



**F**requentie **M**odulatie



## Wat is frequentiemodulatie en

Sedert het ontstaan van de radiotechniek zijn de mogelijkheden en de kwaliteit van de radio-ontvangst heel wat beter geworden. Radiomuziek is nu meer muziek dan vroeger, de stem uit de luidspreker klinkt, alsof de spreker vlakbij is, de „echtheid" wordt zo dicht mogelijk benaderd. Bovendien is storingvrije ontvangst veel meer verzekerd dan vroeger.

Dit alles geldt vooral voor die toestellen, die de mogelijkheid bieden voor FM-ontvangst. De ontdekking van het systeem van frequentiemodulatie door de Amerikaan Armstrong was een belangrijke stap op weg naar geperfectioneerde ontvangst.

Wat is deze frequentiemodulatie? Wat zijn de kenmerkende eigenschappen? Hoe kunnen de mogelijkheden van een FM-ontvanger zo goed mogelijk benut worden?

### AM en FM

In no. 1 van deze serie — „Radio" — is gesproken over de gang van zaken bij normale AM-zenders en -ontvangtoestellen. AM betekent hier **amplitude-modulatie**, FM is **frequentiemodulatie**; het zal duidelijk zijn dat het kenmerkende verschil tussen beide systemen moet schuilen in de methode van het moduleren van de draaggolf.

In fig. 1 zien we een voorstelling van de gemoduleerde draaggolven van een zender met amplitudemodulatie

en van een zender met frequentiemodulatie. Hier kunnen al enige bijzonderheden uit worden afgeleid. Zo zien we hier direct reeds het verschil in modulatiemethode. Zoals bekend, wordt bij AM de sterkte of **amplitude** van de draaggolf beïnvloed in het ritme van de geluidstrilling. De **frequentie** van de gemoduleerde draaggolf **verandert** daarbij **niet** en is dus dezelfde als de frequentie van de ongemoduleerde draaggolf. Bij FM is het juist andersom: hier

# wat zijn de voor- en nadelen?

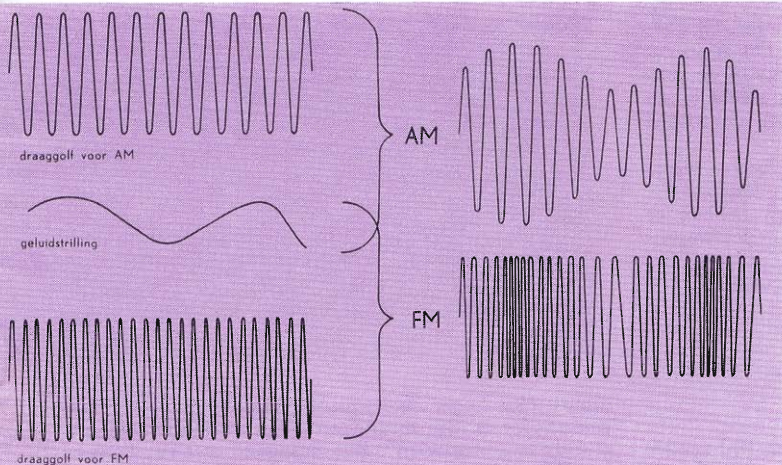


Fig. 1. Vergelijking tussen amplitudemodulatie (AM) en frequentiemodulatie (FM).

wordt de **frequentie** van de draaggolf beïnvloed in het ritme van de geluidstrilling en blijft de **amplitude** van de gemoduleerde draaggolf **constant**. In de tekening is aangegeven dat de frequentie van de FM-draaggolf veel hoger is dan van de AM-draaggolf. In werkelijkheid is de draaggolffrequentie bij FM wel honderd of duizend maal zo hoog als bij AM. Van de meeste FM-zenders ligt de frequentie in de buurt van de 90—100 miljoen hertz. Dit zeer grote aantal trillingen per seconde is om technische redenen noodzakelijk. Een nadeel is de beperkte reikwijdte van dergelijke zenders, (zie het hoofdstukje „de horizon” op de volgende bladzijde). Er zijn echter ook grote voordelen, die er de oorzaak van zijn dat er steeds meer FM-zenders verrijzen. Mede



## Wat is frequentiemodulatie en

door de zeer hoge frequentie kunnen storingen bij FM-ontvangst uitstekend worden onderdrukt. Dit is vooral van grote betekenis voor die gebieden, waar de ontvangst van de normale (AM-) zenders slecht is en wanneer storingen uit de atmosfeer of door elektrische apparaten de ontvangst beïnvloeden.

