



# Inhoudsopgave

16	Storing en immuniteit.....	16-3
16.1	Wat leer je in dit hoofdstuk .....	16-3
16.2	Soorten storingen in ontvangstapparatuur en LF-versterkers.....	16-3
16.2.1	Interferentie van gewenst en ongewenst signaal .....	16-3
16.2.2	Kruismodulatie .....	16-3
16.2.3	Laagfrequentdetectie (LFD of LF-inpraten).....	16-4
16.3	Mogelijke oorzaken van storingen.....	16-4
16.3.1	Veldsterkte.....	16-4
16.3.2	Ongewenste uitstralingen .....	16-4
16.3.3	Ongewenste beïnvloeding van apparatuur .....	16-5
16.4	Storingen voorkomen en verhelpen .....	16-5
16.4.1	Algemeen .....	16-5
16.4.2	Filteren.....	16-6
16.4.3	Ontkoppelen.....	16-8
16.4.4	Afschermen.....	16-12
16.5	Opgaven.....	16-14
16.5.1	Opgave 16-1.....	16-14
16.5.2	Opgave 16-2.....	16-15
16.5.3	Opgave 16-3.....	16-16
16.5.4	Opgave 16-4.....	16-17
16.5.5	Opgave 16-5.....	16-18
16.5.6	Opgave 16-6.....	16-19
16.5.7	Opgave 16-7.....	16-20
16.5.8	Opgave 16-8.....	16-21
16.6	Uitwerkingen van de opgaven .....	16-22
16.6.1	Uitwerking van Opgave 16-1 .....	16-22
16.6.2	Uitwerking van Opgave 16-2 .....	16-23
16.6.3	Uitwerking van Opgave 16-3 .....	16-24
16.6.4	Uitwerking van Opgave 16-4 .....	16-25



16.6.5	Uitwerking van Opgave 16-5 .....	16-26
16.6.6	Uitwerking van Opgave 16-6 .....	16-27
16.6.7	Uitwerking van Opgave 16-7 .....	16-28
16.6.8	Uitwerking van Opgave 16-8 .....	16-29



## 16 Storing en immuniteit

### 16.1 Wat leer je in dit hoofdstuk

Praktisch elke zendamateurs die met enige regelmaat actief is op amateurbanden, krijgt vroeg of laat te maken met storingen in apparatuur in zijn/haar nabije omgeving of in de eigen apparatuur. Het gaat in dit hoofdstuk om storingen die worden veroorzaakt door een elektromagnetisch veld. Elke zender straalt nu eenmaal zo'n veld uit.

We beginnen met een aantal soorten storing in zowel radio- als TV-ontvangers en in LF-versterkers. Vervolgens gaan we in op oorzaken: de veldsterkte van een uitgezonden signaal en ongewenste, ofwel parasitaire uitstralingen die kunnen leiden tot ongewenste en onbedoelde beïnvloeding van elektronische apparatuur.

Uiteindelijk moet de oorzaak van storingen worden gevonden en de storing zo mogelijk worden verholpen. Ook daarover zullen we het hebben.

### 16.2 Soorten storingen in ontvangstapparatuur en LF-versterkers

#### 16.2.1 Interferentie van gewenst en ongewenst signaal

Interferentie ontstaat door menging van signalen. We zagen in hoofdstuk 13 dat het proces van menging allerhande frequenties kan opleveren. Daardoor kunnen op de eigen TV of radio of die van burens allerlei storingen ontstaan.

Geen enkele zender is vrij van uitgezonden harmonischen en/of andere onbedoelde frequenties. Die horen weliswaar sterk verzwakt te zijn, maar vlak bij de zendende antenne kunnen ze toch hinder veroorzaken.

Geen enkele versterker is volledig lineair. Dat betekent dat altijd wel ergens menging optreedt. Bij menging heeft het ene signaal invloed op de versterking van het andere. Het maken van AM is niets anders dan dat, maar in extreme vorm. De modulatie bepaalt de versterking van de draaggolf. Een versterker van goede kwaliteit -zo lineair mogelijk dus- zal de minste interferentie geven, maar een storend signaal kan zo sterk zijn dat zelfs die uitstekende versterker toch in een minder lineair deel van zijn karakteristiek wordt getrokken.

Op TV kan interferentiestoring zichtbaar worden in de vorm van warrelingen in het beeld. Oorzaak kan bijvoorbeeld storing zijn door een 144 MHz-amateurzender (2-meterband). De vierde harmonische van 144 MHz is 576 MHz. Die valt in kanaal 34 van de UHF-TV-band (574-582 MHz). Tot 145,5 MHz valt de vierde harmonische in die band.

#### 16.2.2 Kruismodulatie

Kruismodulatie is een gevolg van niet-lineariteit in het ingangscircuit. Daarbij ontstaan geen nieuwe frequenties, maar wordt de modulatie van het (sterke) storende signaal als het ware overgedragen op het (meestal zwakkere) beluisterde. Voorbeelden: AM op een CW-sigitaal (tegenwoordig zeldzaam geworden bij gebrek aan AM-stations) of twee FM-

signalen door elkaar. Twee voor de prijs van één, maar niet de bedoeling. De term *kruismodulatie* staat niet in de N-exameneisen, komt in examenvragen soms voor en dan alleen in foute meerkeuze-antwoorden. In elk geval was dat zo tot en met het jaar 2020.

### 16.2.3 Laagfrequentdetectie (LFD of LF-inpraten)

In een LF-versterkertrap kan het elektromagnetische veld van een zender een HF-frequentie opwekken die vervolgens een vorm van AM-detectie ondergaat in een halfgeleider in het audiodeel van de schakeling. Zulke apparatuur is vaak onvoldoende afgeschermd. Het verschijnsel heet *laagfrequentdetectie*, afgekort *LFD*.

AM veroorzaakt daarbij woordelijk te verstane taal, EZB iets onverstaanbaars in spraakritme. Niet alleen de naaste burens kunnen er last van hebben. Het kan ook op grotere afstand. 100 m of daaromtrent komt ook voor. In het laatste geval gaat het meestal om apparatuur met onvoldoende immuniteit tegen elektromagnetische straling. Onvoldoende geïmmuniseerde apparatuur hoeft in Nederland niet (meer) door de “storende” amateur te worden ontstoord, maar omwille van de verstandhouding met de burens zullen veel amateurs dat toch doen. In paragraaf 16.4 besteden we aandacht aan remedies.

