

## Hoofstuk 20 – Modulasiemetodes

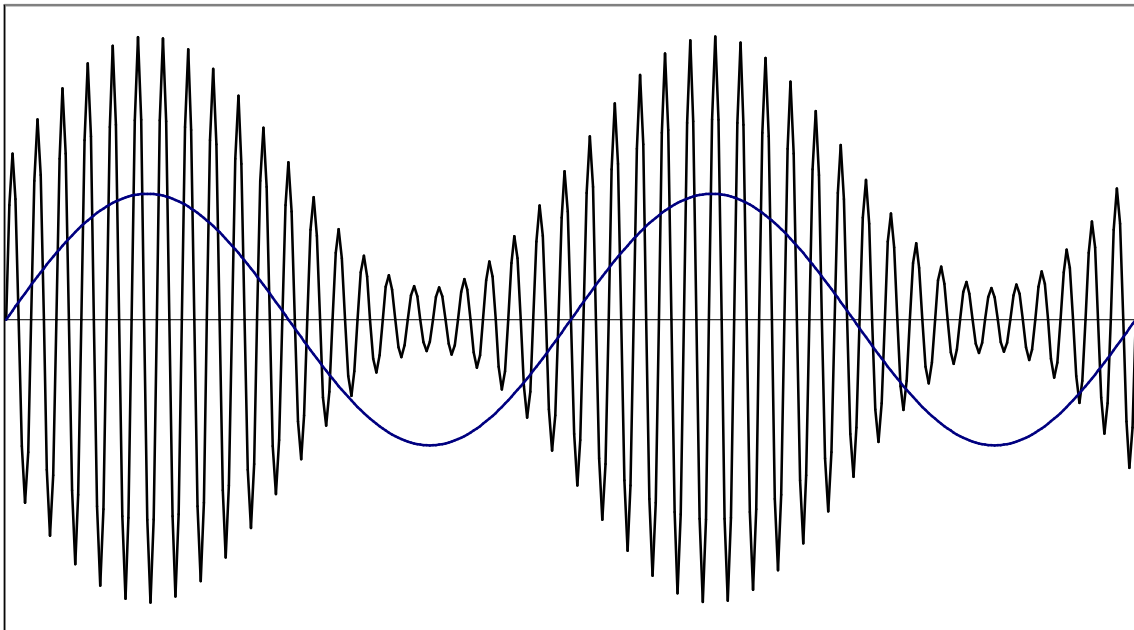
Radio is gebaseer op die feit dat elektromagnetiese frekwensies oor groot afstande kan trek en dan steeds sterk genoeg is deur 'n radio-ontvanger waargeneem te kan word. Om hierdie eienskap egter nuttig te kan gebruik, moet ons 'n manier vind om inligting met die frekwensies te kombineer, of daarop aan te bring. Die soort van inligting wat ons wens om oor te stuur, menslike spraak, prente of digitale inligting, is gewoonlik nie van die regte frekwensie om direk voordeel te trek uit die eienskap van radio om groot distansies te oorspan nie. By voorbeeld, in die menslike stem is frekwensies van ongeveer 300 Hz tot 3 kHz. Hierdie frekwensies is te laag om effektief as radiogolwe oorgedra te word.

Modulasie is die proses waardeur inligting op radiogolwe geplaas word, sodat ons voordeel kan trek uit die voortplanting van radiogolwe om inligting aan 'n verafgeleë ontvanger oor te dra.

### Amplitudemodulasie (AM)

Een van die eerste metodes van modulasie is *amplitudemodulasie*, of AM. Alhoewel dit deesdae nie meer wyd in die amateurdiens gebruik word nie, leef dit nog voort in die AM-uitsendings van kommersiële radiostasies in die mediumfrekwensie- (of “mediumgolf-“) band. Met amplitudemodulasie word die amplitude (sterkte) van 'n radiofrekwensiesein, genoem die draer verander ooreenkomstig die amplitude van die modulerende sein.

Die tekening hieronder toon 'n laefrekwensie sinusgolf, en die resultaat wanneer dit gebruik word om 'n hoër frekwensie te “amplitudemoduleer”.

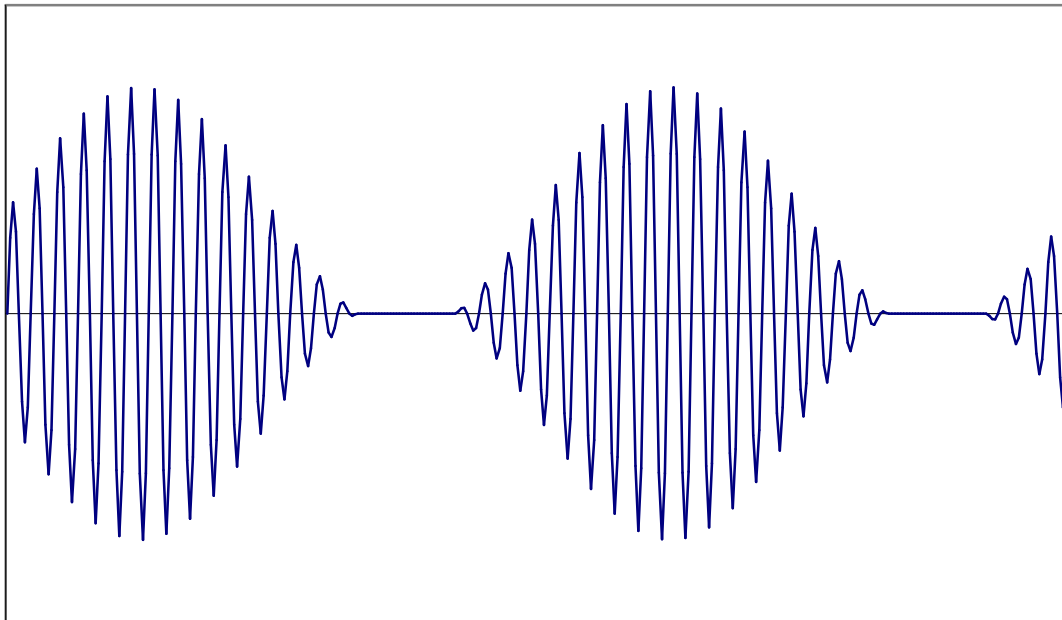


*'n Modulerende sein en 'n amplitude-gemoduleerde dragolf*

Let op hoe die amplitude van die hoër frekwensie draer in stap met die amplitude van die lae frekwensie modulerende sein varieer. Wanneer die amplitude van die modulerende golf zero