FM biedt verder de mogelijkheid tot een betere weergave van het geluid, vooral van de hoge tonen. Deze voordelen zijn sprekend genoeg en hebben er o.a. toe geleid, dat het geluid, dat de televisieprogramma's vergezelt, in Nederland ook volgens het frequentiemodulatie-systeem wordt uitgezonden.

### DE HORIZON

We gaan hier eens bekijken waarom een FM-zender maar tot aan de horizon kan „kijken”, terwijl zijn oudere broer, de AM-zender, gemakkelijk om hoekjes

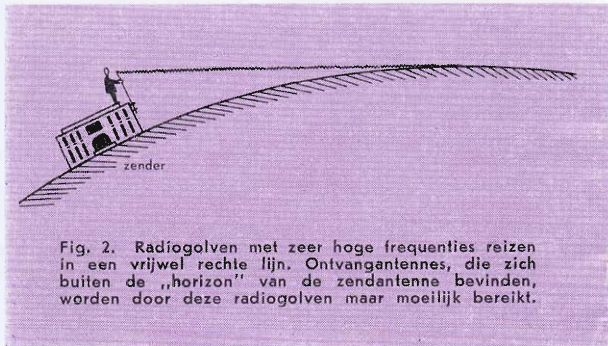


Fig. 2. Radiogolven met zeer hoge frequenties reizen in een vrijwel rechte lijn. Ontvangantennes, die zich buiten de „horizon” van de zendantenne bevinden, worden door deze radiogolven maar moeilijk bereikt.

gluurt. Hoe hoger de frequentie van de draaggolf van een zender is, des te minder is het vermogen om obstakels te „omspoelen”. Een draaggolf met een betrekkelijk lage frequentie is in staat de kromming van het aardoppervlak min of meer te volgen en ook plaatsen

# wat zijn de voor- en nadelen?



## DE ONTVANGANTENNE

achter een berg of een hoog gebouw te bereiken, zoals het geluid dat ook kan. Een draaggolf met een zeer hoge frequentie daarentegen plant zich vrijwel rechtlijnig voort, op de wijze dus als het licht. Uit fig. 2 blijkt nu, dat dit laatste zekere beperkingen oplegt aan de reikwijdte van zenders die met frequenties van enkele tientallen miljoenen hertz werken. Hoe hoger de zend- en de ontvangantenne zijn opgesteld, des te groter is de afstand, die overbrugd kan worden; men is hierbij echter beperkt in de mogelijkheden.

Dit betekent, dat het niet mogelijk is een groot gebied met één FM-zender te bestrijken. Er moeten verscheidene **steunzenders** geplaatst worden om b.v. in geheel Nederland FM-ontvangst mogelijk te maken. Hetzelfde geldt voor televisie, waarbij eveneens met zeer hoge frequenties wordt gewerkt. In de praktijk is de reikwijdte van een FM-zender groter dan het gebied van de „zichtbare horizon”. Dit kan worden verklaard door het feit, dat er altijd wel een zekere afbuiging van de draaggolf optreedt, waardoor ook verder gelegen ontvangantennes kunnen worden bereikt.