CW-signalen kunnen plopgeluiden veroorzaken bij het in- of uitschakelen van de zender via de seinsleutel. Een FM-sigitaal kan een versterker in meerdere of mindere mate dichtdrukken, maar leidt niet tot geluid.

Er zijn regels voor wat betreft de maximale veldsterkte waarbij een apparaat normaal hoort te werken. Die staan in de EMC-richtlijnen (afkorting van *ElektroMagnetische Compatibiliteit*). De Europese aanduiding is CE. Die hoort ergens op de buitenkant van apparatuur te staan die aan immunisatieregels voldoet of hoort te voldoen.

## 16.3 Mogelijke oorzaken van storingen

### 16.3.1 Veldsterkte

Elke zendende antenne veroorzaakt een elektromagnetisch (EM-) veld. Hoe groter het zendvermogen en hoe korter de afstand tot de zendende antenne, des te groter de veldsterkte. Die wordt uitgedrukt in V/m. De kans op storingen neemt met toenemende afstand tot de zendende antenne snel af.

Bundeling door bijvoorbeeld een Yagi-antenne maakt dat het effectief uitgestraald vermogen bij een betrekkelijk klein zendvermogen in de stralingsrichting van de antenne toch aanzienlijk kan zijn. De grootste kans op storingen zit dan in de stralingsrichting van de antenne.

### 16.3.2 Ongewenste uitstralingen

Onder ongewenste uitstralingen valt alles dat buiten de bandbreedte van draaggolf en de noodzakelijke bijbehorende modulatieproducten ligt. Een veelzeggende term ervoor is *parasitaire uitstralingen*. Parasitaire uitstralingen zijn onder meer onvoldoende onderdrukte frequenties die in de zender zijn ontstaan, zoals

- Oscillatorfrequenties;
- Som- of verschildfrequenties die bij gewenste of ongewenste menging zijn ontstaan en die verschillen van de zendfrequentie;
- Harmonischen van het uitgezonden signaal. Geen enkele eindtrap is volkomen lineair. Daardoor ontstaan harmonischen altijd. Dat gebeurt het minst in een klasse A-eindtrap en het meest bij klasse C;
- Bij oudere zendapparatuur die nog met frequentievermenigvuldiging werkt, horen -op de gewenste frequentie na- harmonischen van de oorspronkelijk opgewekte frequentie ook tot de parasitaire uitstralingen;

Parasitaire uitstralingen kunnen allerlei storingen veroorzaken, zoals bij ontvangst van radio en TV, telefoon- en mobilfoonverkeer en luchtvaart en hulpdiensten.

### 16.3.3 Ongewenste beïnvloeding van apparatuur

In een boek uit het buizentijdperk over het repareren van defecte radio-ontvangers stond een zin: “Hoogfrequent kruipt waar het niet gaan kan”, vergezeld van een tekening waarop iemand was afgebeeld die in zijn achterste werd getroffen door een soort bliksemschicht. Die schicht was overdreven, maar de rest klopt: het EM-veld van een zendantenne kan via allerlei wegen apparatuur binnendringen en daar storing veroorzaken. We noemen:

- Antennes en antenneleidingen
- Netsnoeren,
- CD/DVD-aansluitingen
- Luidsprekersnoeren
- Instraling op de printplaat zelf

Stoorsignalen via de antenne leiden meestal tot interferentie of kruismodulatie. De andere vier geven merendeels aanleiding tot *laagfrequentdetectie* (*LFD* of *laagfrequent inpraten*).

Sinds 2006 is in ons land de analoog uitgezonden TV digitaal geworden. Dat wil niet zeggen dat analoge ontvangst daarmee is verdwenen, omdat vaak een omzetter wordt gebruikt om alsnog een analoog signaal naar een TV-ontvanger te sturen. Daarvoor worden oude analoge frequenties gebruikt. Voorlopig zijn we daar dus niet helemaal vanaf. Wel zijn antennes en hun kabels grotendeels verdwenen ten gunste van behoorlijk afgeschermd coaxiale kabels van kabel-TV of -nog beter- glasvezel. Problemen met instraling via antenneleidingen komen daardoor minder vaak voor, maar verdwenen zijn ze (nog) niet.

## 16.4 Storingen voorkomen en verhelpen

### 16.4.1 Algemeen

Fabriekstranseceivers voldoen praktisch altijd aan de eisen in de voorschriften voor amateurzenders. Wie in staat is tot zelfbouw of eigenhandige modificatie van fabrieksapparatuur, zal in het algemeen ook in staat zijn, de maatregelen die in deze



paragraaf zijn beschreven, zelf uit te voeren. Wie zich onzeker voelt, is aangewezen op de hulp van een mede-amateur. Die is meestal wel te vinden,

Algemene regel: beperk je zendvermogen tot wat nodig is om een verbinding tot stand te brengen, zeker als je op een plek met dichte bebouwing woont. Daar is de afstand tot stoorbare apparatuur nu eenmaal klein.

Zorg dat de aanpassing van zender naar antenne zo goed mogelijk is. Een lage SWR tussen zender en kabel betekent niet automatisch dat de SWR van kabel naar antenne ook goed is. Verbind symmetrische en asymmetrische aansluitingen met een goede aanpassingstrafo (balun) om hoogfrequente stromen aan de buitenkant van de mantel van coax-kabel te vermijden. Anders straalt de kabel. Loopt de kabel op korte afstand van je huis of dat van de burens, dan is dat vragen om problemen. Zorg dat alleen de antenne straalt.

Nog erger is een enkele antennedraad die rechtstreeks of via een tuner op de antenne-uitgang is aangesloten. Maak bij een eindgevoede antenne (hoofdstuk 14) in elk geval een symmetrische aansluiting tussen tuner en antenne (“kippenladder”). Een in het midden gevoede antenne (dipool) geeft minder kans op problemen dan een eindgevoede.