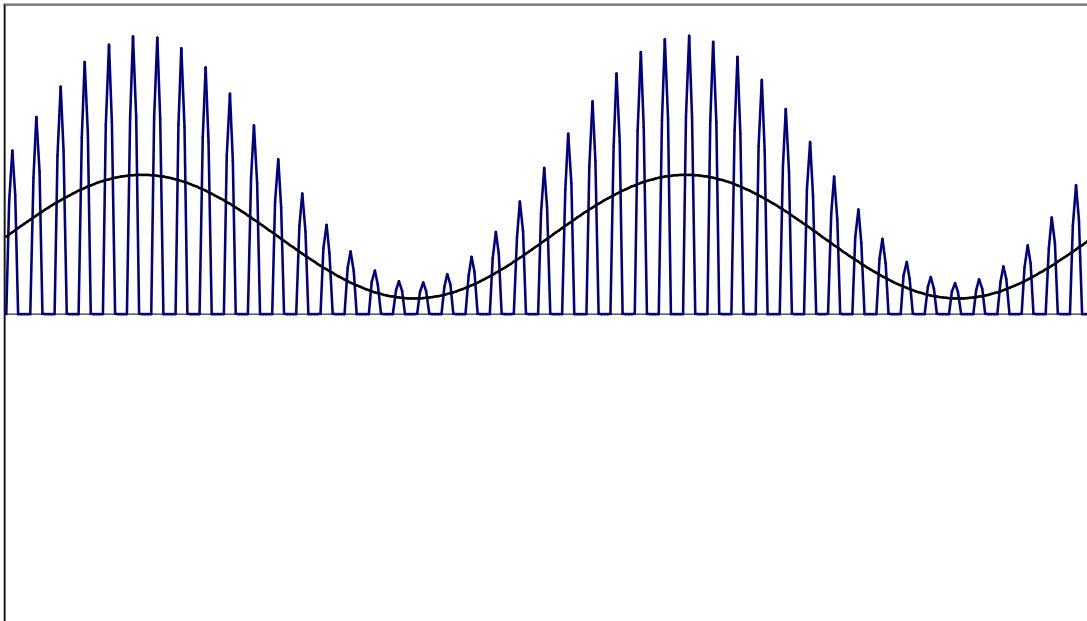
is, is die amplitude-gemoduleerde sein by sy “gemiddelde” uitsetwaarde. Wanneer die amplitude van die modulerende golf positief is, is die amplitude-gemoduleerde sein bokant sy “gemiddelde” amplitude, en wanneer die modulerende golf onderkant zero is, is die uitset onder hierdie “gemiddelde” waarde.

Die *modulasiediepte* van ‘n amplitude-gemoduleerde sein is die persentasie waarmee die dragolfseine verander bokant en onderkant sy gemiddelde waarde in ooreenstemming met die modulasieseine. In hierdie voorbeeld is die draer 80% gemoduleer omdat die piek van die dragolf-amplitude 80% bokant sy gemiddelde waarde is, en die minimum dragolf-amplitude 80% onderkant sy gemiddelde vlak is. Die maksimum moontlike modulasiediepte is 100% modulasie. In ‘n 100% gemoduleerde AM-golf verminder die dragolf-amplitude na zero wanneer die modulerende sein sy mees negatiewe waarde bereik. Enige poging om hoër as 100% te moduleer, sal tot gevolg hê dat die draer vir ‘n gedeelte van die negatiewe modulerende sein tot zero verminder, en die gemoduleerde sein sal vervorm wees. Dit is bekend as *oormodulasie* wat baie vervorming tot gevolg het en dit moet vermy word. ‘n Voorbeeld van ‘n oorgemoduleerde sein word hieronder getoon.



*‘n Oorgemoduleerde AM-sein*

Amplitudemodulasie het die voordeel dat dit redelik eenvoudig is om die modulasieseine van die amplitude-gemoduleerde sein in die ontvanger te onttrek. ‘n Eenvoudige halfgolfgelykrichter gevolg deur ‘n laagdeurlaatfilter sal die modulasieseine herwin, wat tipies ‘n oudioseine sal wees. Die tekening hieronder toon ‘n halfgolf gelykgerigte AM-sein en die resultaat nadat dit deur ‘n laagdeurlaatfilter gegaan het.



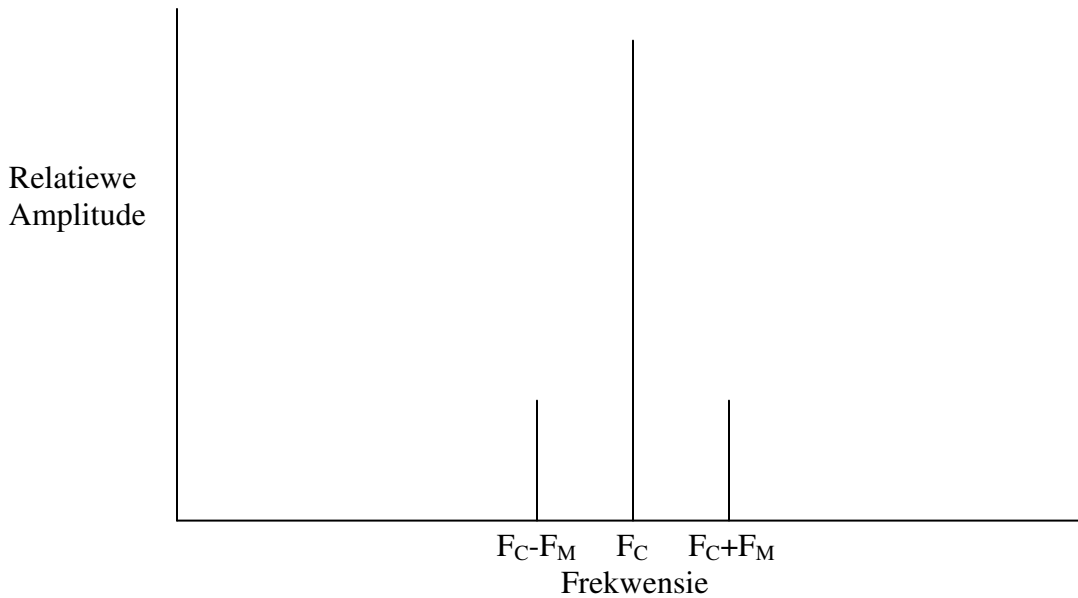
'n Halfgolf gelykgerigte AM-sein en die herwonne modulasie

Die laagdeurlaatfilter het wat van die dragolf oorgebly het, verwyder en die modulasie-“omhulsel” en ‘n GS-verplasing (wat gesien kan word daarin dat die herwonne sein nie simmetries m.b.t. die X-as is nie). Die GS-verplasing kan van ontslae geraak word dmv. ‘n GS-blokkeringskapasitor ten einde die oorspronklike modulasiesein te verkry. Die proses om die modulasiesein vanuit ‘n gemoduleerde sein te herwin, staan bekend as *demodulasie*.

