



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	De gebruiker	17-5
17.2.4	Afscherming (isolatie).....	17-5
17.3	Het menselijk lichaam	17-5
17.3.1	Inleiding.....	17-5
17.3.2	Gevolgen van een elektrische schok	17-6
17.3.3	Weerstand van het menselijk lichaam	17-6
17.3.4	Toegelaten aanraakspanningen	17-6
17.3.5	Aarding	17-8
17.3.6	Geladen condensatoren.....	17-9
17.3.7	Toegelaten veldsterkte (V/m) van een hoogfrequent veld	17-9
17.4	Netvoeding	17-14
17.4.1	Inrichting.....	17-14
17.4.2	Verskil tussen fase, nul en aarde (kleurcode)	17-15
17.4.3	Uitvoering van aardverbindingen.	17-15
17.4.4	Aarding in de shack.....	17-15
17.4.5	HF-aarde	17-16
17.4.6	Lekstroom.	17-17
17.4.7	Aardlekschakelaar	17-18
17.4.8	Snelle en trage veiligheden.....	17-20
17.4.9	Bepalen van de zekeringwaarde	17-20
17.4.10	PTC-weerstanden	17-21
17.5	Hoge spanning.....	17-22
17.6	Bliksemontlading	17-23
17.6.1	Gevaar	17-23



17.6.2	Bescherming	17-23
17.7	Opstelling voor plaatsing van antennes en gevaren bij werken op hoogte ..	17-24
17.8	Brand en hoge temperaturen (geen verplichte examenstof)	17-25
17.8.1	Brandgevaar	17-25
17.8.2	Lithium-polymeer- en andere batterijen	17-26
17.8.3	Andere branden.....	17-26
17.8.4	Brandwonden voorkomen	17-26
17.9	Gevaarlijke stoffen (geen verplichte examenstof).....	17-27
17.9.1	Berylliumoxide	17-27
17.9.2	Etsmiddelen	17-27
17.9.3	Lood.....	17-27
17.10	Opgaven.....	17-29
17.10.1	Opgave 17-1	17-29
17.10.2	Opgave 17-2	17-30
17.10.3	Opgave 17-3	17-31
17.10.4	Opgave 17-4.....	17-32
17.11	Uitwerking van de opgaven	17-33
17.11.1	Uitwerking van Opgave 17-1	17-33
17.11.2	Uitwerking van Opgave 17-2.....	17-34
17.11.3	Uitwerking van Opgave 17-3.....	17-35
17.11.4	Uitwerking van Opgave 17-4.....	17-36



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 in veel gevallen 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 en aardlekschakelaars komen aan de orde.

We behandelen toelaatbare veldsterkten van ons uitgezonden signaal, hoe je kunt inschatten of een antenne te dichtbij staat of niet, omgaan met hoge spanningen en gevaar van en bescherming tegen bliksemontladingen.

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

Tenslotte volgen twee paragrafen over brand en enkele gevaarlijke stoffen. Die zaken vallen weliswaar buiten de exameneisen, maar we bevelen aan, er toch kennis van te nemen.

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.

¹ Een foutconditie is een veiligheidsmaatregel die door een mankement of iets anders niet (goed) werkt.



Inzichten omtrent veiligheid zijn onderhevig aan voortschrijdend inzicht. Wat in 1950 als veilig werd gezien, zou in 2020 waarschijnlijk niet meer mogen worden verkocht. Daarnaast wordt apparatuur in eigen beheer gebouwd en verbouwd. Voorzover niet voor commercieel gebruik bedoeld, is zelfbouw vrijgesteld van de eisen in de richtlijn. Het is daarom noodzakelijk dat een zendamateer 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, in een hoofdstuk over veiligheid vooral naar elektrische gevaren te kijken. Dit zou de dagelijkse praktijk echter tekortdoen en daarom nemen we eerst een wat meer gestructureerde kijk op 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, etcetera.

De norm die voor ons 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.

De norm onderscheidt de volgende gevaren:

- verwonding door elektrische schok,
- door elektriciteit veroorzaakte brand,
- verwonding door gevaarlijke stoffen,
- verwonding door mechanische oorzaken,
- blootstelling aan hete voorwerpen,
- blootstelling aan EM-velden.

Om deze gevaren te beperken, worden beschermingsmaatregelen voorgesteld, gericht 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 bij benadering of opening.
- **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 het apparaat veilig gemaakt door ontwerp. Pas als dit niet kan, kan men proberen de gebruiker af te schermen. Het laatste redmiddel is proberen om het gedrag van de gebruiker aan te passen.

17.2.3 De gebruiker

Veiligheidsnormering stelt de gebruiker centraal. Men gaat uit van drie niveaus:

1. De **getrainde/ervaren persoon**. Hij/zij kan door opleiding en ervaring gevaren herkennen en maatregelen treffen om verwonding/schade te voorkomen.
2. De **geïnstrueerde persoon**. Hij/zij is geïnstrueerd of getraind door persoon 1 of werkt onder diens toezicht
3. De **gewone persoon** is iedereen die niet onder 1 of 2 valt.

Uitgangspunt in dit hoofdstuk is dat de zendamateer onder categorie 1 valt en bezoekers in de shack onder categorie 3. “Shack”, letterlijk vertaald “hut”, is de onder zendamateers gebruikelijke benaming voor de ruimte waar zender, ontvanger en andere radiospullen van de zendamateer staan opgesteld. Te treffen veiligheidsmaatregelen in de shack moeten daarom zijn afgestemd op categorie 1. Mensen in categorie 2 blijven buiten beschouwing.

17.2.4 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 (supplementaire) isolatielaag stuk, dan beschermt de binnenste (basis-)isolatielaag nog steeds tegen de gevaarlijke spanning.

Niet alleen de gevaren, die als verplichte examenstof worden aangemerkt, spelen in de shack een rol. Zo is met name het gevaar voor brand bij het gebruik van elektrische en elektronische apparatuur een onderschat risico. We zullen hieraan dan ook een aparte paragraaf wijden. Ook is een korte paragraaf opgenomen over gevaarlijke stoffen. Laatstgenoemde twee zijn formeel geen examenstof, maar de auteurs van deze cursus bevelen aspirant-zendamateers aan, er toch kennis van te nemen.

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 echter kwetsbaar. Daarover gaat deze paragraaf.

17.3.2 Gevolgen van een elektrische schok

Een onbedoelde elektrische stroom door het lichaam, als gevolg van 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 gedurende een aantal seconden al fataal zijn.