We bespreken enkele soorten methoden om storingen tegen te gaan of op te heffen:

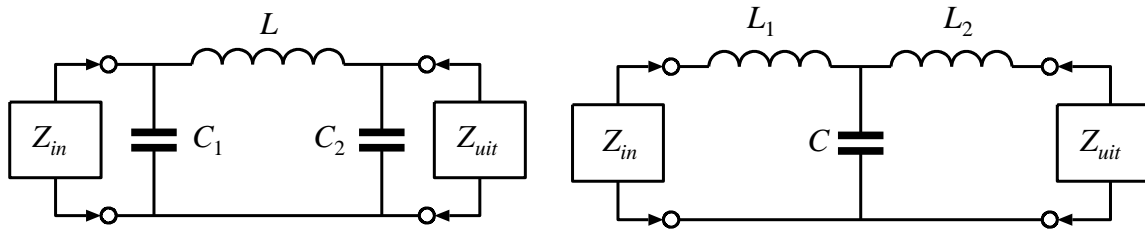
- Filteren, zodat parasitaire signalen niet worden uitgestraald of bij luisteren het inwendige van de ontvanger niet bereiken;
- Ontkoppelen van verschillende soorten leidingen;
- Afschermen van schakelingen die hoogfrequente stralingsbronnen kunnen zijn.
- Stabiliseren van de oscillator in een zender.

## 16.4.2 Filteren

### In of direct achter de zender

Tussen zenderuitgang en antenneleiding kunnen harmonischen worden onderdrukt door één of twee extra laagdoorlaatfilters. Die moeten zo dicht mogelijk op de zenderuitgang worden geplaatst of beter, maar niet altijd haalbaar, in de zender tussen aanpassingsfilter en uitgang. Zo'n filter zal meestal een pi-filter zijn (Figuur 16.4-1 links) of een T-filter (Figuur 16.4-1 rechts).

Bij gebruik van een T-filter **is het enige goede filter een filter met twee spoelen tussen de signaalaansluitingen en een condensator als middenaftakking naar massa/aarde**, zoals in Figuur 16.4-1 rechts. Eén met twee condensatoren in plaats van de spoelen en een spoel in plaats van de ene condensator in het midden is een hoogdoorlaatfilter. Voor impedantie-aanpassing werkt dit goed, maar voor het onderdrukken van harmonischen is het zinloos.



Figuur 16.4-1. CLC Pi-filter (links) en LCL-T-filter (rechts).

Een zogenoemde *ferrietklem* kan helpen tegen mantelstromen. Zo'n klem is een omhulling van ferriet die op de stralende kabel wordt geklemd (Foto 16.4-1).

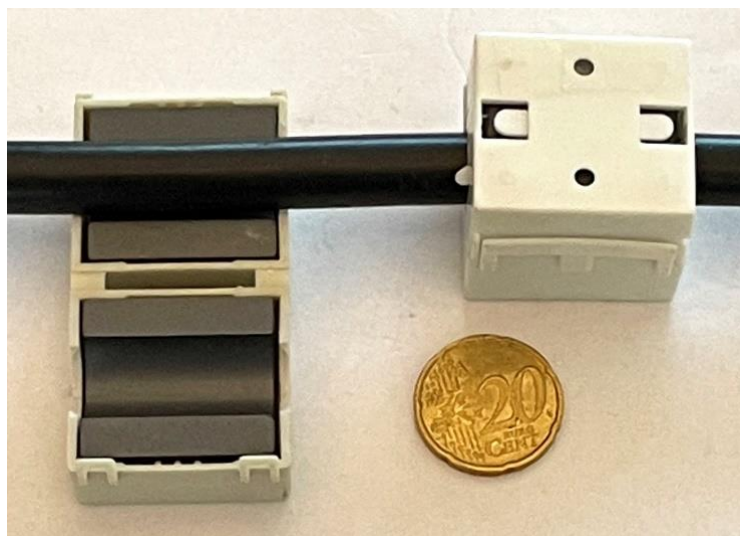


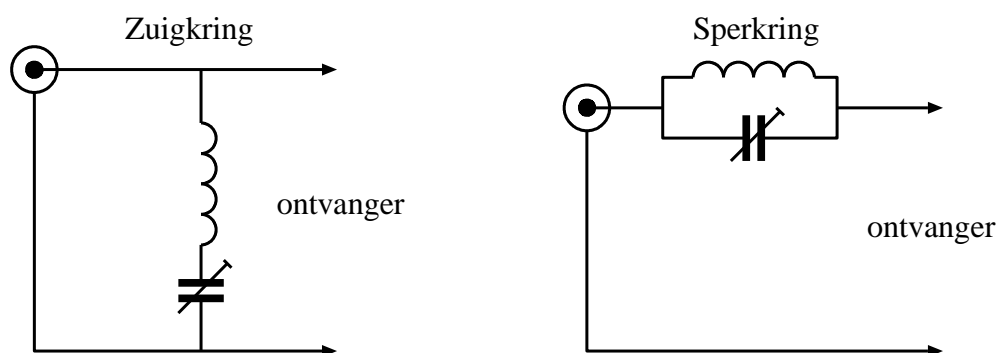
Foto 16.4-1. Coax-kabel (10 mm dia.) met ferrietklemmen. Links: klem open; rechts: klem gesloten. Het muntje geeft de grootte aan en hoort niet bij de klem.

De klem verhoogt door zijn hoge magnetische permeabiliteit de zelfinductie op de mantel van de coax-kabel. Zo worden mantelstromen onderdrukt. Eventueel kan meer dan één klem worden aangebracht. Zulke klemmen zijn op de meeste onderdelenbeurzen te koop.

### In de ontvanger

In ontvangers kan het amateursignaal storende harmonischen of een blokkade veroorzaken. In dat geval kan een *zuigkring* in de vorm van een LC-seriekring worden geplaatst. De resonantiefrequentie moet gelijk zijn aan de frequentie van het uitgezonden storende signaal. De kring komt tussen antenne-ingang en aarde (Figuur 16.4-2 links).

Hetzelfde kan ook met een *sperkring*. Dat is een LC-parallelkring, ook met de resonantiefrequentie gelijk aan de frequentie van het storende signaal. Die kring wordt opgenomen in de signaalleiding direct na de antenne-ingang (Figuur 16.4-2 rechts).



Figuur 16.4-2. Zuigkring (links) en sperkring (rechts).

Bezwaar: ook frequenties aan weerskanten van de storende frequentie worden, afhankelijk van de *kwaliteit* van de kring, meer of minder verzwakt.