‘n Ander manier om na amplitudemodulasie te kyk is dat dit bestaan uit die vermenigvuldiging van die draer met ‘n modulasiesein en ‘n GS-verplasing. Die waarde van die GS-verplasing sal gekies word om te verseker dat die som van die modulasiesein en die GS-verplasing altyd positief bly ten einde oormodulasie te voorkom. Dit beteken dat amplitudemodulasie die proses is van *vermenging* van die dra- en die modulasieseine. Ons weet natuurlik dat die vermenging van twee seine ‘n produk tot gevolg het wat bestaan uit die *som* en die *verskil* van die insetfrekwensies, sowel as moontlike ander komponente. In hierdie geval sluit die uitset ook die dragolf in. Dit is omdat die GS-verplasing, wat ons by die modulasiesein bygesit het, se frekwensie zero (omdat dit GS is), wat ook met die draer meng wat ‘n somfrekwensie (die draagfrekwensie plus zero) en ‘n verskilfrekwensie (die draagfrekwensie minus zero) opwek, en beide dus dieselfde as die draagfrekwensie is.

Dus, as die draagfrekwensie  $F_D$  en die modulasiefrekwensie  $F_M$  is, dan sal die amplitude-gemoduleerde sein frekwensie-komponente  $F_D$ ,  $F_D - F_M$  en  $F_D + F_M$  hê. Hierdie komponente kan in ‘n grafiek geteken word wat die frekwensie op die Y-as aantoon en die relatiewe amplitudes van die onderskeie komponente van die sein op die X-as. Dit word die *frekwensiespektrum* van die sein genoem.

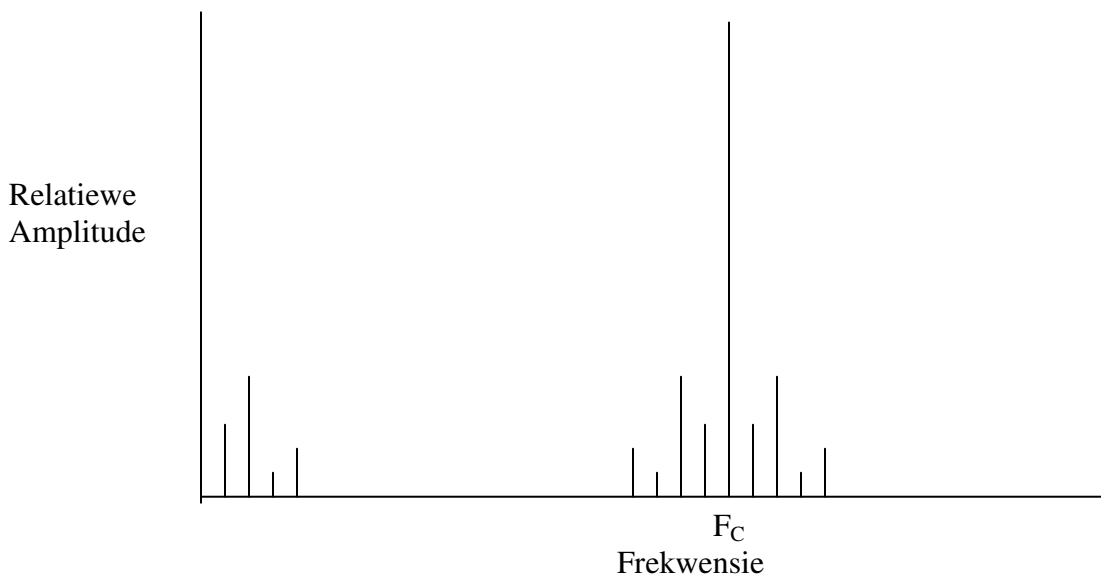
Die vertikale lyn bokant die draagfrekwensie  $F_D$ , verteenwoordig die draer, terwyl die lyne bokant frekwensies  $F_D + F_M$  en  $F_D - F_M$  die som- en verskilfrekwensie respektiewelik voorstel. Let daarop dat die draer baie sterker as enige van die ander komponente is. In amplitude-gemoduleerde sein, is tweederde van die krag in die draer, en die som- en verskilfrekwensie maak tesame eenderde van die gemoduleerde sein uit.



*Die frekwensiespektrum van 'n dragolf, amplitude-gemoduleerd deur 'n sinusgolf*

Tot dusver het ons net 'n dragolf beskou wat deur 'n sinusgolf gemoduleer is. Spraak bestaan egter uit 'n hele reeks van frekwensies, waarvan baie tegelykertyd in 'n spraakgolfvoetm voorkom.

Gelukkig is dit heel eenvoudig om vas te stel wat gebeur wanneer ons 'n dragolf met 'n spraaksein, wat baie verskillende frekwensie-komponente bevat, amplitudemoduleer. Elk van die verskillende komponente in die spraak sal twee uitsetseine tot gevolg hê, een die som van die draerfrekwensie en hierdie komponent van die modulerende sein, en 'n ander een teen die verskilfrekwensie. Die volgende diagram toon die frekwensiespektrum van 'n modulerende sein (dit is aan die linkerkant van die grafiek, en teen 'n lae frekwensie) en die resulterende amplitude-gemoduleerde sein.



*Spektrum van 'n modulerende sein en die ooreenstemmende amplitude-gemoduleerde sein*  
Let op hoe elke komponent van die modulerende sein ooreenstem met twee komponente van die resulterende amplitude-gemoduleerde sein, bokant die draer (die som) en een onderkant die draer (die verskil).

Die totaal van al die “som”-komponente van die gemoduleerde sein, dit is al die komponente van die gemoduleerde sein wat hoër as die draagfrekwensie is, word genoem die *hoër syband* van die AM-sein. Die som van al die verskilkomponente, dit is al die komponente wat laer in frekwensie as die draagfrekwensie is, word genoem die *laer syband* van die AM-sein.

Vir spraak om intelligent gereproduseer te word, word frekwensies van ongeveer 300 Hz tot 3 kHz vereis. Dit beteken dat vir 'n kommunikasiegraad AM-sein, soos in die amateuriens gebruik word, al die hoër syband strek van 300 Hz tot ongeveer 3 kHz bokant die draagfrekwensie. Die laer syband sal strek van 300 Hz tot ongeveer 3 kHz onderkant die draagfrekwensie. Die totale syband van die sein is dus 6 kHz, vanaf 3 kHz laer as die draagfrekwensie tot 3 kHz bokant die draagfrekwensie,

