

Excellente Kortegolf-ontvangers

Inleiding

Na het lezen van het artikel van Douwe PA0DKO in de QRP-nieuwsbrief van maart 2005: Hoogwaardige Kortegolf Ontvangers, begon 'mijn frustratie' mij weer parten te spelen, dus schrijf ik er nog maar eens over in de hoop dat ik eindelijk eens 'gehoord' wordt of dat iemand mij uitlegt dat ik 'er naast zit'. Douwe kan er natuurlijk niets aan doen dat er onder de opsomming:

A gevoeligheid,

B grootsignaalgedrag en

C faseruis van de local oscillator,

nog had moeten staan:

D de keuze van de juiste middenfrequentie.

In Douwe's meer dan voortreffelijke artikel (wat een inzet heeft die man!) wordt nog eens duidelijk dat je beter geen gebruik kunt maken van up-conversie naar tientallen megaherzen omdat filters daar niet goed genoeg zijn en omdat oscillatoren op hoge frequenties per definitie meer ruisen.

Iedereen is er zo langzamerhand van overtuigd dat de eerste mixer een goed groot-sig-naal-gedrag moet hebben en dat je bovenmenging toe moet passen, alhoewel..... Op Internet kun je daar roerende verhalen over lezen met IP3's van zelfs 50 dBm. Dat heeft alleen zin als de local oscillator ook in kwaliteit toeneemt (minder zijbandruis) en het filter achter de mixer navenant is. Van een deugdelijke preselectie is nog steeds niet iedereen overtuigd al lijkt mij een 'meelopen-de' preselectie boven de 4 MHz overdreven. Een goed met de juiste relais geschakeld (8-polig) band pass filter per amateurband lijkt mij toereikend. Alle afstemmiddelen (behalve de permeabiliteitsafstemming van Drake en Collins die nauwelijks zelf te maken is) verpesten meer dan ze goedmaken.

Kortom, maak een enkel-super met een goede mixer, een goed filter op een niet te hoge frequentie¹ met daarachter een zeer ruisarme middenfrequentieversterker en goede oscillatoren. Als de gain distribution dan ook nog in orde is, kan het niet beter..... of is er nog iets?

Er is nog iets

Ik kan het mensen niet aan het verstand gepeuterd krijgen dat ***de keuze van de eerste middenfrequentie*** cruciaal is voor een goede performance, vooral bij ontvangers die de eerdergenoemde punten goed voor elkaar hebben. Ik heb daar in 1989 al over geschreven in Electron ("Het kiezen van frequenties bij de bouw van een transceiver", febr. '89 blz 72 ev.) Reacties? Nauwelijks. Zelfs Dick, PA0SE die toch verstand van radio heeft, beschouwde het van ondergeschikt belang.

Ik heb een EK07 van R&S gekocht om op deze onbetwiste ontvanger te controleren of mijn veronderstellingen juist zijn, en dat zijn ze.

Ik heb mijn computer-programma later voorzien van een grafische interface zodat je op het scherm kunt zien wat er gebeurt als je 'de zend-ontvanger verstemt'. Dat was zeer leerzaam. Ik heb een artikel naar de ARRL en later naar de RSGB gestuurd. De artikelen werden geweigerd, en het lag niet aan mijn Engels, zeiden ze!

Ik probeer het hier nog één keer. Een van de twee: dit wordt onderkend of mij wordt uitgelegd dat ik onzin verkoop en waarom. Wie? (Nee ik ben niet boos, doch een beetje gefrustreerd.)

Waarom moest ik dat nou bedenken?

Dat kon ik zelf ook niet geloven natuurlijk. Zo bijzonder ben ik nu ook weer niet. Ik heb heel lang getwijfeld aan de zo eenvoudige uitkomsten.

Zo langzamerhand weet iedereen wel dat het beter is om 'bovenmenging' toe te passen: de local oscillator frequentie is de som van de te ontvangen frequentie en de middenfrequentie. Waarom? Er blijken dan minder *ongewenste mengproducten* in de middenfrequentie te vallen.

Manassevitsch heeft dat in de 70-er jaren al uiteengezet, in zijn boek:

'Frequency Synthesizers, Theory and Design'.