Soms is een laag- of hoogdoorlaatfilter een betere optie. Is de frequentie van het storende signaal hoger dan de te ontvangen frequentie, gebruik dan een laagdoorlaatfilter. Is het storende signaal lager in frequentie, gebruik dan een hoogdoorlaatfilter. In beide gevallen komt het filter tussen antenne en ontvanger

Zit de zendfrequentie in het HF-gebied, dan zal deze altijd lager zijn dan de frequentie van een eventueel door de zender gestoord TV-signaal. Dan kan een hoogdoorlaatfilter in de antenneleiding van de ontvanger uitkomst bieden. Voor als de praktijk van dit alles te ingewikkeld is: vraag hulp bij een ervaren mede-amateur. Onderlinge hulp hoort ook bij het zendamateurisme!

### 16.4.3 Ontkoppelen

#### Algemeen

Een storend signaal kan via allerlei wegen een elektronisch apparaat (ontvanger, versterker, elektronisch orgel, noem maar op) binnenkomen.

De route via de antenne hebben we behandeld, maar er blijft een keur aan andere mogelijkheden over, die we in sub-paragraaf 16.3.3 al hebben genoemd.

Het gaat hierbij vooral, maar niet alleen, om LFD, laagfrequent detectie (subpar. 16.2.3).

#### Het lichtnet

Om vast te stellen of het storende HF-signaal via het lichtnet binnenkomt, kan een laagdoorlaatfilter in de netaansluiting van het gestoorde apparaat worden opgenomen. Een lichtnetfilter bij de zender zal zelden een positief effect hebben, omdat het zendersignaal voorbij dat filter allerlei mogelijkheden heeft om alsnog lichtnetkabels binnen te komen.

Voorzie de lichtnetaansluiting bij het gestoorde apparaat van een netfilter. Begin simpel. Een platte keramische condensator van 1 à 10 nF met een doorslagspanning van 1 kV of meer kan genoeg zijn. De condensator komt over de netaansluiting. Dit soort condensatoren is min of meer plat en heeft dan ook rechte, niet gewonden elektroden. Daardoor is de inwendige zelfinductie klein. Het keramisch diëlektricum is geschikt voor



hoge frequenties. Is de condensator niet voldoende, dan kan vaak een ferrietringkern helpen. Wikkel het snoer een aantal keren door de ring. Foto 16.4-2 toont zo'n bewikkelde ringkern, samen met twee platte keramische condensatoren. Voor meer zelfinductie zet je twee ringkernen op elkaar of je neemt een grotere. Monteer het filter veilig in een niet-geleidende behuizing, bijvoorbeeld PVC-buis met schroefafsluiting. In elke bouwmarkt te koop.



*Foto 16.4-2. Van links naar rechts: ferriet-ringkern bewikkeld met netsnoer, keramische condensator van 1 nF, max. 7,5 kV, keramische condensator van 2,2 nF, max. 3 kV. Wegens de lagere doorslagspanning en daarom dunner diëlektricum is de 2,2 nF kleiner dan die van 1 nF. Voor 240 V netspanning is 1 kV ruim voldoende.*

Het filter komt zo dicht mogelijk bij de netaansluiting van de versterker of, indien mogelijk, erbinnen. Geef een stoorsignaal zo min mogelijk kans!

Heeft het filter geen effect op de storing, dan neemt het storende signaal blijkbaar een andere route. Verdachten zijn dan luidspreker- en signaalleidingen (volgende kopjes).

### Luidsprekerleidingen

LFD via luidsprekerleidingen is berucht. Het gaat niet alleen om AF-versterkers voor muziek, maar ook om AF-trappen van radio en TV, vooral als daar één of meer luidsprekers buiten het apparaat mee zijn verbonden. Zulke luidsprekerleidingen zijn vaak een aantal meters lang en bieden zo alle gelegenheid voor HF om daarin een flink signaal op te bouwen. Als de versterker waarin LFD- storing optreedt, niet reageert op de stand van de volumeregelaar, dan is het meestal de luidsprekerleiding die het storende signaal oppikt. Het wordt dan ergens in de eindtrap gelijkgericht. Gelijkrichting betekent detectie van AM en de andere leden van de AM-familie: CW, DZB en EZB, zagen we in hoofdstuk 13. Eigenlijk gaat het dan om een soort onbedoelde kristalontvanger.

Soms is het aanbrengen van een condensator van circa 1-10 nF met goede HF-eigenschappen (plat keramisch) tussen de twee aders van de luidsprekerleiding al

afdoende. Zorg dat de reactantie  $X_C$  voor de storende frequentie circa 1 ohm of minder is.  $X_C = 1/(2\pi fC)$ . De condensator komt zo dicht mogelijk op de luidsprekeraansluiting van de versterker of beter, over de twee polen van de aansluiting binnen de behuizing van het gestoorde apparaat. Een laagspanningstype is genoeg, want luidsprekeraansluitingen zijn laagohmig en de spanningen daardoor laag.

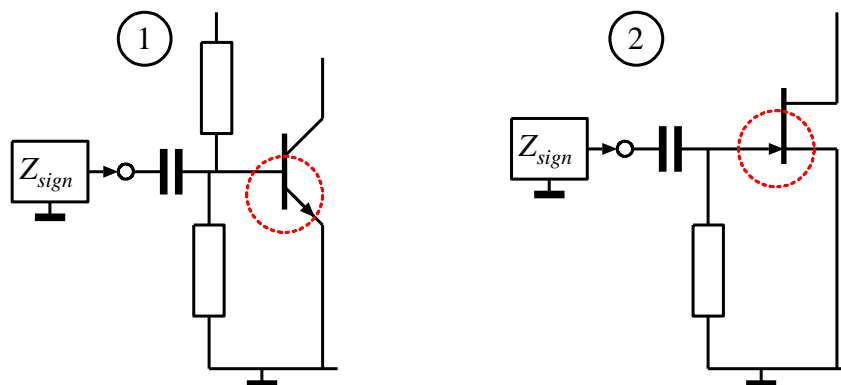
Helpt dat onvoldoende, dan kunnen condensatoren samen met ferriet worden toegepast. Dat gaat op dezelfde manier als bij netaansluitingen (Foto 16.4-2). Eigenlijk zijn de recepten voor beide vergaand gelijk. Een verschil is de doorslagspanning van de condensatoren. Met die kanttekening is Foto 16.4-2 ook van toepassing op luidsprekerleidingen.

### Signaalleidingen

Ook binnendringen van hoogfrequent via audio-signaalleidingen kan leiden tot LFD. De frequentie van een HF- of VHF-sigitaal is vele orden van grootte hoger dan die van het audio-sigitaal dat de versterker hoort te verwerken. Dat maakt het recept voor al dit soort storingen in theorie eenvormig. Pas een laagdoorlaatfilter toe dat voldoende HF-dicht is.

