

Het einde van de term 'Enkelzijband'

Door Arie Kleingeld PA3A

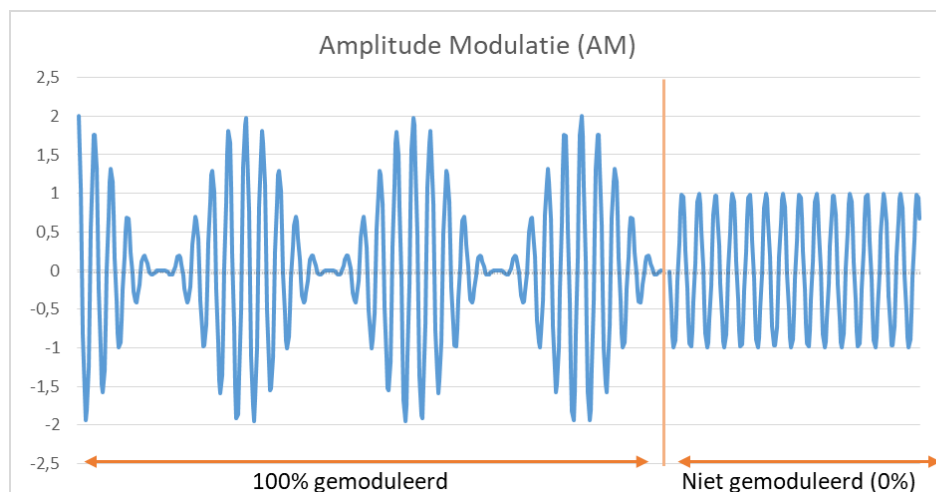
Inleiding

Ik vraag mij af wanneer we de term 'enkelzijband' eens ten grave gaan dragen. Mogelijk trap ik met dit statement op een paar tere zielen, maar ik ga het er toch over hebben. Ook breek ik een lans om de term 'carrierfrequentie' in deze context in de ban te doen. Aan de orde komen o.a:

- Hoe *kwámen* we aan de term 'enkelzijband' en 'carrier'
- Wat is 'enkelzijband' eigenlijk voor een signaal
- Loslaten van het historisch perspectief dat enkelzijband een AM signaal is waarvan carrier en andere zijband zijn onderdrukt

Hoe kwámen we aan de term 'enkelzijband'

Om met phone in de lucht te komen is 'vroegah' een methode gevonden die we nu nog AM (Amplitude Modulatie) noemen. Het is een in laagfrequent tempo in amplitude veranderend continu signaal (de 'carrier'). Deze kennen we wel.



Rechts in de figuur is de ongemoduleerde carrier zichtbaar (laten we de amplitude 100% noemen) en links is de carrier vol gemoduleerd waarbij de amplitude van het signaal varieert van 0% tot 200%. Deze volle uitsturing noemen we 100% gemoduleerd. Het laagfrequent signaal kun je prachtig terugzien in de figuur als je de toppen aan de bovenzijde van de sinus volgt. Tot zover bekende amateurg cursus koek.

Een stukje verder nu: een AM signaal met 100% modulatie zoals hierboven kan worden beschreven met de volgende formule:

$$AM = \{1 + \cos \omega_m t\} * \cos \omega_0 t \quad (1)$$

Hierbij stelt $\{1 + \cos \omega_m t\}$ de amplitude die varieert tussen 0 en 2. Dit komt van 1 plus de cosinuswaarde die varieert tussen -1 en +1 gestuurd door de gewenste modulatie met frequentie ω_m . De $\cos(\omega_0 t)$ is het te moduleren hoogfrequent zendsignaal. Voor degene die nu de wenkbrauwen optrekken over de letter 'ω', dit is dezelfde als die voorkomt in de bekende formules $X_L = \omega L$ en $X_C = 1/\omega C$, waarbij $\omega = 2\pi f$. Het is dus een manier waarop we de frequentie van een signaal weergeven.

We zien hier dus echt een in amplitude gemoduleerd signaal uit het boekje, waarbij men het hoogfrequent draaggolf (carrier) de 'drager van het signaal door de aether' noemt. Hoe mooi kun je het zeggen. Echter iedere radioamateur weet dat je die 'carrier' niet per sé nodig hebt. Denk maar aan wat wij heden ten dage enkelzijband noemen. Van een dragende carrier is hierbij geen sprake. Daar kom ik verderop op terug. Laten we nu eerst eens kijken naar de zgn. 'zijbanden'.

