantie, dat de netspanning van de draad verdwijnt, bijvoorbeeld als de schakelaar de nulleiding schakelt en niet de fase. Aan het stopcontact zie je nu eenmaal het verschil niet.

Doorknippen zal met een metalen tang moeten gebeuren en de kans bestaat dat de hulpverlener zichzelf een elektrische schok bezorgt.

De enige goede manier is, de stekker uit het stopcontact te trekken.

Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



17.9.7 Uitwerking van Opgave 17-7

Een voeding wordt beveiligd met één of meer smeltveiligheden in de netleiding. Dit wordt in de praktijk gedaan met

- A. Een snelle en een trage zekering parallel
- B. Een snelle en een trage zekering in serie
- C. Een snelle zekering
- D. **Een trage zekering**

Uitwerking

Het heeft geen zin, een snelle en een trage zekering parallel of in serie te zetten. De snelle zekering sneuvelt waarschijnlijk bij de kort durende hoge inschakelstroom. Bij serieschakeling is de stroomtoevoer dan meteen onderbroken en bij parallelschakeling blijft alleen de trage zekering zijn nuttige werk doen.

Dan blijft antwoord D als enig zinnig antwoord over.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





17.9.8 Uitwerking van Opgave 17-8

Een zender wordt met een drie-aderig netsnoer verbonden met een randgeaard stopcontact. Hiermee bereikt men dat:

- A. **Op de metalen kast van de zender geen spanning kan staan**
- B. De antenne een goede HF-aarde heeft
- C. De aardlekschakelaar goed kan werken
- D. Storing door zonnepanelen in de omgeving wordt onderdrukt

Uitwerking

Met deze handeling wordt de metalen kast (behuizing) van de zender verbonden met de veiligheidsaarde. Daardoor kan op de kast geen (noemenswaardige) spanning staan.

HF-aarde heeft de eigenschap dat het voor HF een inductie-arme aarding geeft. Daarmee is het niet per definitie een veilige aarding voor mensen. De veiligheidsaarde (=randaarde) is dat wel.

Veiligheidsaarde heeft niets van doen met storingsonderdrukking en ook niet met beveiliging door middel van een aardlekschakelaar.

Antwoord A.



Terug naar de opgave