Controleer eerst of de storing reageert op de volumeregelaar. Is dat het geval, dan komt de storing vermoedelijk binnen via een signaalleiding. Is er daarvan maar één, dan is de bron van het probleem duidelijk. Zijn er meer, haal dan alle signaalleidingen los, verbind ze één voor één en controleer bij elke leiding of de storing weer optreedt.

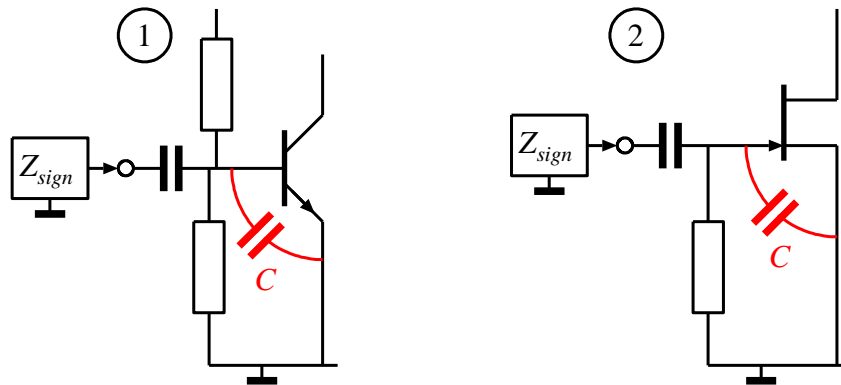
Het probleem zit meestal in het eerste versterkende element waarop het betreffende sigitaal terechtkomt. Het gaat om de in Figuur 16.4-3 aangegeven plekken.



Figuur 16.4-3. In de gestippelde rode cirkel zit bij de drie verschillende versterkende elementen de bron van LFD-storing: (1) de emitter-basisdiode en (2) de source-gate diode.  $Z_{sign}$  is de impedantie van de signaalbron.

In alle gevallen ontstaat gelijkrichting als de amplitude van het storende sigitaal daarvoor groot genoeg is. Gelijkrichting betekent diodedetectie. AM leidt tot verstaanbare taal, EZB tot iets onverstaanbaars in het ritme van de stem. CW kan plopgeluiden maken en onderbrekingen van het geluid in het ritme van het uitgezonden sigitaal. FM kan geluidsvermindering of -onderbreking veroorzaken, maar brengt zelf geen geluiden mee.

Nu de bestrijding. In alle gevallen moet worden voorkomen dat een (te) sterk HF-sigitaal in het versterkende element terechtkomt. De eerste en meestal afdoende mogelijkheid is ontkoppelen (Figuur 16.4-4), liefst met -alweer- een platte keramische condensator.



Figuur 16.4-4. LFD-ontkoppeling van de signaalingang met een condensator  $C$  (rood). (1) NPN-transistor; (2) N-kanaals J-FET.

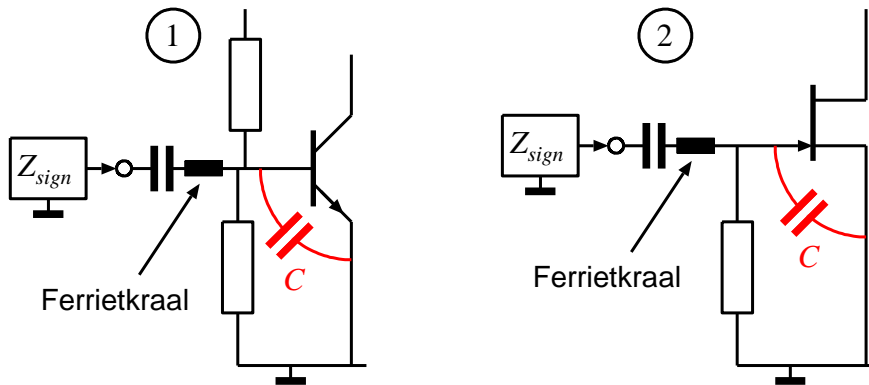
Bij een FET is de signaalingang hoogohmig. Dan is de impedantie  $Z_{sign}$  van de signaalbron bepalend voor de capaciteit van  $C$ . Als de reactantie  $X_C$  van de condensator voor de storende frequentie grofweg een factor 10 lager is dan  $Z_{sign}$ , zal dat bijna altijd voldoende zijn. Die 10 is niet kritisch. 3 of 15 zal meestal ook werken. Vaak is het een kwestie van proberen. Vergelijking:

$$C \approx 10 / (2\pi f Z_{sign})$$

**Een voorbeeld met getallen:** Stel  $Z_{sign}$  is 500 ohm en de storende frequentie  $f$  is 7,1 MHz (40-meter amateurband). Dan vinden we  $C \approx 10^9 / (2 \cdot \pi \cdot 7,1 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^2) \approx 450$  pF. Voor de 10-meter band (frequentie een factor 4 hoger) zou dat uitkomen op ongeveer 112 pF. In de praktijk gebruik je dan gangbare waarden, zoals 470 pF, resp. 120 pF.

Een bipolaire transistor vraagt door de laagohmige ingang een hogere capaciteit. Gebruik liefst een platte keramische condensator (Foto 16.4-2), maar dan voor lage spanning. 20 V is ruim voldoende. Die is geschikt voor hoogfrequente spanning. Gebruik zo'n 3-10 nF. Ook dat is niet kritisch. Let er bij muziekversterkers op dat de hogere audiofrequenties (5-20 kHz) niet worden gedempt. Blijkt dat het geval, probeer dan een kleinere capaciteit.

Het effect van de capaciteit kan worden vergroot door in de signaalleiding vóór de ontkoppel-C één of meer ferrietkralen (Foto 16.4-3) toe te passen (Figuur 16.4-5). Een kleine weerstand van enkele honderden ohm in plaats van ferriet kan ook goed werken.



Figuur 16.4-5. Dezelfde figuur als Figuur 16.4-4, maar met ferrietkraal(en) (zwart) in de signalleiding.

Het kan ook zijn, dat een berekende capaciteit over de signaalingang al afdoende is. Dan is ingewikkeld gedoe in de schakeling niet nodig.