Daarin gebruikt hij een grafische methode. Voor het opwekken van een enkele frequentie voldoet dat. Als dat voor meer frequenties moet, wordt het ondoenlijk. Er waren nog geen computers waarmee je deze ingewikkelde problematiek te lijf kon, en die dat wel konden (zoals de kolossale CRAY) waren niet beschikbaar. Dat kostte goudgeld.

Manassevitsch heeft het niet over de middenfrequentie in een ontvanger. Hij behandelt meng-VFO's en synthesizers, wat er op neer komt dat hij laat zien welke prut er allemaal uit een DBM (double balanced mixer) komt. (Hij noemt die prut 'intermodulatieproducten'. Dat heb ik in het artikel in Electron van febr. 1989 ook gedaan. De term: 'ongewenste mengproducten' is beter op

¹ de spiegelonderdrukking kan het probleem niet zijn

zijn plaats.)

Als je dan even nadenkt, weet je ook dat er ongewenste mengproducten van de combinatie van het RF (ingang)-signaal en de LO (local oscillator)-signaal in de mf (middenfrequentie) kunnen vallen.

Wisten de gerenommeerde ontvangerbouwers zoals Rohde & Swartz, Plessey, Collins, Telefunken, Philips, etc. dat dan niet? Ze wisten in ieder geval de oplossing niet. Ik heb er alle verkrijgbare blokschema's op nagekeken. De grote ontwerpen van kortegolfontvangers zijn allemaal (ver) voor het computertijdperk gemaakt. Dit probleem is zonder computer niet te overzien.

Bedenk dat de grootste computer bij Philips in 1970, de IBM-360/75, 4 Mb kernengeheugen had en een processor die op 2 MHz liep. Dat kun je nu niet meer voorstellen. Voor zo'n ding met alle lijvige randapparatuur had je een geconditioneerde ruimte nodig ter grootte van een gymzaal. De enige interactieve terminal die er via de telefoonlijn aan kon, was een ASR-33 van Teletype! Dit soort spul hebben wij, amateurs, tien jaar geleden al bij het oud-vuil gezet. *Grafisch was er helemaal niets.*

Er zijn toch al programma's gemaakt die dit uitrekenen?

Ja, maar die deugen geen van allen. Dit is mijn vakgebied: ik heb mij de laatste tien jaar op het NatLab beziggehouden met het maken van computer-simulaties. Zulke programma's *kun je niet testen*, zo testen überhaupt helpt. Je weet niet wat er uit moet komen omdat je bij een simulatie nu juist zaken berekent die onbekend zijn. Voor een enkele uitkomst kun je het antwoord 'met de hand' narekenen, maar dat bewijst niet dat de andere uitkomsten juist zijn, laat staan dat je weet of er niet te veel of te weinig antwoorden uitkomen.

Alle programmaatjes die ik op Internet vond, geven slechts een deel van de ellende weer. Als je een programma maakt (zeker een simulatie-programma) dan moet je *van te voren* aantonen dat het programma correct is. Daar zijn moderne programmeertechnieken voor, die pas in de 80-er jaren tot ontwikkeling kwamen. Ik weet zeker dat mijn programma correct is: er komt geen ongewenst mengproduct te veel uit en ook niet een te weinig. Ik krijg ze allemaal en bovendien van de juiste sterkte voor de aangegeven DBM's! Wil je dit programma hebben? Zend een mail naar pa0su@amsat.org en je krijgt het. Het verklaart zichzelf.

Welke middenfrequentie moet je dan kiezen?

Na vele computer-runs heb ik gevonden dat er **geen harmonische-relatie tussen de zend/ontvang-frequentie en de middenfrequentie** mag zijn. Kortom de middenfrequentie mag **niet** liggen op 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, (2/3), 1, (3/2), 2, 3, 4 en 5 maal de werkfrequentie (RF). Zeker de gebieden tussen 1/3 en 3 maal RF moeten niet gebruikt worden. Hoe dichter je bij 1 komt, des te meer ongewenste producten er ontstaan met grotere amplituden. Ik geef dus aan welke mf's je **niet** moet nemen. Welke moet je dan wel nemen? Gebieden er tussenin. Ja, maar hoe groot zijn die gebieden? **Dat hangt van kwaliteit van de preselectie af!!!** Dat blijkt zeer duidelijk uit mijn programma.