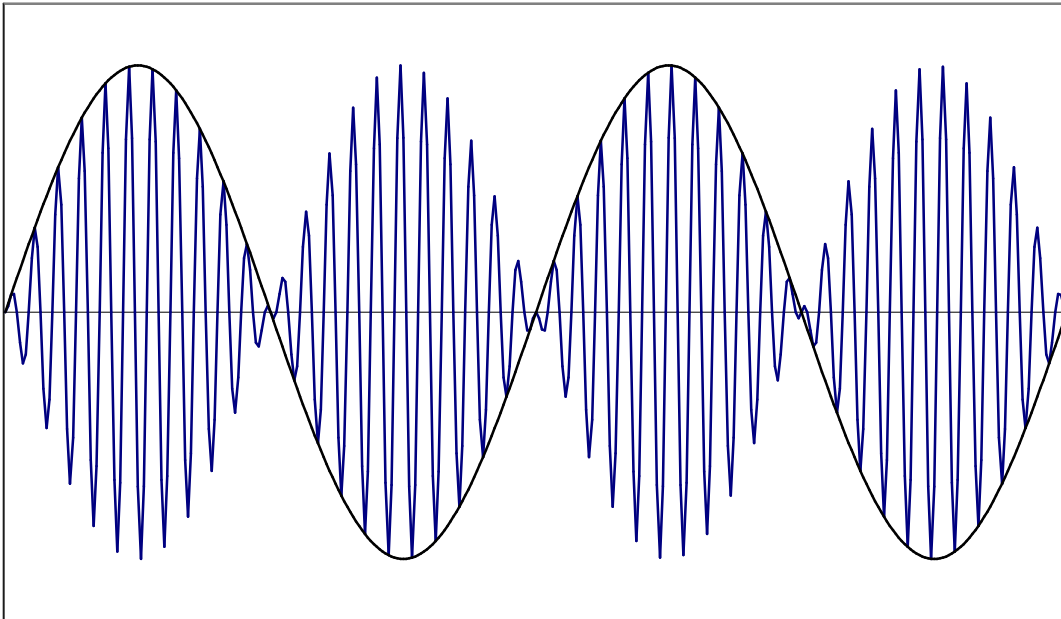
Hierdie analise van die frekwensiespektrum van 'n AM-sein toon die twee grootste nadele van amplitudemodulasie.

1. Die komponente van die sein teen die draerfrekwensie dra geen inligting nie (dit is 'n onveranderlike draer), nogtans verbruik dit tweederdes van die energie in die sein. Dit maak amplitudemodulasie energiegesproke baie oneffektief.
2. 'n AM-sein stuur twee kopieë van die modulasie-inligting uit, een in die hoër syband en een in die laer syband, terwyl een van hierdie genoeg is om die oorspronklike modulasie van te onttrek. Dit is waarom die bandwydte van 'n amplitude gemoduleerde sein *tweemaal* die bandwydte van die modulerende sein is. AM is dus oneffektief in terme van die hoeveelheid spektrum (frekwensies) benodig. Dit is veral belangrik in die beknopte amateurbande.

## **Dubbelsyband Onderdrukte Draer Modulasie**

Ons kan die eerste van hierdie probleme – die krag in die draer vermors – oorkom indien ons 'n sein sonder 'n draer kan opwek.

Ons kan die eerste van hierdie probleme, die krag wat deur die draer verkwis word, uitskakel indien ons 'n sein sonder 'n draer kan opwek. Dit kan gedoen word deur 'n gebalanseerde modulator te gebruik, waarvan die uitsette alleenlik die som- en verskilkomponente bevat, maar nie die draer nie. Wiskundig is dit ekwivalent daaraan deur net eenvoudig die draagfrekwensie met die moduleerfrekwensie te vermenigvuldig sonder om enige GS-afwyking by te tel. Die beeld hieronder toon 'n laefrekwensie sinusgolf en die resulterende onderdrukte dragolf gemoduleerde sein.

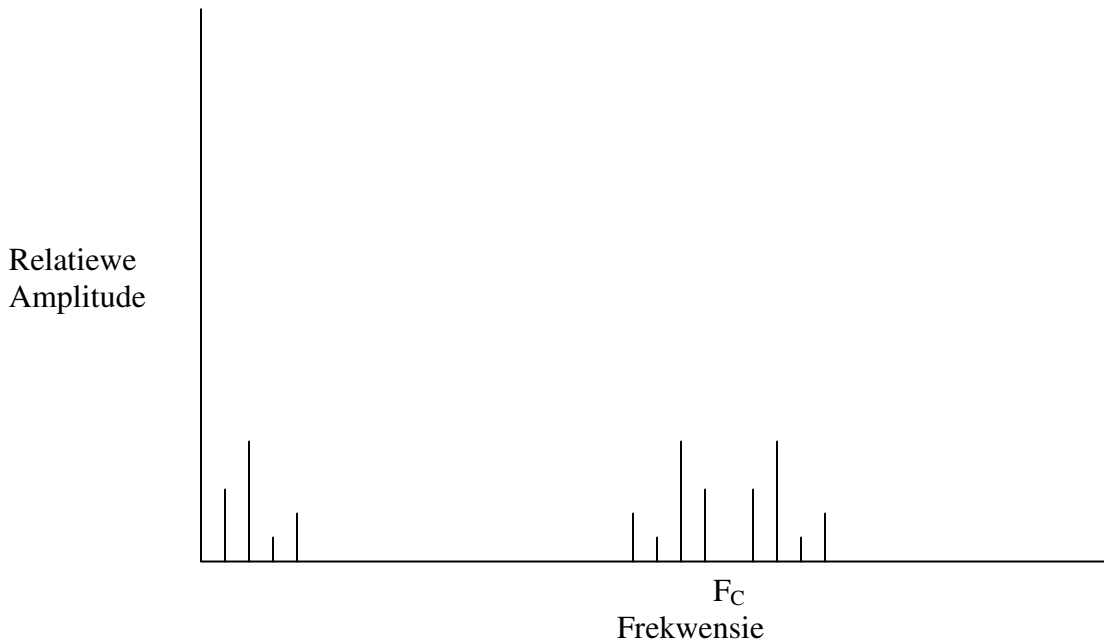


*'n Sinusgolf en dubbelsyband en onderdrukte draggolf gemoduleerde sein*

Hierdie keer, omdat daar geen GS-verplasing op die modulasiesein is nie, is die resulterende dubbelsyband-gemoduleerde sein zero wanneer die modulerende sein zero is. Wanneer die modulerende sein van positief na negatief verander, of omgekeerd, word die fase van die gemoduleerde sein omgekeer, wat toon dat die modulerende sein die as oorgesteek het. Let daarop dat jy nie 'n eenvoudige halfgolfgelykrichter en 'n laagdeurlaatfilter kan gebruik om die modulاسie te herwin nie.

Die frekwensiespektrum van dubbelsyband, onderdrukte draggolfsein word hieronder getoon, met gebruik van dieselfde multifrekwensie modulerende sein soos in die vorige tekening.

Nou agter, omdat daar geen GS-verplasing op die modulerende sein is nie, is die resulterende dubbelsyband-gemoduleerde sein zero wanneer die modulasiesein zero is. Wanneer die modulasiesein vanaf positief na negatief oorgaan, of omgekeerd, keer die fase van die gemoduleerde sein om, wat aantoon dat die modulasiesein die as oorgesteek het. Let daarop dat jy nie 'n eenvoudige halfgolfgelykrichter en laagdeurlaatfilter kan gebruik om die modulاسie te herwin nie.