Foto 16.4-3 laat enkele soorten ferrietkralen zien. In volgorde van toenemende grootte van de zelfinductie zijn dat één of meer ferrietkralen met één gat, met twee gaten ("varkensneusje") of varkensneusje(s) met grotere gaten, waarin meer dan één winding past. Met die laatste kun je grotere zelfinducties maken, maar die zullen in de gegeven situaties zelden nodig zijn.

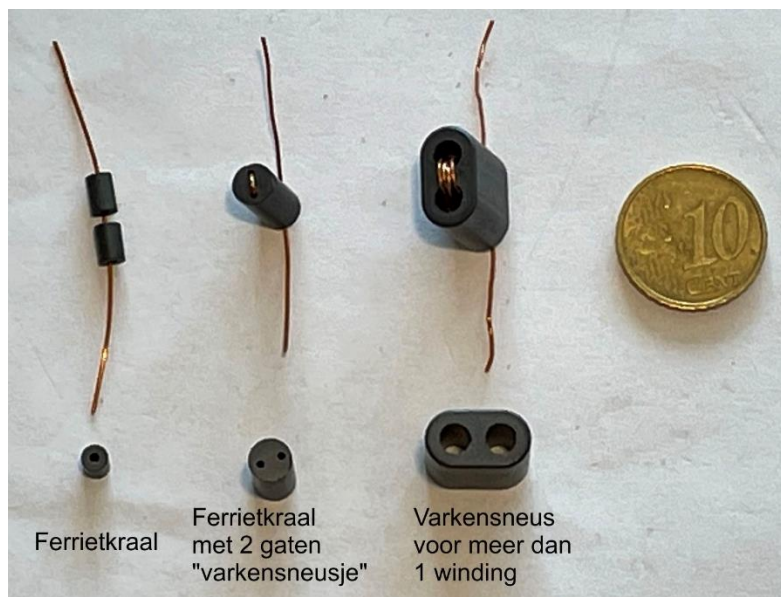


Foto 16.4-3. Drie ferrietvormen die voor een HF-smoorspoel kunnen worden gebruikt, van links naar rechts in volgorde van toenemende zelfinductie. De geleidende draad gaat één keer door de kraal, twee keer door het kleine varkensneusje en een groter aantal keren door de grote varkensneus.

#### 16.4.4 Afschermen

Afschermen komt neer op zorgen dat:

- Een elektromagnetisch veld dat binnen een apparaat ontstaat in zijn verbreiding zo wordt beperkt dat het de werking van andere apparaten niet nadelig beïnvloedt;

- Een elektromagnetisch veld van buitenaf het binnenste van een apparaat niet bereikt of zover wordt verzwakt dat het daar geen kwaad kan.

We beginnen met EM-velden die binnen een apparaat ontstaan.

- Om te voorkomen dat een zender parasitaire frequenties uitstraalt, wordt bij voorkeur alles dat een frequentie opwekt, afgeschermd. Dat wordt onder amateurs ook wel “inblikken” genoemd. Gaat het om fabrieksapparatuur, dan is de gebruiker er vrijwel van verzekerd dat de noodzakelijke afscherming in orde is. Wie zelf bouwt of verbouwt, moet daar zelf voor zorgen. In de handel zijn blikken doosjes met losse blikken afschermschotjes in allerlei maten te koop. Ga naar een radiobeurs van gemiddelde grootte en je vindt ze. Van printplaat zijn ook afgeschermdoosjes te maken. Ook dat is te koop op beurzen.
- Gebruik voor het doorvoeren van voedingsleidingen doorvoercondensatoren. Dat zijn condensatoren waarvan de buitenkant één elektrode is of daarmee verbonden is en de leiding die er doorheen loopt, verbonden is met de andere (Foto 16.4-4).



*Foto 16.4-4. Doorvoercondensatoren met verschillende manieren van monteren. Links: leiding moet in de condensator worden gesoldeerd; midden: taps toelopende buitenkant met doorvoer (oogje en draadeind); rechts: met soldeerflens en doorvoer (oogje en draadeind).*

- Signaalleidingen worden uitgevoerd als afgeschermd kabels. Bij doorgang door een afschermschotje wordt de afscherming aan het schotje gesoldeerd.
- Het kan nodig zijn, uitgangen van versterkende elementen af te schermen van de signaalingang met een geaard metalen plaatje om oscillatie te voorkomen. Dat geldt des te sterker naarmate meer versterkertrappen in serie staan.

Storingen van buitenaf die direct instralen op de bedrading (print):

- Er zit weinig anders op dan het gestoorde deel te vinden en af te schermen (“in te blikken”). Heel vaak komt dit niet voor, maar het is één van de lastigst op te lossen storingsproblemen. Soms helpt het, om de kast aan de binnenkant te beplakken met aluminiumfolie en die te aarden. De buitenkant beplakken kan technisch gezien ook, maar dat zal vermoedelijk stuiten op bezwaren van de eigenaar.



## 16.5 Opgaven

### 16.5.1 Opgave 16-1

Een amateurzender die uitzendt in de 21 MHz-band veroorzaakt storingen in de TV-ontvangst op de frequentie 61-68 MHz.

De storing kan worden opgeheven door:

- A. In de modulatortrap een laagdoorlatend filter toe te passen
- B. De eindtrap van de zender in klasse C in te stellen
- C. Een laagdoorlatend filter in de antennekabel van de zender toe te passen
- D. Een hoogdoorlatend filter in de antennekabel van de zender toe te passen

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 16.5.2 Opgave 16-2

Een 10-meter zender veroorzaakt laagfrequentdetectie in een geluidsinstallatie. Om de storingen op te heffen, worden de laagohmige luidsprekeruitgangen ontkoppeld door middel van condensatoren, parallel aan de uitgangen.

De meest geschikte capaciteitswaarde is:

- A. 10 pF
- B. 10 nF
- C. 10  $\mu$ F
- D. 10 mF

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






### 16.5.3 Opgave 16-3

De modulatievorm die de minste storing door laagfrequentdetectie veroorzaakt, is:

- A. Amplitudemodulatie
- B. Frequentiemodulatie
- C. Enkelzijbandmodulatie
- D. Morsetelegrafie (CW)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 






#### 16.5.4 Opgave 16-4

Als in een geluidsinstallatie laagfrequentdetectie optreedt door een EZB-zender in de buurt, klinkt dat als:

- A. Sterke ruis
- B. Ploggeluiden
- C. Iets onverstaanbaars in spraakritme
- D. Afwisselend harde en zachte brom


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 16.5.5 Opgave 16-5

Een EZB-zender in de 2-meterband (144-146 MHz) veroorzaakt LFD in een muziekversterker met transistoren. De storing verdwijnt bij het dichtdraaien van de volumeregelaar van de versterker. De meest kansrijke maatregel om de storing te verhelpen is:

- A. Het aanbrengen van een weerstand van 220 ohm in de basisleiding van de ingangstransistor met een condensator van 100 pF tussen basis en emitter
- B. Het aanbrengen van een weerstand van 220 ohm in de basisleiding van de ingangstransistor met condensator van 100 pF tussen basis en collector
- C. De luidsprekeruitgang overbruggen met een condensator van 10 nF
- D. De luidsprekerleiding deels om een ferrietring wikkelen.