17.3.3 Weerstand van het menselijk lichaam

De weerstand van het lichaam kan variëren, afhankelijk van interne en externe factoren. Daarom is het beter, naar de effecten van stroom te kijken. Tabel 17.3-1 vormt een leidraad voor de gemiddelde persoon.

Tabel 17.3-1. Leidraad voor het inschatten van effecten van stroom in het menselijk lichaam

Effect	Stroomsterkte (mA)
Waarnemingsdrempel	0,5
Spierverstijving	10
Verlamming ademhaling	20
Verstoring hartritme	75
Hartstilstand	1000

De weerstand in het lichaam wordt vooral bepaald door het pad dat de stroom volgt. Het stroompad zal tevens de aangerichte schade bepalen. Als bijvoorbeeld de stroom via de hartspier loopt, kan dit leiden tot verstoring van het hartritme. In de medische literatuur wordt dit aangeduid met 'fibrillatie'. Dat wil zeggen dat de kamers en boezems van het hart niet meer in harmonie werken. In nog ernstiger gevallen treedt hartstilstand op. Beide hebben desastreuze gevolgen voor de bloedsomloop en daarmee de zuurstofvoorziening van de hersenen. Ze zijn daarom binnen enkele minuten fataal, tenzij direct behandeld.

In minder ernstige gevallen kan verbranding van de huid optreden waar de stroom het lichaam is binnengetroten en het weer heeft verlaten. Soms treedt onzichtbare verbranding van onderhuids weefsel op. Ook in ogenschijnlijk milde gevallen is het raadzaam, een arts te raadplegen. De ervaring leert dat tot enkele uren na een elektrische schok nog hartstilstanden, ritmestoringen of epileptische aanvallen kunnen optreden.

17.3.4 Toegelaten aanraakspanningen

Het meten van spanningen is gemakkelijker dan het meten van stromen, want voor stroommeting moet het circuit onderbroken worden. Daarom stellen gangbare normen grenswaarden aan de hoogte van de aanraakbare spanningen.

Let op dat hierbij wordt uitgegaan van een droge en intacte huid. De huid kan echter nat zijn, bijvoorbeeld door zweten of nat weer. Hij kan ook beschadigd zijn, zoals kan blijken uit een blaas of schaafwond. Dan is het onderliggende weefsel elektrisch bereikbaarder en gelden aanzienlijk lagere spanningen en stromen. Dat is terug te vinden in de medische



norm IEC 60601-1 (geen examenstof). Tabel 17.3-2 geeft een overzicht 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 17.3-2. Veilig aanraakbare spanningen en stromen volgens tabel 4, IEC 62368-1:2020. (naslagmateriaal, geen examenstof)

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

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 ($30V_{\text{rms}} + 100 * 0,4V_{\text{rms}} = 70 V_{\text{rms}}$). Hieraan zijn grenzen, omdat bij hogere frequenties gevaar van onderhuidse opwarming optreedt.

In 17.3.7 bespreken we dat verder.

Aanraakbare geleidende delen mogen nooit de waarden in Tabel 17.3-2 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 door:

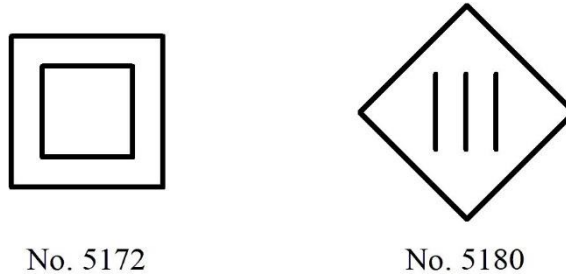
Klasse I. Het aanbrengen van basisisotatie en het verbinden van aanraakbare (geleidende) delen met veiligheidsaarde. In beide gevallen blijft bij een foutconditie de veiligheid in stand. Raakt de gevaarlijke spanning aan veiligheidsaarde, dan zal het apparaat door de huisinstallatie worden afgeschakeld.

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 17.3-2 blijven. Dit zijn **Klasse III**-apparaten. Denk bijvoorbeeld aan batterijgevoede 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: $< 30 V_{\text{rms}}$ is $< 42,4 V_{\text{pk}}$ òf $< 60 \text{ VDC}$.

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).

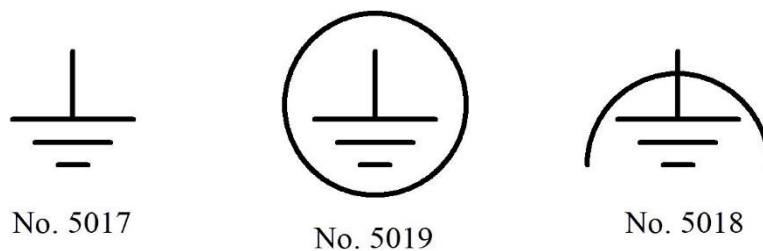
17.3.5 Aarding

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 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).



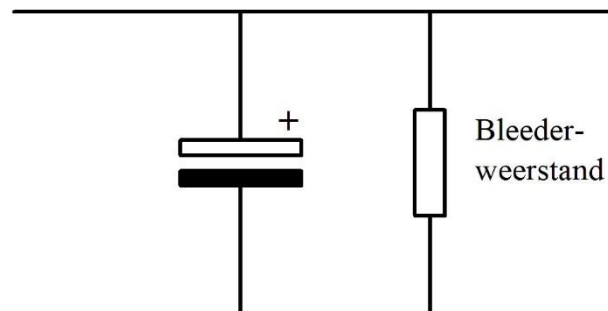
Figuur 17.3-2. Links en midden: Symbolen 5017 en 5019 (IEC 60417-5017 en -5019). Op apparaten van Klasse I geven ze veiligheidsaarde aan. Symbool 5018 (IEC-60417-5018) rechts geeft functionele aarde aan.

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 filtercondensatoren zijn. Dat zijn zogenoemde X-condensatoren. Die zijn parallel tussen de lijn en neutrale geleiders geplaatst om EMC-storing uit het apparaat te filteren. Tegenwoordig wordt ook bij schakelende voedingen in het apparaat directe gelijkrichting van de netspanning toegepast met een elektrolytische condensator voor afvlakking. Ook deze zal zonder maatregelen de spanning nog geruime tijd vasthouden.

Om een elektrische schok te voorkomen, 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 worden (Figuur 17.3-3).



Figuur 17.3-3. Elco met bleederweerstand.

17.3.7 Toegelaten veldsterkte (V/m) van een hoogfrequent veld

In Nederland gelden maxima voor blootstelling aan elektromagnetische velden. Deze zijn overgenomen uit de EU-richtlijn *2013/35/EU blootstelling van werknemers aan de risico's van elektromagnetische velden*.