Wie in de omgeving van een FM-zender woont, kan voor het beluisteren van dit station met een normale antenne volstaan. In verband met het voorgaande verdient het echter aanbeveling speciale maatregelen te nemen om ook de ontvangst van verder gelegen zenders mogelijk te maken. Hiervoor zijn antennes ontworpen, die twee belangrijke eigenschappen hebben: ze zijn **richtinggevoelig** en **afgestemd \***) op een bepaald frequentiegebied. De **richtinggevoeligheid** biedt de mogelijkheid één (of meer) zender(s) een zekere voorkeur te geven en andere (storende) zendersignalen te verzwakken. Door de **afstemming** op het frequentiegebied van de meeste FM-zenders wordt een extra versterking verkregen, waardoor ook in de z.g. randgebieden nog goede ontvangst mogelijk is.

\*) In de laatste pagina's van deze uitgave wordt op het begrip „afstemmen” nader ingegaan.



# Wat is frequentiemodulatie e

## GOEDE ONTVANGST

In de ontvanger wordt de frequentie-gemoduleerde draaggolf, waarop is afgestemd, gevoerd naar een versterkbuis, ook wel „begrenzer” genoemd, waarbij bovendien alle eventueel aanwezige stoorsignalen worden „afgesneden” (fig. 3). De aldus versterkte en gezuiverde draaggolf wordt vervolgens toegevoerd aan een demodulator. De werking hiervan is niet op eenvoudige wijze te verklaren. Er wordt hier volstaan met te vermelden, dat in de schakeling een trillingskring\*) is opgenomen. Hierbij worden de frequentie-variatië van de frequentie-gemoduleerde draaggolf omgezet in de elektrische „geluidstrilling”. Op dezelfde wijze als bij AM-ontvangst wordt deze trilling versterkt met behulp van radiobuizen en vervolgens aan een luidspreker toegevoerd.

\*) zie afstemming

Teneinde de mogelijkheden van een FM-ontvanger ten volle te benutten, dient aan enkele punten aandacht te worden besteed. In het voorafgaande is reeds gesproken over het belang van een goede antenne, die zo hoog mogelijk is opgesteld, de juiste afmetingen heeft en in de goede richting is geplaatst. Ook de invoerlei-

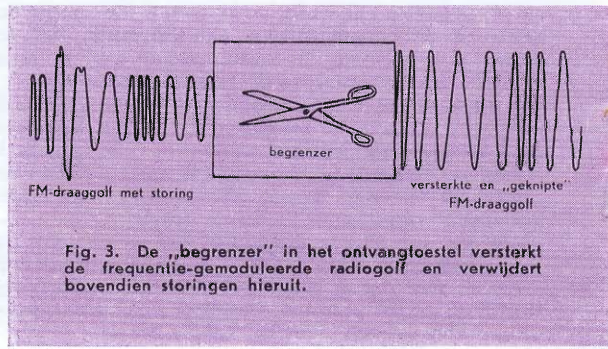


Fig. 3. De „begrenzer” in het ontvangoestel versterkt de frequentie-gemoduleerde radiogolf en verwijdert bovendien storingen hieruit.

# n wat zijn de voor- en nadelen?



ding tussen antenne en ontvanger moet aan zekere eisen voldoen, wil men van een ongestoorde ontvangst verzekerd zijn.

Met het systeem van frequentiemodulatie is het mogelijk vrijwel alle hoorbare tonen van studio naar huiskamer over te brengen. Het spreekt echter vanzelf, dat de kwaliteit van het ontvanger uiteindelijk de beslissende stem heeft over het al dan niet slagen van deze opzet. Wanneer het versterkgedeelte niet aan de eisen voldoet, of wanneer de luidspreker niet in staat is alle tonen van de hoogste tot de laagste weer te geven, dan is alle moeite vergeefs.

Wordt daarentegen enige zorg besteed aan de keuze van het materiaal, het opstellen van de antenne en het plaatsen van het ontvanger in de huiskamer, dan kunnen de letters FM inderdaad de sleutels zijn tot het ongestoord genieten van radioprogramma's die in technisch opzicht als perfect mogen worden aangeduid.