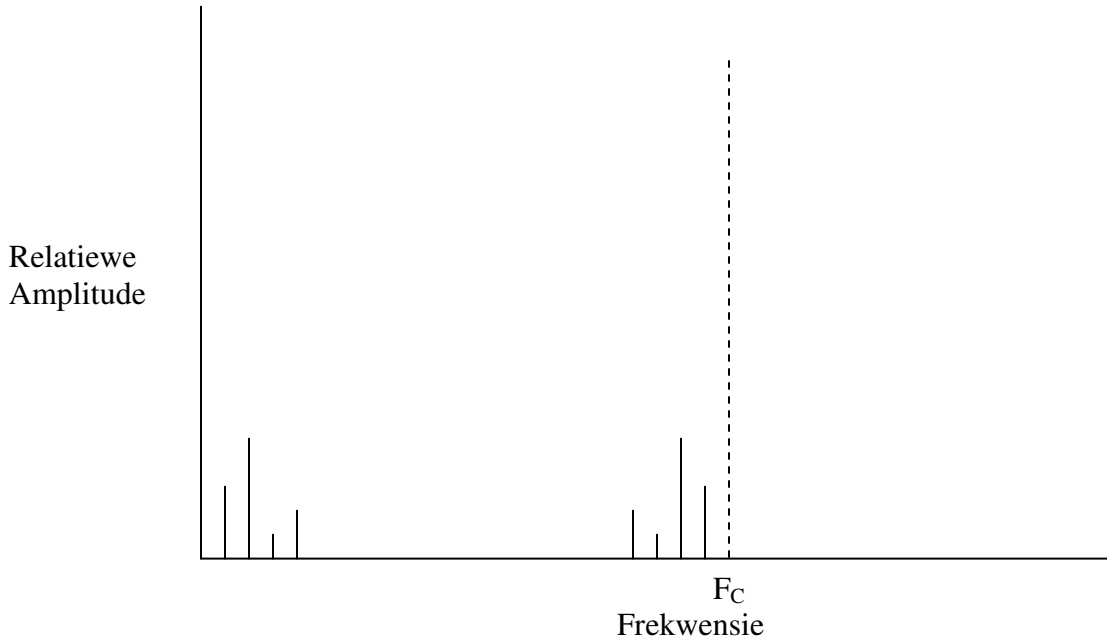


*Modulerende sein en die ooreenstemmende dubbelsyband onderdrukte dragolfsein*

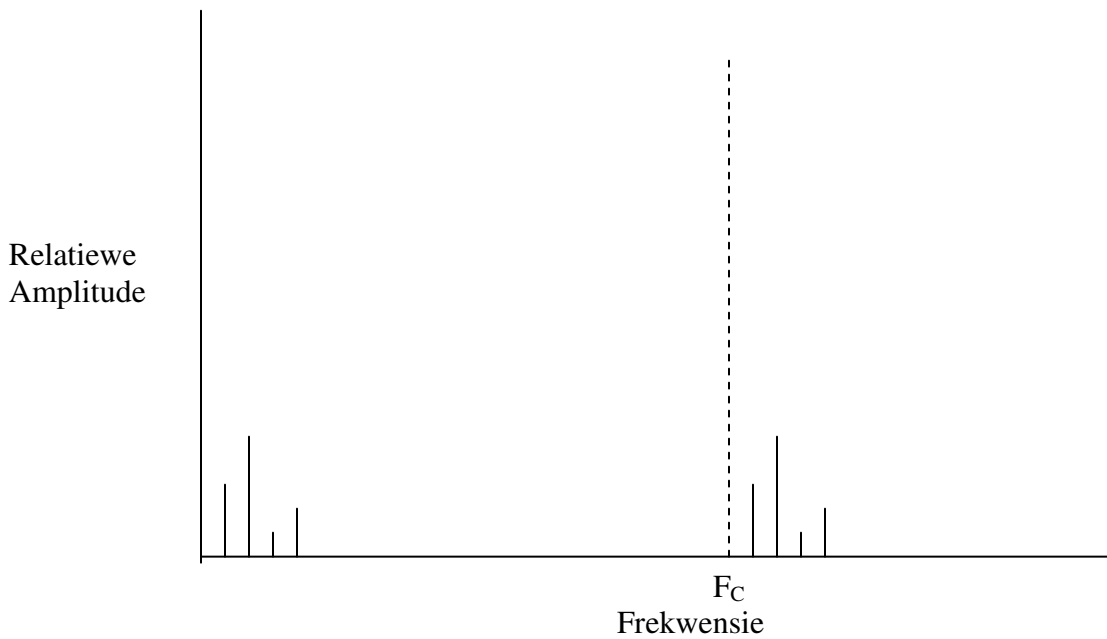
Nie verbasend nie, lyk dit presies soos die frekwensiespektrum van die amplitude-gemoduleerde sein, maar sonder die dragolf.. Dubbelsyband, onderdrukte dragolfseine is meer kragdoeltreffend as amplitude gemoduleerde seine aangesien hulle geen krag in die dragolf verkwis nie. Hulle okkupeer egter steeds dubbel die bandwydte van die oorspronklike sein, wat vermorsing van spektrum beteken. Vir hierdie rede word dubbelsyband onderdrukte dragolfseine baie min in die praktyk gebruik.

**Enkelsyband (ESB)**

Ten einde die verkwisting van bandwydte te vermy, kan ons eenvoudig 'n dubbelsyband onderdrukte dragolfsein neem en een van die sybande verwyder en gelaat word met een syband wat oorbly. Hierdie tipe van modulasie is formeel bekend as “enkelsyband onderdrukte draer modulasie”, maar word gewoonlik net “enkelsyband” of ESB genoem. Indien ons die laer syband wegneem, sal die resultaat 'n hoër syband- (HSB) sein wees. Indien ons die hoër syband wegneem, sal die resultaat 'n laer syband- (LSB) sein wees. Die twee tekeninge hieronder wys dat die frekwensiespektra hoër- en laersybandseine het. Die draerfrekwensie word as 'n stippellyn aangetoon, dus kan jy sien waar die frekwensiespektrum is relatief tot waar die dragolf sou gewees het indien dit nie onderdruk was nie, maar die draer word in werklikheid nie uitgesaai nie.



*Die frekwensiespektrum van 'n modulasiesein en die ooreenstemmende laersybandsein*



*Die frekwensiespektrum van 'n modulasiesein en die ooreenstemmende hoërsybandsein*

Let daarop dat in die laersybandsein, die frekwensiespektrum van die modulasiesein omgekeer is (lae frekwensies in die modulasiesein stem ooreen met hoë frekwensies in die laer sybandsein en omgekeerd), terwyl in die hoër sybandsein die spektrum in die gemoduleerde sein in dieselfde sin is as wat die in die modulasiesein was. In werklikheid het



‘n hoërsybandsein ‘n frekwensiespektrum wat identies is aan dié van die oorspronklike modulasiesein, dit is net omgeskep na ‘n hoër frekwensie.