Voor liefhebbers, géén examenstof!

De richtlijn zelf is geen examenstof, maar wie geïnteresseerd is, kan hem downloaden van de site van de EU : <https://eur-lex.europa.eu>.

De richtlijn is op zijn beurt weer afgeleid van aanbevelingen van ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). De publicatie *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)* is te downloaden van de site www.icnirp.org.

De richtlijn stelt maxima aan onder meer elektrische, magnetische en elektromagnetische (EM-)velden. We beschouwen voor deze cursus alleen EM-velden in het gebied van de amateurfrequenties (0,1 MHz-250 GHz). Dat komt neer op golflengten tussen 3000 m en 1,2 mm. We hebben als zendamateurs te maken met twee effecten waarop ICNIRP zich ook richt, te weten:

- Opwarming : Maximaal 1 °C opwarming voor de lichaamskern en een maximale huidtemperatuur van 41 °C. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de inwendige temperatuur van het lichaam lager is. De normale lichaamstemperatuur van een mens is 36,5 tot 37,5 °C. Bij een lichaamstemperatuur van 43 °C ontstaat hersenschade; 44 °C overleeft een mens zelden.
- Neurologische stimulatie (beïnvloeding van het zenuwstelsel).

Om een exacte waarde voor opwarming van het menselijk lichaam te berekenen, moeten de velden die binnen het lichaam optreden, gemeten worden. Dit is lastig te realiseren. Als alternatief wordt daarom een waarde aan het maximaal opgevangen vermogen per blootgesteld oppervlak (W/m^2) aangehouden voor specifieke delen van het menselijk lichaam bij frequenties boven 6 GHz. Beneden deze grens vindt opwarming in dieper gelegen delen van het lichaam plaats. De energie-absorptie wordt gespecificeerd op basis van de zgn. SAR (*Specific Absorbance Rate*) in W/kg. Gecombineerd geeft dit een maat voor het gehele frequentiebereik. Voor onze doeleinden gebruiken we de limiet die geldt voor het hele frequentiebereik en de opwarming van de dieper gelegen delen. Deze bedraagt 4 W/kg. Voor professioneel gebruik schalen we deze af met een factor 10 en komen dan op 0,4 W/kg. Voor publiek gebruik bedraagt deze factor 50, waarmee de limiet op 0,08 W/kg komt.

Als zendamateurs vallen we onder de niveaus voor professionele gebruikers. Voor huisgenoten en burens geldt het algemene publieke niveau.

De omrekening naar praktisch meetbare veldsterkten is ingewikkeld. De richtlijn bevat een tabel (B.1) met daarin veldsterktes per frequentiegebied in V/m. Deze gelden voor professioneel gebruik. Voor algemeen publiek gebruik wenden we ons tot tabel 5 in de eerdergenoemde ICNIRP-publicatie. De maximale veldsterktes die dan afgeleid kunnen worden voor de amateurfrequenties staan in Tabel 17.3-3. **Niet uit het hoofd leren!**

Tabel 17.3-3. Veldsterktelimieten op amateurbanden voor werkers (degenen die in verband met hun werk regelmatig aan deze EM-velden worden blootgesteld) en algemeen publiek (VERON, Vademecum voor de Nederlandse radioamateur, 17^e druk)

Frequentie (MHz)	Werker (V/m)	Publiek (V/m)	Frequentie (MHz)	Werker (V/m)	Publiek (V/m)
0,14	2614	1188	440	62,7	28,8
0,50	1072	487	1300	108	49,6
1,88	434	193	2450	137	61,4



3,80	259	118	3410	137	61,4
5,40	203	92,1	5850	137	61,4
7,20	165	75,3	10500	137	61,4
10,15	130	59,2	24250	137	61,4
14,15	102	46,5	47200	137	61,4
18,17	86,7	39,4	78000	137	61,4
21,45	77,2	35,1	81500	137	61,4
24,99	69,4	31,5	123000	137	61,4
29,7	61,5	27,9	136000	137	61,4
52,0	61,0	27,7	141000	137	61,4
70,5	61,0	27,7	250000	137	61,4
146	61,0	27,7			

De afstand tussen mens en antenne moet voldoende zijn om overschrijding van de maximale veldsterkten te voorkomen. Met een gekalibreerde veldsterktemeter kan worden gemeten of ter plaatse de veldsterkte onder de waarden in de tabel blijft. De waarde kan ook theoretisch worden berekend.

In de theorie van EM-velden bij antennes onderscheidt men een nabij en een ver veld. Tot hiertoe hebben we steeds gewerkt met het verre veld. Vlak bij de antenne zit het veld anders in elkaar. Dat komt doordat het elektrische en het magnetische deel van het veld een verschillende plaats van oorsprong hebben. Het elektrische veld zit tussen de punten van de antenne, het magnetische rondom het midden. Gevolg is dat elektrisch en magnetisch veld vlak bij de antenne niet loodrecht op elkaar staan. De bijbehorende theorie voert (veel) te ver voor een zendcursus als deze.

We blijven zo goed mogelijk buiten het nabije veld. Voor antennes met een lengte van $\frac{1}{4}\lambda$ of korter is dat het geval als voor de afstand d tot het midden van de antenne geldt:

$$d \geq 2\lambda$$

Voor richtantennes met meerdere elementen geldt de zgn. Fraunhofer-afstand d_F . Die wordt berekend uit de grootste afmeting D van de antenne en de golflengte λ volgens

$$d_F = 2 \frac{D^2}{\lambda}$$

Voor het nabije veld hanteren we de vuistregel

$$d \leq \lambda$$

Tussen het nabije en het verre veld ligt de overgangszone. Berekeningen op basis van het verre veld geven voor de overgangszone minder betrouwbare resultaten, maar zijn nog bruikbaar. De bruikbaarheid eindigt bij de zogenoemde *reactieve zone*. Daarvoor geldt



$$d < \frac{\lambda}{2\pi} \rightarrow d < 0,159\lambda$$

Met deze minimale meetafstand op zak kunnen we overgaan tot het berekenen van de veilige afstand tot de antenne. Daarbij maken we gebruik van de vergelijking voor de veldsterkte E (V/m) als functie van de afstand d (m) tot het middelpunt van de antenne en het effectief afgestraald vermogen $EIRP$ (W) ten opzichte van een theoretische isotrope straler (hoofdstuk 14).

$$E = \frac{\sqrt{30 EIRP}}{d} \text{ wat hetzelfde is als } d = \frac{\sqrt{30 EIRP}}{E}$$

De afleiding van deze vergelijking valt buiten het bestek van deze cursus en staat daarom in het kadertje op de volgende bladzijde.