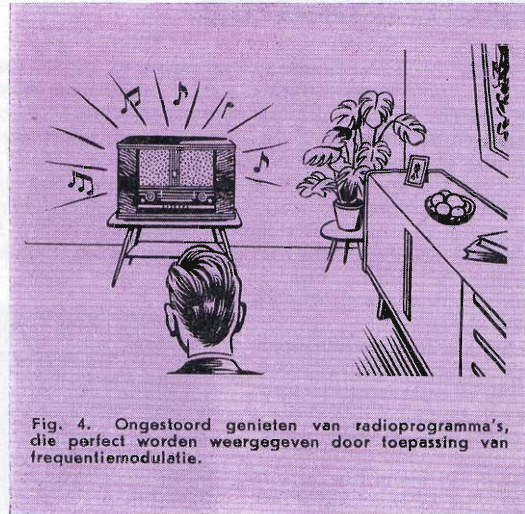


Fig. 4. Ongestoord genieten van radioprogramma's, die perfect worden weergegeven door toepassing van frequentiemodulatie.

Na de voorafgaande behandeling van radio en FM is het nuttig nog iets nader in te gaan op het algemeen gebruikte systeem voor afstemming.

## AFSTEMMING

Om het begrip „afstemmen” enigszins te kunnen begrijpen, is het noodzakelijk iets te weten van twee belangrijke begrippen in de elektronentechniek: **capaciteit** en **zelfinductie**. Deze elementen zijn opgenomen in alle afstemsystemen voor radiogolven.

De eigenschap capaciteit is in sterke mate aanwezig in een **condensator**, welke ontstaat, wanneer twee voorwerpen, die elektriciteit kunnen geleiden, in elkaars nabijheid worden gebracht, echter zonder elkaar te raken. Fig. 5 geeft hiervan een principiële voorstelling. Een van de belangrijkste eigenschappen van een condensator is, dat deze in staat is een elektrische spanning „te bewaren”. De eigenschap zelfin-

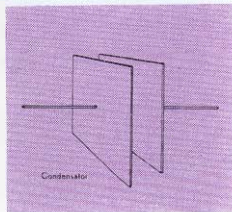


Fig. 5. De eigenschap „capaciteit” is in sterke mate aanwezig in een condensator.

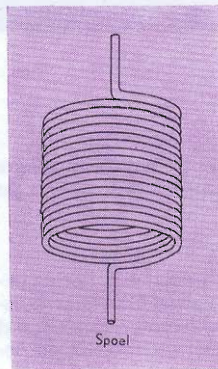


Fig. 6. De eigenschap „zelfinductie” is in sterke mate aanwezig in een draadspoel.

ductie is in sterke mate aanwezig, wanneer een metaal draad tot een z.g. spoel wordt gewonden (fig. 6). Een zelfinductie kan gedurende korte tijd een elektrische stroom nog laten doorvloeien, wanneer de oorzaak van het bestaan van die stroom al verdwenen is. Indien nu een condensator en een spoel met elkaar worden verbonden (fig. 7), dan wordt een z.g.

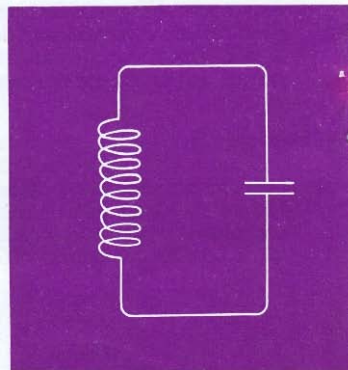


Fig. 7. Een elektrische trillingskring met spoel en condensator.



**elektrische trillingskring** gevormd. In een dergelijke kring kan een wederzijdse uitwisseling van de door de condensator „bewaarde” spanning en de door de spoel „vertraagde” stroom ontstaan in de vorm van een heen en weer schommeling van een hoeveelheid elektriciteit. De frequentie van deze schommeling wordt bepaald door de elektrische eigenschappen van de spoel en de condensator. Deze eigenschappen zijn op hun beurt weer afhankelijk van o.a. de afmetingen. Een voorbeeld uit de mechanica hiervoor geeft fig. 8.