Is er één juiste middenfrequentie voor alle amateurbanden?

Nee! Gelukkig is 9 MHz voor 'de oude banden' 80 t/m 10 vrij goed (13 MHz zou iets beter zijn), zodat een XF9B-filter van KVG goed voldoet, totdat je een stel CB-ers in de buurt krijgt. In de 80-er jaren zaten er bij mij in de straat al drie. Al rond fietsende kwam ik in een straal van 300 meter er nog eens tien tegen. Die zenden op 27 MHz (3 x 9 dus). In die tijd was 10 meter geen pretje. Ik kom er nu nog steeds (zachte) FM-gemoduleerde piepjes tegen.

De MARK-banden gaan niet goed met mf = 9 MHz, zeker 18 MHz niet. Iedereen begrijpt onmiddellijk dat bij zenden de tweede harmonische door zal komen. Ongewenste mengproducten als:

2. f_{osc} - 4.mf en

3. f_{osc} - 7.mf

liggen minder voor de hand.

Bij ontvangen is het nog erger:

2. f_{RF} - f_{osc} ,

5. f_{RF} - 3. f_{osc} ,

8. f_{RF} - 5. f_{osc} ,

5. f_{RF} - 7. f_{osc} en

3. f_{RF} - 4. f_{osc} .

Bij het verstemmen van de transceiver blijken die ongewenste producten bij zenden 'tegen de afstemrichting in' te lopen. Dat werd duidelijk met de grafische interface. Je hebt er dus 'korter' last van. Bij ontvangen loopt het hele zwikje, weliswaar in een ander tempo, met de gewenste afstemfrequentie mee. Je komt er dus niet vanaf.

Hoeveel last heb je daar nou van?

Begrijp goed dat je deze ongewenste producten *niet* tegenkomt zonder ingangssignaal op de ontvanger. 'Antenne er af en naar fluitjes zoeken', heeft hier niets mee te maken.

Ik geef toe, de ingangssignalen moeten stevig zijn wil je last van deze ongewenste mengproducten hebben. We hebben het echter over ontvangers met een mixer met een hoog IP3, oscillatoren met weinig zijbandruis en filters met een uitstekende (veraf)selectiviteit. Zo'n ontvanger bewijst alleen zijn nut in een 'rumoerige omgeving'. In een bootje midden op de Pacific is een ontvanger met een laag ruisgetal toereikend.

Als je dan toch het onderste uit de kan wilt halen, *kies dan ook de juiste middenfrequentie*. Dat kost niets, en je maakt de kwaliteit direct orden beter.

Harde signalen? Ik zei het al: bij mij was in de hoogtijdagen van de CB de 10-meterband aardig verpest bij een mf van 9 MHz. Een andere zendamateer op een kilometer afstand wil ook aardig helpen, laat staan dat je met je ontvanger mee gaat doen aan een JOTA of contest waar multi-operator (op verschillende banden) gewerkt wordt. Mijn ontvanger steekt op de JOTA op 20 en 80 altijd met kop en schouders boven alles uit, hoewel een Elecraft K2 aardig in de buurt komt.

Geldt dit verhaal ook voor FET-mixers?

De frequenties van de ongewenste mengproducten gelden voor *elke* mengtrap. De grootte van de producten zal bij een ander soort mengtrap verschillen van die van een DBM, alhoewel, de FET-mixer met J310-en in 'De Hartkit' geeft praktisch dezelfde uitkomsten. Opvallend is trouwens dat de grootte van de ongewenste mengproducten bij DBM's-met-een-hoog-IP3 niet zo veel kleiner zijn dan bij een ordinaire SBL1, zeker de SRA-1H scoort niet best op dit punt, waarvan acte!

De EK07 van Rohde & Swartz met een E88CC als mengbuis, gaf trouwens hetzelfde beeld.

Wat dan met een general coverage ontvanger?