We geven een rekenvoorbeeld, uitgaand van een 145 MHz yagi-antenne met 7 elementen, inclusief de dipoolstraler. De antennelengte is 3 m ($1,5\lambda$). De antennewinst (gain) stellen we op 10 dBd, dat is een factor 10 ten opzichte van een dipool. Als we het voor amateurs maximaal toegestane zendvermogen van 400 W hanteren, komen we na omwerken voor afstand en invullen in de vergelijking op een veilige afstand voor het publiek:

$$d = \frac{\sqrt{30 * 400 * 10 * 1,64}}{27,7} \text{ m} \approx 16 \text{ m}$$

1,64 is de omrekenfactor van ERP gebaseerd op een dipool naar EIRP gebaseerd op een isotrope straler (hoofdstuk 14). De 27,7 m in de noemer komt uit de publiekskolom voor 146 MHz in Tabel 17.3-3. De uitkomst geldt alleen voor de stralingsrichting van de yagi. In alle andere richtingen is hij kleiner. We voldoen ook aan de eis voor het verre veld, want $2 * 3^2 / 2 \text{ m} = 9 \text{ m}$ is minder dan 16 m.

Voor de werker moeten we niet delen door 27,7 maar door 61,0. Dan vinden we 7,3 m, wat zelfs niet meer binnen het verre veld ligt. Dat lijkt misschien wat eng, maar bedenk dat je als bediener van een zender zelden of nooit in de bundel zit, want je zit meestal lager en dat is al buiten het sterkste deel van het veld. Houd daarmee ook rekening bij de plaatsing van de antenne: hoe hoger boven de shack, hoe beter.

**Voor de liefhebbers, géén examenstof!**

Radiogolven, uitgestraald door een antenne, verspreiden zich bolvormig (hoofdstuk 14). Hun intensiteit (W/m^2) is omgekeerd evenredig met de oppervlakte van de bol. Het vermogen neemt evenredig af met het kwadraat van de afstand (Hoofdstuk 14). Voor de vermogensdichtheid P' op afstand d van een isotrope straler geldt:

$$P' = \frac{P_a}{4\pi d^2}$$

waarbij P_a = aangeleverd vermogen maal antennewinst G . Voor een isotrope straler geldt $G = 1$. (We gebruiken P' als symbool voor vermogensdichtheid omdat P al bezet is voor de grootheid vermogen). We kunnen de vermogensdichtheid ook in termen van elektrische veldsterkte E (V/m) uitdrukken:

$$P'd = \frac{E^2}{\eta_0}$$

η_0 (in Ω) is de karakteristieke weerstand in lucht (vacuum), samengesteld uit permittiviteit ϵ_0 en permeabiliteit μ_0 in vacuüm (hoofdstuk 4) volgens

$$\eta_0 = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} = 120\pi \Omega = 377\Omega$$

Gecombineerd levert dit :

$$E^2 = \frac{120\pi P_a}{4\pi d^2} \rightarrow E = \frac{\sqrt{30P_a}}{d} \rightarrow d = \frac{\sqrt{30P_a}}{E}$$

Bij tegelijk zenden op meerdere frequenties mogen de veldsterkten niet eenvoudig bij elkaar worden opgeteld, maar moet gebruik worden gemaakt van de afstandslijmieten in Tabel 17.3-3 als weegfactoren bij het vaststellen van de gezamenlijke blootstellingslimiet.

Als rekenvoorbeeld gebruiken we een veldsterkte van 20 V/m op 3.6 MHz en 15 V/m op 145 MHz.

- De bijdrage van 3,6 MHz aan de vermogensdichtheid bedraagt $20^2 / 118^2 \approx 0,03$.
- De bijdrage van 145 MHz aan de vermogensdichtheid bedraagt $15^2 / 27,7^2 \approx 0,29$
- Bij elkaar opgeteld is dat $0,03 + 0,29 = 0,32$ of 32% van de blootstellingslimiet.

De kwadraten in de twee berekeningen komen door het feit dat vermogen evenredig is met het kwadraat van de spanning (we werken met elektrische veldsterkte in V/m!)

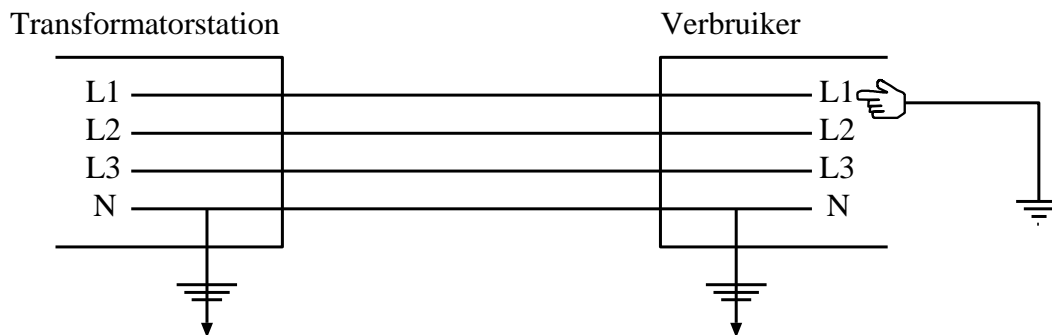
Uit de rekenvoorbeelden blijkt dat de gerealiseerde veldsterkten in het algemeen wel meevallen. **Alleen bij gebruik van laag opgestelde richtantennes, gecombineerd met hoge vermogens komen we in de buurt van de limieten. Het gebruik hiervan in woonwijken is daarom af te raden. We moeten als zendamateurs besef hebben van de effecten en een**

inschatting kunnen maken van de veldsterkten die we met onze hobby veroorzaken. Meestal is het plaatsen van de antenne op voldoende hoogte echter al genoeg om ruimschoots onder de limieten te blijven.

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, deze norm te 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

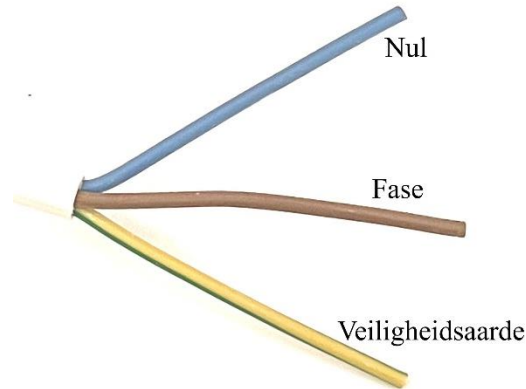
Vanuit het verdeel- of transformatorstation loopt een viertal kabels naar de verbruikers. In de meeste gevallen is per huishouden alleen de N (Nul) en één van de fasen (L1, L2 of L3) beschikbaar. Alleen bij grootverbruik bereiken alle drie de fasen de eindgebruiker.