Wanneer een slinger uit de evenwichtsstand wordt gebracht en vervolgens losgelaten, dan ontstaat een heen en weer gaande beweging in een ritme, dat o.a. bepaald wordt door de lengte van de slinger. Hoe groter deze lengte, des te minder schommelingen per minuut dus hoe lager de „frequentie”. Door o.a. wrijving in het draaipunt en door de remmende werking van de omgevende lucht neemt de zwaaiende beweging van de slinger af (de „amplitude” van de beweging wordt kleiner); na enige tijd hangt het geheel zelfs weer stil. Wanneer de slinger echter voortdurend op het juiste ogenblik een zetje in de goede richting krijgt dan blijft de beweging doorgaan en wordt niet **gedempt**.

We keren terug tot de elektrische trillingskring. De trilling die hierin ontstaat, heeft, zoals gezegd, een bepaalde frequentie, die o.a. afhankelijk is van de afmetingen

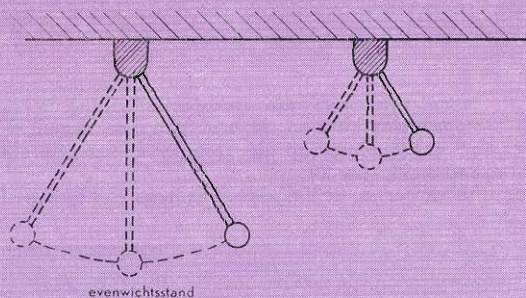


Fig. 8. Twee mechanische slingers. De lange slinger schommelt langzaam heen en weer (lage frequentie), de korte schommelt veel vlotter (hogere frequentie).

van de condensator. Door deze afmetingen te wijzigen (vergelijk met de lengte van de slinger), kan de trillingsfrequentie worden veranderd. Zonder invloeden van buitenaf dooft ook deze trilling echter uit. Er is een op de trillingsfrequentie **afgestemde** hulpbron voor nodig, om een continue **ongedempte trilling** te verkrijgen. Een dergelijke hulpbron is de radiogolf, die door een zender wordt uitgezonden. Wanneer de frequentie van deze radiogolf (een elektrische trilling) dezelfde is als de frequentie, waarop de trillingskring is afge-

stemd, dan blijft de elektrische trilling in de kring ongedempt bestaan. Hieruit blijkt de mogelijkheid om af te stemmen op de frequentie van één bepaalde radiogolf (fig. 9).

Wanneer de trillingskring immers is afgestemd op de

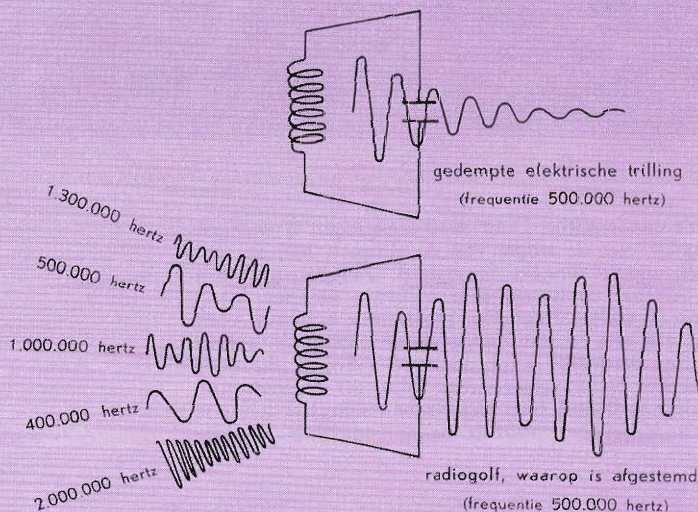
frequentie van één bepaalde radiogolf, dan zal juist deze de elektrische trilling in de kring in stand houden; alle andere radiogolven hebben vrijwel geen invloed.

Door de elektrische waarde van de condensator in de trillingskring te wijzigen, verandert de afstemfrequentie. Hierdoor kan dus een andere radiogolf worden uitgekozen; men spreekt van: afstemmen op de zender. Het hier besproken systeem wordt in principe toegepast in alle radio- en televisie-ontvangapparaten.