Enkelsyband is die mees gebruiklike metode wat gebruik word om spraak in die amateurdiens mee oor te dra. Beide hoër- en laersyband word gebruik. Dit is algemene gebruik om laersyband te gebruik by frekwensies onderkant 10 MHz, terwyl hoërsyband vir frekwensie bokant 10 MHz gebruik word.

Omdat ESB-seine nie oor ‘n dragolf beskik nie, moet die ontvangerfrekwensie akkuraat ingestem word om die oorspronklike oudio te herwin. Enige foutiewe instemming van die ontvangerfrekwensie sal tot gevolg hê dat die toonhoogte van die oudio effens te hoog of te laag sal wees. Dit is nie vir spraak baie belangrik nie, aangesien dit maklik is om die ontvangsfrekwensie akkuraat genoeg in te stem om spraak verstaanbaar te maak, maar dit is die rede waarom AM of FM gewoonlik verkies word vir musiekuitsendings, waar slegs ‘n klein frekwensieskuif in die oudio wat ontvang word, dit problematies sal maak.

## **Gelykgolf (GG)**

Gelykgolf (GG) bestaan daaruit dat ‘n dragolf aan- en afgeskakel word ten einde inligting in morsekode oor te dra. Die naam het ontstaan deurdat die eerste senders vonke gelewer het en nie in staat was om langdurige seine te lewer nie. Hulle seine het bestaan uit ‘n oorspronklike sterk ossillasie wanneer die vonk ontstaan het, maar wat vinnig weggekwyn het, en was bekend as “gedempte seine”. Dus, toe die eerste buissenders, wat in staat was om ‘n aanhoudende sein te lewer, beskikbaar geraak het, is hulle genoem “gelykgolf-“ og “GG-“senders, ten spyte van die feit dat inligting oorgedra is deur die draer vir korter en langer periodes aan en af te skakel om punte en strepe te lewer wat vir letters en syfers ooreenkomstig die morsekode staan.

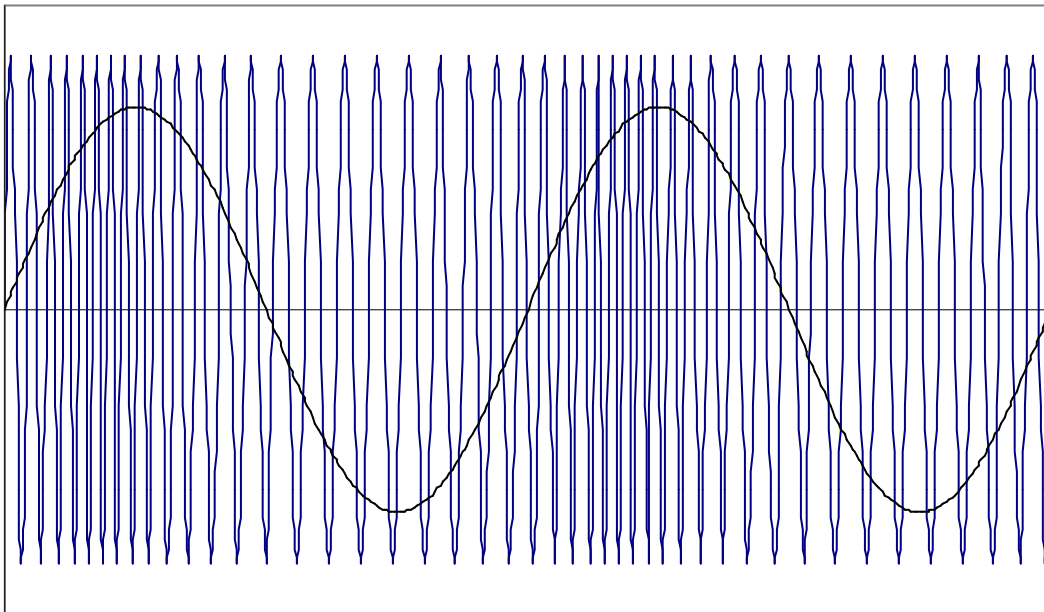
Dit mag met die eerste gedagte gedink word dat die frekwensiespektrum van ‘n GG-uitsending net die dragolf moet bevat, aangesien die uitsending net bestaan uit die aan- en afskakeling van ‘n golf. Om ‘n golf aan en af te skakel is egter dieselfde as om dit te amplitudemoduleer met ‘n golfvorm wat by ‘n spesifieke GS-vlak is wanneer die golf aangeskakel word, of zero is wanneer dit afgeskakel is. Ons kan dus enkele sybande in die gesleutelde sein verwag. Hulle word “sleutelklikke” genoem omdat hulle as klikke in ‘n ontvanger gehoor kan word wanneer die ontvanger naby, maar nie presies op die frekwensie van die GG-uitsending nie, ingestem word.

Die vorm van die omhullingskurwe van die GG-golfvorm – dit is, die manier waarop dit aan- en afgeskakel word – het ‘n groot invloed op die sterkte van die sleutelklikke en hoe wyd hulle strek weg van die dragolf-frekwensie. Indien die dragolf volle amplitude bereik sodra dit aangeskakel word, en zero amplitude sodra die afgeskakel word, dan sal baie sleutelklikke ontstaan, wat merkbare steurings sal veroorsaak in seine verskeie kilohertz weg. Om dit te vermy moet die draer toegelaat word om relatief stadig volle amplitude te bereik, en om oor ‘n tydperk na zero te kwyn nadat dit afgeskakel is. Die optimum stygende en wegwynntye is ongeveer 5 ms. Dit kan bereik word deur van ‘n kapasitor wat deur ‘n weerstand gelaai en ontlai word om die vorm van die omhullingskurwe te bepaal. Dit ageer as ‘n eenvoudige laagdeurlaatfilter, wat die hoë frekwensie harmonieke van die sleutelgolfvorm verswak wat andersins tot sleutelklikke sou lei.

Alhoewel dit verouderd mag klink, word GG nog baie gebruik. Een van sy voordele is dat dit nog verstaanbaar is teen baie laer seinsterktes as vir enige spraaksein. Deur praktiese luistertoetse is vasgestel dat GG dieselfde verstaanbaarheid lewer met ongeveer 13 dB laer krag as vir 'n ESB-spraaksein. Dus 'n 100 W GG-sein sal net so goed "uitkom" as 'n 2 kW ESK-sender.