De term 'zijband', hoezo zijband

Wat gebeurt er nu precies bij dat AM dat er zijbanden bijkomen. Om dat inzichtelijk te maken grijp ik terug op de middelbare school wiskunde waar je wellicht vroeger tegen wil en dank doorheen moest.

Ik citeer uit het toen rood gekleurde formuleboekje van de middelbare school:

$$\cos \alpha * \cos \beta = \frac{1}{2} * \{\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)\} \quad (2)$$

$$\sin \alpha * \sin \beta = \frac{1}{2} * \{\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)\} \quad (3)$$

Tjemig, je zou er gillend wakker van worden. Maar wat er staat (en ik sla de zaak maar even plat) is dat als je twee sinussen of cosinussen met verschillende frequenties met elkaar vermenigvuldigt, dan ontstaan in dit geval weer cosinussen met de som- en verschilfrequenties. α kan in dit geval $\omega_0 t$ zijn (bevat de zend frequentie) en β is $\omega_m t$ (bevat de modulatie frequentie). We zien hier het begin van de onderbouwing van de zijfrequenties van AM, die eigenlijk gewoon mengproducten zijn uit de ons bekende mengtrap (hetzij analoog, hetzij digitaal).

We werken formule (1) 'even' uit:

$$AM = \{1 + \cos \omega_m t\} * \cos \omega_0 t$$

$AM = \cos \omega_0 t + \cos \omega_0 t * \cos \omega_m t$ en passen we nu formule (2) hierop toe dan:

$$AM = \cos \omega_0 t + \frac{1}{2} * \cos(\omega_0 - \omega_m) t + \frac{1}{2} * \cos(\omega_0 + \omega_m) t \quad (4)$$

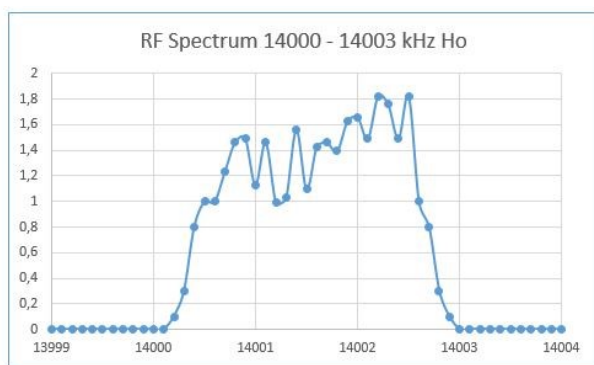
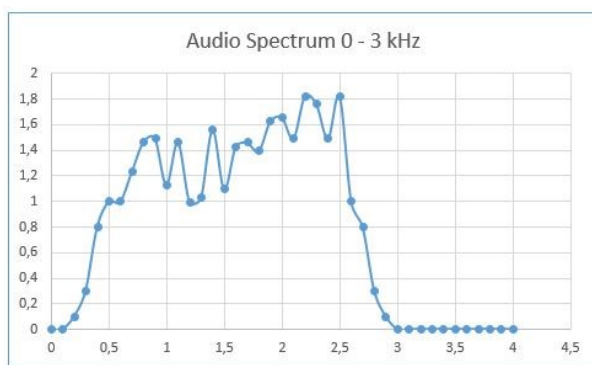
En huppekee, daar is die carrier op ω_0 , de *onder*-zijfrequentie op $\omega_0 - \omega_m$ én de *boven*-zijfrequentie op $\omega_0 + \omega_m$. Je kunt hier ook uit aflezen dat de zijfrequenties (bij 100% modulatie) de halve amplitude hebben van de carrier. Als we met meerdere frequenties tegelijk moduleren (bijvoorbeeld een stem) dan ontstaan meerdere zijfrequenties tezamen. Het moge duidelijk zijn dat de namen draaggolf, bovenzijband en onderzijband wel ergens op slaan als je dit zo bekijkt.