## DE AFGESTEMDE ANTENNE

Bij de behandeling van frequentiemodulatie is gesproken over de afgestemde antenne voor FM-ontvangst. Een soortgelijke antenne wordt eveneens gebruikt voor het ontvangen van televisie-signalen. Hoewel het natuurlijk niet mogelijk is hier een volledige technische uiteenzetting te geven, kan na het voorafgaande enigszins worden verklaard hoe een rechte staaf afge-

Fig. 9. De radiogolf, waarvan de frequentie overeenkomt met de afstemfrequentie van de trillingskring, houdt in deze laatste een elektrische trilling in stand.



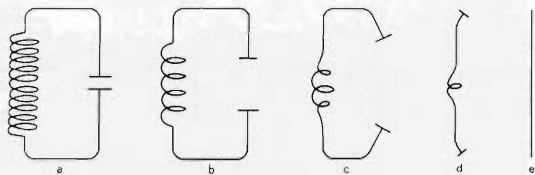
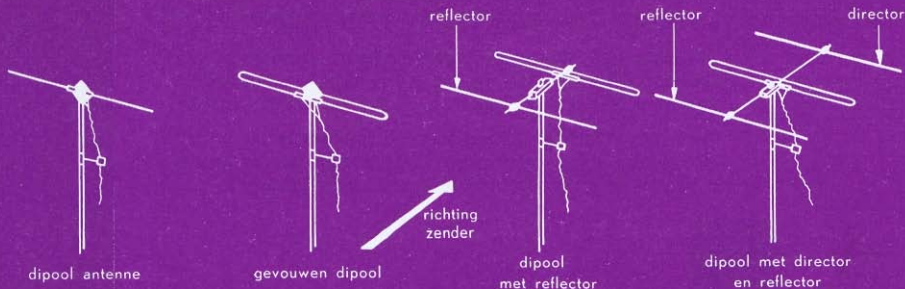


Fig. 10. De afgestemde antenne is in feite een „geopende” trillingskring.

stemd kan zijn op een bepaald frequentiegebied. Zojuist werd gesproken over de elektrische trillingskring, waarin een spoel en een condensator zijn opgenomen. In een dergelijke kring kunnen we de elektrische waarden van spoel en condensator verkleinen door het aantal windingen te verminderen, het oppervlak der platen te verkleinen en bovendien de afstand tussen de platen te vergroten (fig. 10 a t/m e). Het blijft een elektrische trillingskring, maar de elementen capaciteit en zelfinductie zijn steeds minder op één plaats gecon-

Fig. 11. Verschillende uitvoeringen van afgestemde antennes. De antenne zelf wordt ook wel dipool genoemd (di = twee). Director en reflector vergroten de richtingsgevoeligheid van de antenne.



centreerd. Wanneer uiteindelijk de vorm van fig. 10e is verkregen: een rechte staaf, dan is dit nog steeds in feite een elektrische trillingskring, die op een bepaalde frequentie is afgestemd. De capaciteit en zelf-inductie zijn echter verdeeld over de gehele lengte van de staaf.

De afstemming is niet bijzonder „scherp” en geldt hierdoor voor een min of meer uitgebreid frequentiegebied. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij FM en televisie, waarbij een aantal zenders door éénzelfde antenne kan worden ontvangen. In fig. 11 zijn enkele van deze antennes afgebeeld.

#### RECTIFICATIE

„WIJ EN DE ELEKTRONENTECHNIEK” No. 2  
Hoofdstukje „De triode”, derde regel van onder „...het aantal elektronen dat de katode bereikt”... hiervoor te lezen: ...het aantal elektronen dat de **anode** bereikt.

In het hoofdstukje „Radiobuizen”, de laatste zin, wordt gesproken over „detectie”. Dit is een ander woord voor de al eerder gebruikte term „demodulatie”.



PHILIPS NEDERLAND n.v. - EINDHOVEN

# PHILIPS RADIOBUIZEN

*ongeveerenaard in keuze*

*en kwaliteit*