## Frekwensiemodulasiie (FM)

In stede daarvan om die *amplitude* van die dragolf te verander in ooreenstemming met die amplitude van die modulasiesein, verander frekwensiemodulasiie (FM) die frekwensie van die dragolf ooreenkomstig veranderinge in die amplitude van die modulasiesein. By voorbeeld, wanneer die amplitude van die modulasiesein positief is, mag die frekwensie van die oorspronklike dragolf effens toeneem en wanneer die modulasiesein negatief is, mag die frekwensie van die dragolf effens afneem. Die volgende tekening wys 'n frekwensie-gemoduleerde sein:



'n Sinusgolf en ooreenstemmende frekwensie-gemoduleerde sein

Let daarop dat die amplitude van die sein konstant bly, terwyl die frekwensie varieer ooreenkomstig die amplitude van die modulasiesein. (Die grootte van die frekwensieverandering is oordryf ten einde dit makliker te maak om raak te sien).

Die hoeveelheid waarmee die frekwensie van die dragolf toeneem of afneem in ooreenstemming met die modulasie, word die *deviasie* van die sein genoem. Die frekwensie van die dragolf word beide verhoog of verlaag deur die deviasie, dus vir 'n sein met 'n deviasie van 2,5 kHz, sal die frekwensie van die gemoduleerde sein wissel tussen 2,5 kHz onderkant die senterfrekwensie tot 2,5 kHz bokant die senterfrekwensie. Die senterfrekwensie is die frekwensie sonder die aanwending van enige modulasie.

Die *deviasieverhouding* is die maksimum deviasie gedeel deur die hoogste modulasiefrekwensie. By voorbeeld, indien die deviasie 2,5 kHz is en die maksimum modulasiefrekwensie 3 kHz is, dan is die deviasieverhouding  $2,5/3,0 = 0,83$ .

Die spraakkwaliteit van FM-uitsendings wat tipies deur radioamateurs gebruik word, word genoem *smalband-frekwensiemodulasie* (SBFM). In SBFM word modulasie beperk tot ongeveer 2,5 kHz en die resulterende sein het 'n bandwydte van 5 tot 6 kHz, vergelykbaar met dié van 'n kommunikasiegraad AM-sein. Kommersiële FM-uitsaaistudies, in vergelyking, het 'n deviasie van 75 kHz en dus 'n ooreenstemmende groter bandwydte.

FM-seine het die voordeel van beter oudiokwaliteit wanneer die krag van die radiosein wat ontvang word redelik sterk is. Dit is omdat 'n FM-sein heelwat bokant die atmosferiese geraas vlak is, die amplitudeveranderings te wyte aan geraas het min effek by die ontvanger, wat alleenlik sensitief is vir veranderings in seinfrekwensie en nie die amplitude daarvan nie. Die kwaliteit van die herwonne oudio neem egter vinnig af wanneer die seinsterkte afneem en kom dit nader aan die atmosferiese geraasvlak. Om hierdie rede gebruik amateurs FM vir lokale kommunikasie in die baie hoë frekwensie- (BHF) bande soos die 2 m-band (144 – 146 MHz) en die ultra hoë frekwensiebande soos die 70 cm-band (430- 440 MHz) waar seine gewoonlik sterk en atmosferiese geraas laag is. Vir langafstand kommunikasie in die hoëfrekwensie- (HF) bande tussen 3 en 30 MHz' waar seine dikwels swak en atmosferiese geraas dikwels sterk is, word ESB verkies.

## **Frekwensieskuifsleuteling (FSK)**

Tot dusvêr het ons gekonsentreer op “menshoorbare” seine, soos die verskillende spraakmodusse en GG. 'n Groter wordende rol word egter gespeel deur digitale kommunikasie waar radio gebruik word om inligting in digitale formaat tussen twee rekenaars oor te send. In hierdie geval bestaan die inligting wat versend moet word uit digitale grepe.(ene en zero's).

'n Eenvoudige metode vir digitale inligting is frekwensie-skuifsleuteling, waar die sender een van twee moontlike frekwensies uitstuur, afhangende of dit 'n een of 'n zero moet stuur. Die twee frekwensies word die “merk-” en “spasie”-frekwensies genoem, met die “merkfrekwensie” wat ooreenstem met die logiese “1” en die “rusfrekwensie” wat ooreenstem met die logiese “0”.

FSK word gebruik vir modusse soos RTD (radioteledrukker), wat interaktiewe telekommunikasie tussen twee rekenaars toelaat en pakketradio, wat elektroniese pos en lêeroordraging oor radioverbinding toelaat.

## **Faseskuifsleuteling (FSK)**

In plaas daarvan om die *frekwensie* van 'n draer te skuif, is dit moontlik om die *fase* van die draer te skuif afhangende van of 'n een of 'n zero getuur moet word. Die resulterende modulasiemethode word genoem faseskuifsleuteling (FSK). FSK word bo PSK in die meeste moderne toepassings verkies aangesien dit meer effektief in terme van gebruik van bandwydte is.

FSK kom in verskillende vorms voor. In *binêre faseskuiwleuteling* (BFSK), het die uitsendsein een van twee verskillende fases, sê  $0^\circ$  of  $180^\circ$  en wat toelaat dat een binêre greep ('n een of 'n zero) op 'n keer uitgestuur word. In *kwadratuur faseskuiwleuteling* (KFSK) kan die uitsendsein een van vier verskillende fases hê ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  or  $270^\circ$ ), wat toelaat dat twee binêre grepe tegelykertyd gestuur kan word.

Die mees populêre amateurmodus wat van faseskuiwleuteling gebruik maak is PSK-31, wat 'n interaktiewe digitale modus is wat dit moontlik maak dat twee operateurs intyds met mekaar oor die radio kan "praat". Alles wat een operateur op sy of haar sleutelbord tik, word onmiddellik versend en vertoon op die rekenaarskerm van die ander operateur (of wie anders ookal inluister). PSK-31 kan of BFSK of KFSK gebruik. Wanneer KFSK gebruik word, word van die hoër spoed gebruik gemaak vir fouterkenning en -korreksie.

## Opsomming

Met amplitudemodulasie (AM) word die amplitude van 'n RF-dragolf verander in ooreenstemming met die amplitude van die modulasiesein. Die resulterende AM-sein bestaan uit die dragolf, die hoër syband (teen 'n hoër frekwensie as die dragolf) en die laer syband (teen 'n laer frekwensie as die dragolf). Die dragolf bevat tweederdes van die krag van 'n AM-sein met die oorblywende eenderde gelykop gedeel tussen die hoër en laer sybande. Alhoewel AM-seine maklik is om te demoduleer met gebruik van 'n halfgolfgelykrichter en 'n laagdeurlatfilter is hulle oneffektief in terme van krag (omdat die dragolf geen inligting oordra nie, maar tweederdes van die krag neem) en bandwydte (aangesien die modulasie-inligting in beide die sybande aanwesig is).

'n *Dubbelsyband onderdrukte dragolfersein* is soortgelyk aan 'n AM-sein maar sonder die dragolf. Dit kan opgewek word deur die gebruik van 'n *gebalanseerde modulator*. Die resulterende sein is meer krag-effektief as 'n AM-sein, maar neem steeds dubbel die bandwydte van die modulasiesein in beslag.