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 16.5.6 Opgave 16-6

Aan een amateurband grenst een omroepband. Een radioluisteraar merkt dat met tussenpozen op de hele omroepband een onverstaabaar signaal in spraakritme te horen is. Een straat verderop woont een zendamateur. Als onze luisteraar met de zendamateur contact opneemt, blijkt dat deze inderdaad radioverbindingen aan het maken was. De modulatiesoort en het soort storing waren:

- A. FM en kruismodulatie
- B. AM en laagfrequentdetectie
- C. AM en kruismodulatie
- D. EZB en laagfrequentdetectie

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






### 16.5.7 Opgave 16-7

De ontvangst van FM-gemoduleerde telefoniesignalen is weinig gevoelig voor storingen, doordat in FM-ontvangers:

- A. Amplitude-begrenzing wordt toegepast
- B. Frequentietransformatie plaatsvindt
- C. Een BFO wordt toegepast
- D. Automatische versterkingsregeling (AVR, AVC) wordt toegepast


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 16.5.8 Opgave 16-8

Een amateurzender blijkt een elektronisch orgel te storen. De oorzaak hiervan kan zijn

- A. De zender straalt harmonischen uit
- B. Laagfrequentdetectie
- C. De output van de zender is niet goed gestabiliseerd
- D. De bandbreedte van de zender is te groot

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

## 16.6 Uitwerkingen van de opgaven

### 16.6.1 Uitwerking van Opgave 16-1

Een amateurzender die uitzendt in de 21 MHz-band veroorzaakt storingen in de TV-ontvangst op de frequentie 61-68 MHz.

De storing kan het best worden opgeheven door:

- A. In de modulatortrap een laagdoorlatend filter toe te passen
- B. De eindtrap van de zender in klasse C in te stellen
- C. Een laagdoorlatend filter in de antennekabel van de zender toe te passen**
- D. Een hoogdoorlatend filter in de antennekabel van de zender toe te passen

### Uitwerking

Vermenigvuldig 21 MHz met 3 en je vindt 63 MHz, de frequentie van de derde harmonische. Die valt binnen de TV-frequentieband en is daarmee verdachte. Met een laagdoorlaatfilter in de antennekabel (direct achter de zender!) wordt die harmonische onderdrukt en de frequentie van 21 MHz doorgelaten. Antwoord C.

### Opmerkingen

Een laagdoorlatend filter in de modulatortrap zal weinig zin hebben, omdat na de modulator een aantal versterkertrappen volgt, waarin harmonischen weer kunnen ontstaan. Een laagdoorlaatfilter na de eindtrap is daarom de beste oplossing.

Een eindtrap in klasse C zetten heeft een averechts effect.

Een hoogdoorlaatfilter doet in dit geval niets nuttigs.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 16.6.2 Uitwerking van Opgave 16-2

Een 10-meter zender veroorzaakt laagfrequentdetectie in een geluidsinstallatie. Om de storingen op te heffen, worden de laagohmige luidsprekeruitgangen ontkoppeld door middel van condensatoren, parallel aan de uitgangen.

De meest geschikte capaciteitswaarde is:

- A. 10 pF
- B. 10 nF**
- C. 10  $\mu$ F
- D. 10 mF

#### Uitwerking

Om effectief te zijn, moet de reactantie van de ontkoppelcondensator (flink) lager zijn dan de impedantie van de in- of uitgang die moet worden ontkoppeld. Voor audiofrequenties is die laatste meestal 4 of 8 ohm. Voor HF kan de werkelijke impedantie hoger zijn, omdat dan ook zelfinducties in leidingen binnen en buiten de versterker een rol gaan spelen.

Vuistregeltje (en niet meer dan dat): als de reactantie van de ontkoppelcondensator lager is dan grofweg 1 of 2 ohm, werkt de ontkoppeling van luidsprekerleidingen meestal goed. Om een idee te krijgen, kunnen we voor de 10-meterband (28 MHz) de reactantie  $X_C$  van een condensator van 10 nF uitrekenen.  $28 \text{ MHz} = 2,8 \cdot 10^7 \text{ Hz}$  en  $10 \text{ nF} = 10^{-8} \text{ F}$ . Dan geldt voor  $X_C$ :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1\Omega}{2\pi \cdot 2,8 \cdot 10^7 \cdot 10^{-8}} \approx 0,55 \Omega$$

Voor 10 meter zou dat volgens het vuistregeltje genoeg moeten zijn.

Antwoord B

#### Opmerkingen

Om dit soort storingen op te heffen, zijn condensatoren in het nF-bereik, parallel aan de luidsprekeruitgangen vaak het meest geschikt. 10 nF geeft voor de wat hogere HF-frequenties meestal voldoende resultaat, maar experimenteren met andere waarden tussen 1 en 100 nF kan zin hebben.

De 10  $\mu$ F van antwoord C, om nog maar niet te spreken over de 10 mF = 10 000  $\mu$ F van antwoord D, zal vrijwel altijd een elektrolytische condensator zijn. Die zijn alleen geschikt voor veel lagere frequenties en dus totaal ongeschikt om een ongewenste frequentie van 28 MHz de kop in te drukken.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 16.6.3 Uitwerking van Opgave 16-3

De modulatievorm die de minste storing door laagfrequentdetectie veroorzaakt, is:

- A. Amplitudemodulatie
- B. Frequentiemodulatie**
- C. Enkelzijbandmodulatie
- D. Morsetelegrafie (CW)

#### Uitwerking

Alle leden van de AM-familie, AM, DZB, EZB en CW hebben een variërende amplitude. LFD ontstaat door gelijkrichting, waarna de omhullende als wisselspanning/stroom overblijft, net als bij een kristalontvanger. Die hoor je als geluid. Frequentiemodulatie (FM) heeft een constante amplitude. Een FM-sigitaal bevat daardoor geen AM-achtige componenten. Die hoor je na gelijkrichting dus ook niet.

Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave







### 16.6.4 Uitwerking van Opgave 16-4

Als in een geluidsinstallatie laagfrequentdetectie optreedt door een EZB-zender in de buurt, klinkt dat als:

- A. Sterke ruis
- B. Ploggeluiden
- C. Iets onverstaanbaars in spraakritme**
- D. Afwisselend harde en zachte brom

#### **Uitwerking**

Laagfrequentdetectie is het duidelijkst merkbaar bij modulatiesoorten uit de AM-familie, zoals AM of EZB. AM levert verstaanbare taal, EZB iets onverstaanbaars dat, als je niet probeert het te verstaan, in de verte op spraak lijkt. Als je beter luistert, blijkt het volledig onverstaanbaar en klinkt het ook vervormd.

Antwoord C.

#### **Opmerkingen**

Ploggeluiden kun je bij CW krijgen. De antwoorden met brom en ruis zijn onzin.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



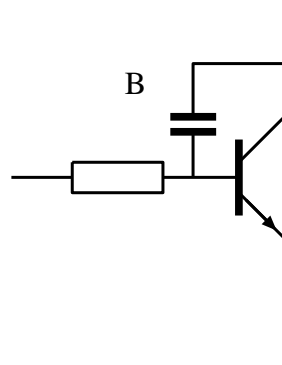
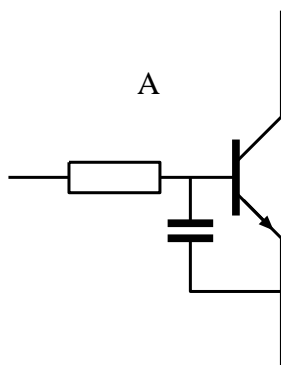
### 16.6.5 Uitwerking van Opgave 16-5

Een EZB-zender in de 2-meterband (144-146 MHz) veroorzaakt LFD in een muziekversterker met transistoren. De storing verdwijnt bij het dichtdraaien van de volumeregelaar van de versterker. De meest kansrijke maatregel om de storing te verhelpen is:

- Het aanbrengen van een weerstand van 220 ohm in de basisleiding van de ingangstransistor met een condensator van 100 pF tussen basis en emitter
- Het aanbrengen van een weerstand van 220 ohm in de basisleiding van de ingangstransistor met condensator van 100 pF tussen basis en collector
- De luidsprekeruitgang overbruggen met een condensator van 10 nF
- De luidsprekerleiding deels om een ferrietring wikkelen.

#### Uitwerking

Als de geluidsterkte reageert op de stand van de volumeregelaar zoals in de opgave beschreven, is de kans het grootst dat de storing binnenkomt via de signalleiding en de ingangstrap van de versterker. Het heeft dan waarschijnlijk weinig zijn, om aan de



uitgangskant iets te doen.

Daarmee vervallen de antwoorden C en D en blijven A en B over. Die zetten we allebei in een stukje schema.

Schema A zal de basis-emitterovergang waar gelijkrichting plaatsvindt, ontkoppelen. Schema B zal

hoogstens de weergave van hoge tonen verzwakken, doordat het signaal op de collector in tegenfase is met de het signaal op de basis. Dat betekent dat antwoord A goed is.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 16.6.6 Uitwerking van Opgave 16-6

Aan een amateurband grenst een omroepband. Een radioluisteraar merkt dat met tussenpozen op de hele omroepband een onverstaabaar signaal in spraakritme te horen is. Een straat verderop woont een zendamateur. Als onze luisteraar met de zendamateur contact opneemt, blijkt dat deze inderdaad radioverbindingen aan het maken was. De modulatiesoort en het soort storing waren:

- A. FM en kruismodulatie
- B. AM en laagfrequentdetectie
- C. AM en kruismodulatie
- D. EZB en laagfrequentdetectie

#### Uitwerking

Een storing die over een hele omroepband te horen is, trekt zich niets aan van de ingestelde ontvangsfrequentie. Omdat er aan de storing ook geluid te pas komt, kan het niet veel anders zijn dan LFD (laagfrequentdetectie). Daarmee vervallen de antwoorden A en C. Antwoord B vervalt op grond van de modulatiesoort, want AM geeft verstaanbare taal en geen onverstaabaar geluid.

De enige modulatiesoort in het rijtje die met LFD onverstaabaar geluid geeft, is EZB (SSB). Dat betekent dat antwoord D juist is.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 16.6.7 Uitwerking van Opgave 16-7

De ontvangst van FM-gemoduleerde telefoniesignalen is weinig gevoelig voor storingen, doordat in FM-ontvangers:

- A. **Amplitude-begrenzing wordt toegepast**
- B. Frequentietransformatie plaatsvindt
- C. Een BFO wordt toegepast
- D. Automatische versterkingsregeling (AVR, AGC) wordt toegepast

#### Uitwerking

De meeste storingen hebben een AM-karakter omdat ze uitschieters in de signaalamplitude veroorzaken. In de begrenzer van een FM-ontvanger worden die uitschieters als het ware vlak geschoren, net als gras in een gazon wordt vlak geschoren door een grasmaaier. Daardoor verdwijnen ze volledig of bijna volledig uit het ontvangen signaal.

Antwoord A.

#### Opmerkingen

Frequentietransformatie wordt toegepast in elke superheterodyne-ontvanger dus ook met FM

Hetzelfde geldt voor automatische versterkingsregeling.

Een BFO (Beat Frequency Oscillator of zwevingsoscillator) wordt toegepast bij detectie van EZB en CW, niet bij FM.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 16.6.8 Uitwerking van Opgave 16-8

Een amateurzender blijkt een elektronisch orgel te storen. De oorzaak hiervan kan zijn

- A. De zender straalt harmonischen uit
- B. Laagfrequentdetectie**
- C. De frequentie van de zender is niet goed gestabiliseerd
- D. De bandbreedte van de zender is te groot

#### **Uitwerking**

Een elektronisch orgel maakt nauwelijks onderscheid in de frequenties van hoogfrequente signalen. Daarmee vallen de antwoorden A, C en D af. Antwoord B blijft dan over. En inderdaad is dit een duidelijk geval van LFD.

Antwoord B



Terug naar de opgave