Vaak krijg in een cursussituatie de vraag hoe dat nou kan. Waarom zien we niet een in amplitude variërend pegeltje op de spectrumanalyser? Dit lijkt logisch. Echter een zuiver sinusvormig signaal dat ergens onderweg een ander amplitude krijgt is op dat moment geen zuivere sinusvorm meer. Dat lijdt tot die zijfrequenties waarvan we de wiskundige kant al hebben gezien.

Wat is een enkelzijbandsignaal in de kern

Als we wiskundig naar zo'n signaal als formule (4) kijken en er is maar één zo'n zijband, dan zien we dus nog maar één signaaltje b.v. de boven-zijfrequentie $\cos(\omega_0 + \omega_m)$. Dit is maar één frequentie die gelijk aan de som van $\omega_0 + \omega_m$. Er is geen sprake van enige carrier en is er ook geen carrierfrequentie. Ook is er geen andere zijband. Die is ook nooit uitgezonden. Er is ook niets onderdrukt of zo. Het conventionele (analoge) proces van het maken van een phone signaal is niets anders dan signalen mengen en de resultaten filteren om het *gewenste mengproduct* met voldoende vermogen in de antenne te krijgen.

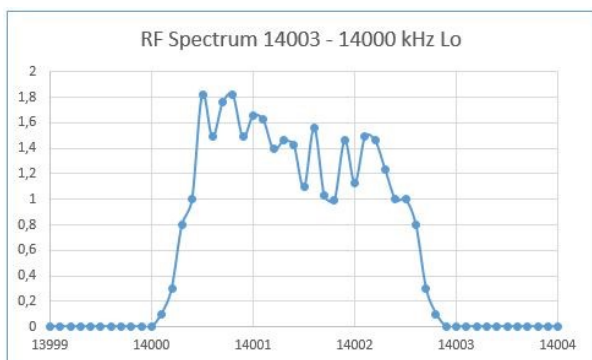
We kunnen hiermee verder denken. Stel we zetten de frequentie van de transceiver op 14.000 kHz en zetten de knop op USB. Als de zender dan wordt aangezet met de zendknop, dan gebeurt er niets in de lucht als er geen modulerend signaal is. Maar zetten we op de microfooningang een toon van 1kHz, dan zien we die aan de uitgang van zender terug als 14.001 kHz. Met een toon van 2 kHz zien we die terug op 14.002 kHz aan de zenderuitgang, enz. En zo zouden de tonen uit een menselijk stem of voor mijn part uit een toongenerator die sweept van iets meer dan 0 Hz tot 3000 Hz een zendsignaal geven van iets meer dan 14.000 kHz tot 14.003 kHz. Er gebeurt dus, als je kijkt naar het spectrum, niet meer dan dat er bij de frequenties van het audiosignaal 14.000 kHz wordt opgeteld. De frequenties tussen 14.000 en 14.003 kHz hebben dezelfde onderlinge amplitude- en faseverhoudingen als het oorspronkelijk audiosignaal. Het audio is als het ware gewoon in frequentie 'getransleerd' naar een hogere waarde ('transleren' betekent 'een verschuiving maken'). Het RF signaal heeft ook dezelfde oriëntatie, d.w.z. hoge audio frequentie staan hoog in het in RF spectrum en de lage staan laag.



Voor het terughalen van het audiosignaal aan de ontvangkant, moet je weten waar in het ontvangen spectrum de '0 Hz' zit, in dit geval dus op 14.000 kHz. Dat is dan ook de frequentie waarop de zendontvanger wordt afgestemd volgens de frequentie aanwijzing en er wordt het knopje USB ingedrukt om het hoorbaar te maken. We transleren dan het spectrum weer met 14000 kHz naar beneden naar 0 – 3 kHz.

'Reverse Oriëntatie'

We kunnen het bovenstaande spectrum met diverse technieken ook omkeren. Met andere woorden,



we zetten het signaal op dezelfde plek en zorgen dat de hoge tonen nu bij 14000 kHz zitten en de lage bij 14003 kHz. Het 0Hz-punt komt daarmee op 14003 kHz. Verder neemt het spectrum de zelfde ruimte in maar 'staat andersom' (in 'reverse'). Als we dit zouden willen ontvangen met een huidige zendontvanger, dan zou deze moeten zijn afgestemd op 14003 kHz, met als bijzonderheid dat we dan het knopje LSB moeten indrukken voor enige verstaanbaarheid.