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 dit net hoe langer hoe meer vervangen wordt door kunststofleidingen 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 fasedraden 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 vaak niet 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 toont de drie draadkleuren die tegenwoordig standaard zijn bij een netaansluiting.



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

In de installatie herkent men de fasegeleider aan de bruine draad (vóór 1970: groen), De nulgeleider is blauw gekleurd (vóór 1970: rood) en veiligheidsaarde is geel/groen (vóór 1970: wit of grijs). Een schakeldraad, bijvoorbeeld voor de 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. Het is dan ook nog steeds mogelijk om een huisinstallatie aan te treffen waar geen van beide veiligheidsmaatregelen is getroffen.

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 gaspijpen. 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 gespecialiseerde meting die alleen door daarvoor opgeleide personen wordt uitgevoerd.

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

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 veroorzaken.



Figuur 17.4-3. Noodstopknop

De veiligheid in de shack wordt ook bevorderd door het aanbrenge 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. Bij de netfrequentie van 50 Hz speelt zelfinductie nauwelijks een rol. Bij HF is dat anders. Daarom wijden we daaraan een kort stukje 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 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 spelfilter voor stoorsignalen. Daar komt bij toenemende frequentie een toenemend skin-effect met bijbehorende extra weerstand bovenop. %%%%

Het ARRL-Handbook for Radio Amateurs (wij gebruikten 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 (lieft vertinde) aardingslitze. Dat spul is duur. Google maar eens.

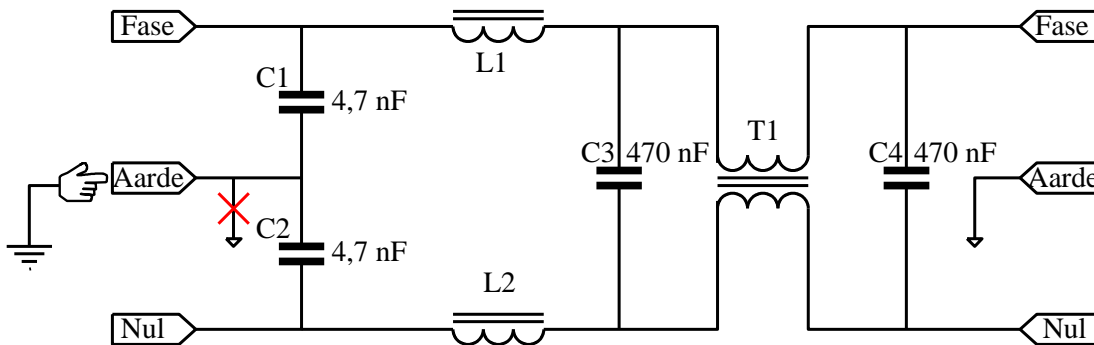
Tot slot: met meer dan één aardingsstelsel in huis zijn de aardingssystemen pas veilig als de systemen op het eigenlijke aardpunt met elkaar worden verbonden.

17.4.6 Lekstroom.

Een voorbeeld van een enkele foutconditie is het onderbreken van de veiligheidsaarde. Dit treedt onder meer op bij gebruik van een klasse I-toestel op een niet-geaard stopcontact.

We werken een voorbeeld uit:

Een klasse I toestel is ingebouwd in een metalen behuizing en voorzien van een netfilter. Het wordt aangesloten op een niet geaard stopcontact. Dan loopt bij aanraking stroom door het lichaam van de aanrakende persoon (Figuur 17.4-4).



Figuur 17.4-4. Netfilter.

We zien dat de behuizing (aarde) niet meer via de normale aardaansluiting geaard is, maar wel via condensatoren C1 en C2, de zogenoemde Y-condensatoren, is aangesloten op fase en nul. De Y-condensatoren dienen om a-symmetrische storingen², die opgewekt worden in het apparaat, weg te filteren van het net.

Bij aanraking zal de stroom nu via het wél min of meer geaarde menselijk lichaam naar aarde lopen. We kunnen op basis van de spanning van 230 V tussen fase en nul reactanties en de netfrequentie van 50 Hz berekenen dat in dit geval deze stroom maximaal $2 * 230 * 2 * \pi * 50 * 4,7 * 10^{-9} A \approx 0,68 \text{ mA}_{\text{rms}}$ bedraagt. Volgens Tabel 17.3-1 is dit net boven de waarnemingsdrempel. Vastpakken zal een licht tintelend gevoel geven. Bij hogere waarden van de Y-condensatoren zal men echter rekening moeten houden met hogere lekstromen. $0,7 \text{ mA}_{\text{pk}} = 1 \text{ mA}_{\text{rms}}$ wordt als aanvaardbaar beschouwd.

Condensatoren C3 en C4 zijn zogenoemde X condensatoren en vormen samen met T1 een laagdoorlaatfilter voor symmetrische storingen³.

X- en Y-condensatoren zijn onderdelen die zelf aan veiligheidsnormen voldoen (IEC 60384-14). Deze normen schrijven voor dat bij het optreden van een fout als overspanning of spanningspiek op het net, het onderdeel niet stukgaat als kortsluiting, maar als een open circuit. Dit is vooral bij de Y-condensatoren van belang, aangezien bij kortsluiting het chassis of de metalen kast direct aan fase of nul komt te liggen. Bij een kortgesloten X-

² Asymmetrische storingen zijn storingen tussen fase en aarde of tussen nul en aarde.

³ Symmetrische storingen zijn storingen tussen fase en nul.



condensator wordt een zekering van de huisinstallatie aangesproken. Die staat in serie met de schakeling, waarna het apparaat is afgesloten van het net en daardoor veilig is.

17.4.7 Aardlekschakelaar

Een aardlekbeveiliging werkt op basis van het principe dat de stromen in de fasegeleider en de neutrale geleider gelijk moeten zijn (1^e wet van Kirchhoff). Als het verschil > 30 mA is, maakt de beveiliging het circuit stroomloos. De Engelse term *Residual Current Circuit Breaker*, is duidelijker. Een vertaling zou kunnen luiden: *reststroomgestuurde schakelingsonderbreker*.