In 'n *enkelsyband onderdrukte dragolfsein* (enkelsyband, of ESB) is beide die dragolf en een van die sybande verwyder, wat slegs een syband oorlaat. ESB-seine mag *hoërsyband* (HSB) of *laersyband* (LSB) wees. In LSB-seine is die spektrum van die modulasiesein omgekeerd in die gemoduleerde sein; in HSB is die spektrum net verander na 'n verskillende frekwensie maar nie omgekeer nie. ESB is een van die mees effektiewe metodes van spraakkommunikasie, veral wanneer seinsterktes laag is.

Gelykgolf- (GG-) uitsending is die aan- en afskakeling van die dragolf en word gebruik om inligting in morsekode oor te stuur. GG is in effek 'n tipe van amplitudemodulasie en die sybande wat ontstaan is bekend as "sleutelklikke". Hulle bereik en sterkte kan verminder word deur die dragolf redelik geleidelik aan en af te skakel, oor 'n tydsverloop van ongeveer 5 ms.

In *frekwensiemodulasie* (FM) word die frekwensie van die dragolf gevarieer in ooreenstemming met die amplitude van die modulasiesein terwyl die dragolf se amplitude konstant bly. FM-seine is in staat tot baie goeie oudiokwaliteit met die voorbehoud dat die ontvangssein redelik sterk is, maar kwaliteit neem vinnig af wanneer die seinsterkte afneem. *Smalband FM-uitsendings* deur amateurs het gewoonlik 'n deviasie van 2.5 kHz wat 'n bandwydte van 5-6 kHz tot gevolg het, wat soortgelyk as dié van AM-uitsendings is.

*Frekwensie-skuifsluiting* (FSK) en *faseskuifsluiting* (PSK) word gebruik vir die oorsending van inligting in digitale formaat. Met FSK word een van twee frekwensie uitgesend, afhangende of 'n een of 'n zero uitgesend moet word; terwyl in PSK die fase van die sendersein verander word om tussen 'n een en 'n zero te onderskei. FSK word in modusse soos RTD en pakket gebruik terwyl PSK met PSK-31 gebruik word.

## Hersieningsvrae

- 1** Wat word die proses genoem wat die amplitude, fase of frekwensie van 'n radiofrekwensiegolf verander met die doel om inligting oor te dra?
  - a. Wisselend.
  - b. Mikrofoniese.
  - c. Gelykriktig.
  - d. Modulasie.
  
- 2** Die proses van onttrekking van inligting uit 'n RF- of TF-dragolfrekwensiesein word genoem:
  - a. Delinasie.
  - b. Degenerasie.
  - c. Ontkoppeling.
  - d. Demodulasie.
  
- 3** Waarna word die tipe uitsending verander wanneer die dragolf in 'n AM-sein onderdruk word?
  - a. Enkelsyband onderdrukte draer.
  - b. Dubbelsyband onderdrukte draer.
  - c. Frekwensiemodulasie.
  - d. Fasemodulasie.
  
- 4** Wat is een voordeel van dubbelsyband onderdrukte draer uitsending bo dié van standaard volle draer AM?
  - a. Slegs die helfte van die bandwydte word benodig vir dieselfde inligtinginhoud.
  - b. Groter persentasie modulasie word bereik met minder vervorming.
  - c. Die sender is meer energiedoeltreffend.
  - d. Eenvoudiger toerusting kan gebruik word om 'n dubbelsyband onderdrukte dragolfsein te ontvang.
  
- 5** 'n Klas C frekwensie-verdubbelaarstadium is nie geskik om te gebruik om die frekwensie van 'n ESB-sein te verhoog nie weens:
  - a. Impedansie-waanaanpassing.
  - b. Erge vervorming.
  - c. Afwesigheid van 'n dragolf.
  - d. Oningestemde uitsetkringe.
  
- 6** Watter seinkomponent verskyn in die middel van 'n amplitude gemoduleerde sender se uisetbandwydte?
  - a. Die laer sybande.
  - b. Die subdraer.

- c. Die dragolf.
- d. Die loodstoon.

**7 In 'n frekwensie-gemoduleerde sein, hang deviasies van die draagfrekwensie af van die:**

- a. Amplitude van die oudiosein.
- b. Verhouding van amplitude tot frekwensie van die oudiosein.
- c. Frekwensie van die oudiosein.
- d. Frekwensie van die oorspronklike sein.

**8 Watter sybandfrekwensies sal opgewek word deur 'n AM-sender met 'n draerfrekwensie van 7 250 kHz wanneer dit minder as 100 persent deur 'n 800 Hz suiwer sinusgolf gemoduleer word?**

- a. 7 250,8 kHz en 7 251,6 kHz.
- b. 7 250,0 kHz en 7 250,8 kHz.
- c. 7 249,2 kHz en 7 250,8 kHz.
- d. 7 248,4 kHz en 7 249,2 kHz.

**9 Die onderdrukking van die dragolf en een syband in 'n uitsending staan bekend as:**

- a. Amplitudemodulasie.
- b. Frekwensiemodulasie.
- c. Enkelsybandmodulasie.
- d. Dubbelsybandmodulasie.

**10 Wat bepaal die bandwydte wat in beslag geneem word deur elke groep van sybandfrekwensies wat opgewek word in 'n korrek werkende amplitude gemoduleerde sender?**

- a. Die oudiofrekwensies wat gebruik word om die sender te moduleer.
- b. Die fasehoek tussen die oudio- en radiofrekwensies wat gemeng word.
- c. Die radiofrekwensies wat in die sender se SBO gebruik word.
- d. Die GG-sleutelspoed.

**11 Die term smalband-frekwensiemodulasie verwys gewoonlik na 'n sein van:**

- a. +/- 2,5 kHz deviasie.
- b. 75 kHz deviasie.
- c. Lae kragvlakke.
- d. Baie stabiele frekwensie.

**12 Die bandwydte van 'n AM-uitsending behoort nie die volgende te oorskry nie:**

- a. 10 kHz.
- b. 20 kHz.
- c. Ultrasoniese frekwensies.
- d. 5 to 6 kHz.

**13 Wanneer die modulasiesein die amplitude van die gemoduleerde sein tot zero, verteenwoordig dit:**

- a. 50% modulasie.
- b. 200% modulasie.
- c. 100% modulasie.
- d. Oormodulasie.

**14 Die aan- en afskakeling van 'n sender deur middel van 'n morsesleutel om verskillende lengtes van dragolfpulse te verkry, word genoem:**

- a. Stroominspuiting.
- b. Sleuteling.
- c. Demodulasie.
- d. Gelykriktig.

**15 GG, ESB, FM en AM is almal tipes van:**

- a. Tydmeting.
- b. Dragolffmodulasie.
- c. Radiogolwe.
- d. Amateurlisensies.