Dat de twee RF-spectra met *normale* oriëntatie en *reverse* oriëntatie op dezelfde plaats zijn gezet, heeft een reden. Het gaat om hetzelfde signaal, het midden ligt op ongeveer 14001.5 kHz. Het enige verschil is de spectrum-*oriëntatie*. We kunnen daarmee dus ook bedenken dat de frequentie aangeduid had kunnen worden met bijvoorbeeld 14001,5 d.w.z. het centrum van het signaal en op basis van de bekende oriëntatie N(ormal) of R(everse) kan het hoorbaar worden gemaakt. Overigens worden in het ITU Internationale Radio Reglement USB-phonekanalen aangeduid met twee

frequenties: de 0Hz-frequentie of 'dial-frequency' (voorheen AM-carrierfrequentie) en de zgn. 'assigned frequency' die 1.4 kHz hoger ligt en het midden van het uitgezonden spectrum aanduidt. De gedachte is dus zo gek nog niet.

Verlaten van de AM relatie

Praten over enkelzijband komt dus voort uit de bewuste vergelijking met die totaal andere mode AM, waarmee ik het verhaal mee begon. Als je die oude referentie weghaalt (stel dat die er niet was geweest), dan kun je niet meer spreken van enkelzijband. Er is dit signaal geen carrier (nooit geweest, noch uitgezonden) en er is ook geen andere zijband (nooit geweest, noch uitgezonden). Ik zie alleen maar een getransleerd audio signaal dat in het RF spectrum wordt gezet met een 'normal' of een 'reverse' oriëntatie. De letter 'J' voor de klasse van uitzending (denk aan J3E) is niet voor niets in het leven geroepen.

In zendamateur cursussen die ik al jaren geef, begin ik de eerste inleidende les met het uitleggen van deze mode volgens het bovenstaand principe. Een eenvoudiger modulatiemode kun je niet bedenken: zet het audiospectrum als geheel wat hoger in frequentie en zend het uit. Iedereen begrijpt dan vrij snel hoe je een amateur phonesignaal eruit ziet. Ik voorzie het verhaal wel van de pedante toevoeging: *"O ja, in het examen noemen ze dit nog steeds enkelzijband, maar dat is wel een beetje ouderwets. USB en dan de normale oriëntatie is en LSB de reverse (de hoge tonen staan lager in frequentie)."* Met de ruim beschikbare panadapters kun je het ook prachtig zien. Dat het op de conventionele analoge manier meestal wordt gemaakt met mengen en de juiste mengproducten filteren, of dat we het met een slimme rekensom doen in de DSP-discipline is dan nog niet van belang, maar de techies in de cursusgroep kijken er dan wel meteen naar uit.

De kennis van het analoge proces voor het maken van een phone signaal wordt overhoord in bijna elk zendamateurexamen, met blokschema's en met componenten. De meeste leerstof die hierop is afgestemd begint meestal eerst met de modulatiesoort AM om pas daarna in te gaan op wat ik nu maar 'Translatie modulatie' noem (voorheen EnkelZijBand). Laten we dat starten met AM maar eens loslaten.

Het creëren van een (phone) Translatie signaal met *Normal of Reverse* oriëntatie

Translatiemodulatie kan op verschillende manieren gedaan worden. De al genoemde, en voorheen veel gebruikte, analoge meng-en-filter methode is wel de bekendste. Deze mag best gezelschap krijgen van de zgn. 'Fasemethode' die in de DSP-aanpak veel wordt gebruikt. Ik denk dat de fasemethode minder breed bekend is bij zendamateurs door de wiskundige verklaring erachter. De wiskundige verklaring is eigenlijk niet zo veel ingewikkelder dan al in dit artikel al beschreven, maar vraagt eigenlijk een nieuw artikel om het goed te beschrijven. Een variant in de fasemethode is nog de zgn. 'Derde methode' van Donald Weaver. Ik laat het aan de lezer over om die Weaver-methode eens op te zoeken op internet (er zijn talloze beschrijvingen van). Ik vind die echt briljant gevonden, en is zelfs met analoge technieken nog goed te maken.

Kortom: Translatie modulatie in Normal of Reverse oriëntatie wordt de nieuwe aanduiding van de klasse van uitzending 'J'. Het is maar een voorstel.