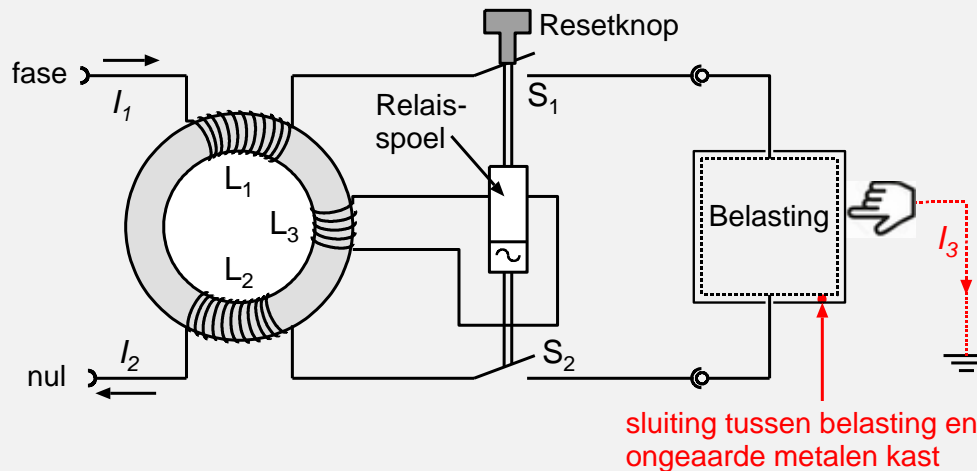
Het circuit kan daarna alleen door een ingreep van buitenaf worden hersteld.

De aanname hierbij is dat de ontbrekende stroom via een alternatief circuit naar aarde wordt afgevoerd. Dit alternatieve circuit zou een persoon kunnen zijn. Zoals we in Tabel 17.3-2 zagen, is een stroom van 30 mA gedurende langere tijd al potentieel dodelijk. Aardlekbeveiligingen in huisinstallaties schakelen daarom binnen enige tientallen milliseconden af. Gebruik van aardlekbeveiligingen zorgt ervoor, dat ook niet-geaarde circuits veilig gebruikt kunnen worden.

In het kadertje hieronder (geen examenstof) wordt het principe van de werking van een aardlekschakelaar behandeld.

Voor de liefhebbers, géén examenstof! Werking van een aardlekschakelaar.

Figuur 17.4-5 is een geschematiseerd plaatje van een aardlekschakelaar. Niet elke aardlekschakelaar werkt precies zo als die in de figuur. Het gaat om het werkingsprincipe.



Figuur 17.4-5 Werking van een aardlekschakelaar (geschematiseerd).

De fase­stroom komt links binnen als I_1 en moet gelijk zijn aan de nul­stroom I_2 . Zo niet, dan lekt er ergens stroom weg. Dat wordt gecontroleerd via de ringkern: de magne­ti­sche velden van de wikkelingen L_1 en L_2 moeten gelijk en tegengesteld zijn en zo elkaar opheffen. De belasting rechts heeft een sluiting met de metalen kast (rode stip). De kast wordt met de hand aangeraakt. Via de hand loopt een stroom I_3 naar aarde. Daardoor ontstaat een verschil in stroomsterkte tussen I_1 en I_2 ter grootte van I_3 . Er ontstaat een restveld in de ringkern met een stroom door L_3 als gevolg. Die stroom activeert het wissel­stroom­re­lais rechts van L_3 tussen de schakelaars S_1 en S_2 . Daardoor worden de schakelaars S_1 en S_2 geopend en de stroom onderbroken.

De knop boven (“Resetknop”) dient om vervolgens de schakelaars handmatig in de werk­stand terug te brengen. Vaak zit de schakelaar alleen in de fase­leiding en niet in de nul­leiding. Dan ontbreekt dus S_2 .

Aan aardlekbeveiligingen zijn ook nadelen verbonden. Zo kan bij apparaten met een hoge lek­stroom naar aarde, bijvoorbeeld zware netfilters, de beveiliging onbedoeld aanspreken. Ook kan er met nabij onweer onbalans in (lange) toevoer­leidingen ontstaan door nabije inslagen. Ook deze kunnen ongewenst aanspreken veroorzaken. Voor professionele doelen wordt aan­gera­den, ten­min­ste twee aardlekbeveiligingen per installatie aan te brengen. Dan is de installatie niet onnodig stroomloos. Daarnaast wordt aan­gera­den, de beveiliging periodiek (eenmaal per maand) te testen. Het stroomloos maken van een huisinstallatie wordt echter tegenwoordig als een onacceptabel ongemak beschouwd. Denk bijvoorbeeld aan het opnieuw instellen van klokken op allerlei apparatuur.

17.4.8 Snelle en trage veiligheden

Zekeringen maken bij kortsluiting een apparaat spanningloos. 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 17.4-6) in het apparaat opgenomen en wel één met een ‘time lag’, meestal aangeduid door een hoofdletter ‘T’ (denk aan ons woord *traag*) achter de maximale stroomwaarde (bijvoorbeeld 6,3AT). Dit voorkomt dat de zekering als gevolg van een hoge inschakelstroom al smelt bij inschakelen van het apparaat.



Figuur 17.4-6. 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/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.

17.4.9 Bepalen van de zekeringwaarde

De afstand tussen de kapjes bepaalt uiteindelijk wat de onderbrekingscapaciteit (onderbrekingsstroom) van de zekering is. Als het beveiligde circuit voldoende stroom kan opnemen, kan er namelijk bij doorsmelten een vlamboog ontstaan die zichzelf in stand houdt. Dit is vooral in gelijkstroomcircuits een reëel gevaar. Voor de bekende 5 x 20 mm glaszekering is de maximale onderbrekingscapaciteit (IR = Interrupt Rating) meestal 35 A. Die kan worden verhoogd door toevoeging van blusmateriaal. Voor hogere onderbrekingscapaciteiten moeten grotere zekeringen (6,3 mm x 32 mm) worden ingezet.

De op de zekering vermelde zekeringwaarde is de stroom, die gegarandeerd 100% van de tijd door de zekering kan lopen bij een omgevingstemperatuur van 23 °C. Bij hogere

omgevingstemperatuur zal de zekering na een bepaalde tijd doorsmelten. Die tijdsduur hangt af van de hoogte van de overstroom en de omgevingstemperatuur. Bij 60 °C bijvoorbeeld bedraagt de maximale stroom nog maar 85% van de nominale waarde. Bij 2,75 x de nominale waarde zal de zekering bijna onmiddellijk (< 100 millisecon) doorsmelten. Bij lagere waarden zal de tijd toenemen. Bij 2,1 x de nominale waarde bedraagt deze tijd al 1 sec. Bij 1.75 x de nominale stroom bedraagt de tijd circa 1000 sec.

Snelle zekeringen hebben een andere tijd/stroom karakteristiek en zullen dus sneller reageren. Het principe is echter gelijk. Uiteindelijk bepaalt de toepassing welk type zal worden gebruikt.

Raadpleeg altijd de grafieken van de fabrikant om zeker te zijn dat het juiste type en de juiste waarde worden toegepast bij eigen ontwerp. Houd er bij plaatsing van andere componenten en de keuze van een geschikte zekeringhouder rekening mee dat tijdens normaal gebruik van het apparaat ook de zekering warm zal 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 dus 50% kans dat de fase nog is aangesloten op het apparaat. Bedenk ook dat er nog opgeladen elco's aanwezig kunnen zijn.

17.4.10 PTC-weerstanden

Naast zekeringen worden tegenwoordig ook PTC-weerstanden (Positive Temperature Coefficient Resistors), ook wel kortweg PTC's genoemd, toegepast. Deze componenten hebben anders dan glaszekeringen de eigenschap dat ze zelfherstellend zijn. Bij afkoelen daalt de weerstand en zal de component weer gaan geleiden. Omdat het omslagtraject bij bepaalde belastingen een (zeer) hoge temperatuur in de component veroorzaakt is er echter reëel brandgevaar. Dit heeft in de praktijk al aanleiding gegeven tot het ontstaan van huisbranden. Toepassing van deze componenten in een primair circuit (de niet-geaarde helft van een voedingssysteem) is dus aan discussie onderhevig. Desondanks zien we PTC's steeds meer toegepast worden om servicekosten te voorkomen en gebruiksgemak te vergroten.

Bij apparaten, uitgerust met verwarmingsspiralen en/of met motorwikkelingen, worden veelal TCO's (*Temperature Cut Offs*), ook wel aangeduid als *klixon*, gebruikt als bescherming. Dit zijn electromechanische componenten die middels een bi-metaal⁴

⁴ Een bi-metaal is een plaatje van 2 metaalsoorten op elkaar. De twee metalen hebben ongelijke uitzettingscoëfficiënt voor temperatuur. Bij temperatuurverandering zet de ene laag meer uit dan de andere,



eenmalig of zelfherstellend het circuit onderbreken bij oververhitting van de spiraal of wikkeling, bijvoorbeeld door beschadiging van de thermostaatregeling of door vastlopen of overbelasting van de motor.

We onderscheiden hierin thermische zekeringen (eenmalig) of thermische schakelaars. De laatsten kunnen zelfherstellend zijn of herstelbaar met de hand. Onderbreking van het circuit vindt plaats bij een vaste temperatuur.

17.5 Hoge spanning

Bij hoge spanningen kunnen ontladingen 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 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 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 reeds bij een temperatuur van 120 °C beginnen te verweken en dan niet meer vormvast zijn.

Eigenlijk zou het niet mogelijk moeten zijn, het apparaat in te schakelen als de afscherming (bijvoorbeeld voor reparatie) is verwijderd. Dit kan door gebruik te maken van zogenoemde 'interlocks'. Dat zijn microschakelaars die de netvoeding verbreken.

Daardoor gaat het plaatje bol staan, waardoor het gebruikt kan worden in een door temperatuur geregelde aan/uit-schakelaar.

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 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 vultreffer 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.

Inslagen op afstand kunnen door aardstromen en inductie toch hoge spanningspieken op het net veroorzaken. Om schade aan apparatuur door deze indirecte vorm van overspanning te voorkomen kan overspanningbeveiliging (OVP, *Over Voltage Protection*) geplaatst worden. Dit kan in de vorm van beveiligde stopcontacten of door het aanbrengen van beveiliging in de coax-connector. Vaak zijn deze voorzien van halfgeleiders (*Varistor*), gasgevuld (*Gas arrestor*) of een vonkbrug.



Een varistor is een spanningsafhankelijke weerstand die vanaf 275 V begint te geleiden en op die manier een spanningspiek op het net opvangt en dissipeert. Een gasarrestor is een gasgevuld buisje dat vanaf een bepaalde spanning begint te geleiden en een laagohmig pad voor het afvoeren van pieken biedt. Het geleidingsvermogen van gasarrestors is vele malen hoger dan dat van varistors.

Bedenk dat overspanningsbeveiligingen in alle gevallen een laagohmig pad naar (veiligheids)aarde moeten hebben om te kunnen functioneren. Bij het aanbrengen van OVP in antennekabels moet men deze buitenshuis aanbrengen en koppelen aan de externe bliksembeveiliging. Indien dit niet kan, moet tijdens een onweersbui in ieder geval de antennekabel fysiek afgekoppeld worden van de zend-ontvanger. Bedenk dat een coax schakelaar hier niet voldoet, omdat vaak alleen de binnenader wordt afgesloten. Via de afscherming kan de spanningspiek dan alsnog de apparatuur bereiken. Houd bij onweer deze vaste regel aan: **Koppel antennepullen los van transceivers, ontvangers, enz. en trek hun netstekkers uit het stopcontact!**

17.7 Opstelling voor plaatsing van antennes en gevaren bij werken op hoogte

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 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 plaatsn 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 railing 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.

De nu volgende paragrafen tussen dit punt en de opgaven zijn nuttig, maar geen verplichte examenstof.

17.8 Brand en hoge temperaturen (geen verplichte examenstof)

17.8.1 Brandgevaar

Brand is een onderschat gevaar. Jaarlijks vallen meer doden bij (huis)branden (40) dan door elektrocutie (2). De thuisconstructeur/hobby-electronicus moet zich hiervan rekenschap geven, vooral bij het ontwerpen van circuits waar stromen van meer dan 200mA en het toepassen van kuststof behuizingen gecombineerd worden.

Kunststoffen ("plastics") zijn stoffen, opgebouwd uit lange reeksen koolstofatomen verbonden met andere elementen. Alle kunststoffen zijn brandbaar. Ze zullen bij hoge temperatuur (vanaf 550 °C) spontaan ontbranden. Hoge temperaturen in elektronische schakelingen kunnen ontstaan waar hoge stroomsterktes gecombineerd worden met contactovergangen. Denk aan connectoren, printconnectors etc.

Als brand ontstaat in een apparaat is het van belang dat brandende delen binnen het apparaat blijven en daarbuiten geen nieuwe branden veroorzaken. Kunststof behuizingen moeten daarom brandvertragend zijn met een rating van UL94-V0 (voor meer informatie: googelen). Als alternatief is de behuizing zodanig opgebouwd uit metaal dat brandende materialen binnen het apparaat houdt (een zogenoemde 'fire enclosure'). Vooral batterijopladers die in sommige gevallen permanent onder spanning staan vormen een risico. Het is aan te raden om deze uit de wandcontactdoos te verwijderen als ze niet nodig zijn.



17.8.2 Lithium-polymeer- en andere batterijen

Tegenwoordig wordt veel gebruikgemaakt van Lithium-Polymeer (LiPo) cellen om apparaten te voeden. Deze kunnen bij onjuist gebruik brand veroorzaken. Het is daarom van belang alleen gekeurde LiPo batterijen te gebruiken, die voorzien zijn van een BMS (Battery Management System). Gekeurde lithium batterijen voldoen aan de norm IEC 62133-2. Dit zorgt ervoor dat de batterij niet overladen kan worden en niet te diep ontladen wordt. Dat zijn allemaal risicofactoren bij dit soort batterijen. Verder heeft een LiPo batterij een zeer lage inwendige weerstand, waardoor deze in korte tijd veel energie kan leveren. Hierbij loopt de temperatuur in de batterij zeer hoog op met alle risico's van brand.

Een LiPo batterij, die eenmaal brandt, gaat niet meer uit tot alle lithium verbrand is. Daarnaast kan de verbranding explosief verlopen en komen chemische stoffen vrij, die bij inademing gezondheidschade kunnen aanrichten.

Ook traditionele lood/zwavelzuur batterijen, die soms gebruikt worden als energie-backup kunnen gevaar opleveren bij overladen (waterstof productie). Ook heeft dit type een zeer lage inwendige weerstand, zodat bij kortsluiten hoge stromen optreden.

17.8.3 Andere branden

Daarnaast zijn er natuurlijk ook de voor de hand liggende oorzaken van elektrische branden, zoals oververhitting van kabels door het overbelasten van meervoudige contactdozen, het doorlussen daarvan of het niet uitrollen en overbelasten van verlengsnoerhaspels. Het binnenste deel van de kabel op de haspel kan dan zijn warmte slecht kwijt. Bij twijfel: geheel afrollen en zorg ervoor, niet te struikelen over de draden. Ook slechte of intermitterende (vonkende) contacten kunnen temperaturen veroorzaken, waarbij het omringende isolatiemateriaal (kunststof) vlam kan vatten.

Huisbranden kunnen uitermate snel om zich heen grijpen. Afhankelijk van waar de brand uitbreekt en de hoeveelheid brandbare materialen die aanwezig zijn, kan een ruimte letterlijk binnen enkele minuten in lichterlaaie staan. Bedenk dat het binnenklimaat in het algemeen zeer droog is. Dat schept een ideale situatie voor de beschikbaarheid of het ontstaan van potentiële brandstof. Woningbranden kunnen zeer ingrijpend zijn in het leven van mensen, ook als er geen slachtoffers te betreuren zijn. Het gebruik van rookmelders is dan ook zeer aan te raden en tegenwoordig zelfs verplicht, zodat men in geval van brand niet verrast kan worden en hopelijk op tijd kan ingrijpen om erger te voorkomen.

17.8.4 Brandwonden voorkomen

Naast het gevaar van brand bestaat ook het gevaar van verbranding van de huid aan hete oppervlakken. Denk hierbij aan koelplaten voor vermogensversterkers, netvoedingen, dummy loads, etc. Bij aanraken van metaal met een temperatuur hoger dan 60 °C kan al verbranding van de huid optreden.

Scherm oppervlakken, die tijdens normaal gebruik een hoge temperatuur kunnen bereiken, bij voorkeur af of breng een waarschuwingsteken aan (Figuur 17.8-1).



Figuur 17.8-1. Waarschuwingsteken voor hete oppervlakken

Voor het beveiligen van oppervlakken, die in een foutconditie een hoge temperatuur kunnen bereiken, kan een thermische zekering (TCO/Klixon) opgenomen worden in het circuit (zie 17.4.10).

Hoogfrequent verbranding kan optreden bij het aanraken van zendantennes of hoogfrequent versterkers tijdens bedrijf. Letsel is vaak zichtbaar op het punt van aanraking, maar kan ook verder onderhuids nog verbrandingen opleveren, die slechter of niet zichtbaar zijn. Het behoeft geen betoog, dat werken aan in bedrijf zijnde HF-apparatuur altijd voorkomen moet worden.

17.9 Gevaarlijke stoffen (geen verplichte examenstof)

17.9.1 Berylliumoxide

Berylliumoxide heeft unieke eigenschappen. Enerzijds is het in gesinterde (keramische) vorm een uitstekende geleider van warmte, anderzijds heeft het elektrisch een zeer hoge isolatiewaarde. Dit maakt het ideaal voor gebruik als warmtegeleidingsmateriaal bij hoogfrequent-toepassingen. Het werd en wordt dan ook nog veelvuldig toegepast in vermogenshalfgeleiders en RF-weerstanden. In keramische vorm is het stabiel en kan onbeschermd verwerkt worden. Bij bewerking moet men echter oppassen, het materiaal niet te vergruizen. De stofdeeltjes zijn bij inademing kankerverwekkend en kunnen een chronische longaandoening veroorzaken.

17.9.2 Etsmiddelen

Etsmiddelen zoals die gebruikt worden bij het maken van gedrukte bedrading of prints (FerriChloride, KaliumPerManganaat, WaterstofPeroxide, Natronloog etc.) zijn niet alleen giftig bij inname, maar ook schadelijk voor het milieu. Spoel deze na gebruik dus niet door de gootsteen, maar voer ze verantwoord af via de milieustraat in je gemeente.

17.9.3 Lood

Lood wordt geassocieerd met allerlei neurologische aandoeningen en mag niet langer als onderdeel van elektronica gebruikt worden. Dit betekent bijvoorbeeld dat de bekende lood/tin soldeer legering niet meer gebruikt mag worden. In veel gevallen kan dit bij



oudere apparaten echter niet vermeden worden. Het gebruik van afzuiging of tenminste ventilatie is dan aan te raden.


17.10 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.

17.10.1 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 



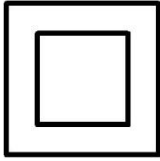
17.10.2 Opgave 17-2

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 

17.10.3 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 



17.10.4 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 



17.11 Uitwerking 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.

17.11.1 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



17.11.2 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 erom, 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.

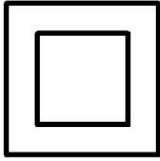


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



17.11.3 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





17.11.4 Uitwerking van 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 condensator(en) moet opladen. Antwoord A.



Terug naar de opgave