Voor een enkel-super transceiver van 1,6 tot 30 MHz inclusief de mark-banden gelden, wat de middenfrequentie betreft, dezelfde eisen als voor een general coverage-ontvanger: **gebruik twee verschillende (eerste) middenfrequenties** en schakel die naar believen om met zeer goede relais. Laten we maar eens een getallenvoorbeeld nemen:

relatie RF/mf	mf = 9 MHz ongewenst:	mf = 8 MHz ongewenst:
1/5	1,8 MHz	1,6 MHz
1/4	2,25 MHz	2 MHz
1/3	3 MHz	2,67 MHz
1/2	4.5 MHz	4 MHz
2/3	6 MHz	5,33 MHz
1	9 MHz	8 MHz
3/2	13,5 MHz	12 MHz
2	18 MHz	16 MHz
3	27 MHz	24 MHz
4	36 MHz	32 MHz
5	45 MHz	40 MHz

Tabel 1

De onbruikbare frequentiegebieden liggen onder de mf dichter op elkaar dan er boven. Voor een veel voorkomende waarde voor de mf (9 MHz) vinden we de gebieden die ongewenst zijn in de eerste kolom. Als we bv. 1,8 MHz vooral 'goed willen ontvangen', zal de andere mf op 8 MHz voldoen. Het is maar een voorbeeld. Ik wil niet zeggen dat er geen betere combinaties te bedenken zijn. We kunnen wat schuiven en zien wat er uit komt. Natuurlijk moet er steeds met 'het programma' gecontroleerd worden of zo'n mf wel goed is. Er zit soms een addertje onder het gras..... Het is dus nog een heel gepuzzel. Leuk voor een winterdag als vandaag 2-3'05 waarop Nederland volgesneeuwd ligt.

Deze combinatie van 9 met 8 MHz lijkt voor een general coverage ontvanger nog niet zo slecht. Wellicht zijn lagere mf's nog gunstiger. Dit mag de lezer zelf uitzoeken. Het is natuurlijk verstandig een van de mf's op een frequentie te kiezen waarvoor filters te koop zijn zoals 9 MHz, dan hoef je nog maar een filter zelf te maken.

Voor een all band ontvanger is duidelijk dat 8 MHz voor de 17 en 10 meterband beter is, terwijl voor de 24 MHz-band 9 MHz prima is. Voor de andere banden moet even met 'het programma' geëxerceerd worden om de keuze te bepalen.

Zijn de gangbare middenfrequentfilters dan niet goed?

Er zijn bijzonder goede filters met een prachtige vormfactor. De vraag is echter of *de frequentie* waarop zij zijn afgestemd wel zo goed gekozen is. Laten we kort naar drie populaire middenfrequenties kijken: 3,2 (Collins, R&S) en 5 MHz (Atlas) en 45 MHz:

relatie	mf = 3,2	mf = 5	mf = 45
RF/mf	ongewenst:	ongewenst:	ongewenst:
1/5	0,64 MHz	1 MHz	9 MHz
1/4	0,8 MHz	1,25 MHz	11,25 MHz
1/3	1,07 MHz	1,67 MHz	15 MHz
1/2	1,6 MHz	2,5 MHz	22,5 MHz
2/3	2,14 MHz	3,33 MHz	30 MHz
1	3,2 MHz	5 MHz	45 MHz
3/2	4,8 MHz	7,5 MHz	
2	6,2 MHz	10 MHz	
3	9,6 MHz	15 MHz	Tabel 2
4	12,8 MHz	20 MHz	
5	16 MHz	25 MHz	

Kennelijk werkte er bij Collins een zendamateer aan de oude ontwerpen van ontvangers. 3,2 MHz lijkt zo gek nog niet, zelfs niet voor de Mark-banden. Vergis je echter niet. Draai het maar eens met mijn programma dan zie je dat bij deze lage mf een rigoureuze preselectie noodzakelijk is!

Hoe zit het dan met 5 MHz? Wel, 10 MHz is sowieso onbruikbaar. Van alle banden daarboven wordt ik ook niet vrolijk. De 40-meterband is perfect, 80 gaat goed en over 160 heb ik ook geen klagen. Dat klopt met mijn ervaringen met de Atlas.

En 45 MHz dan? Op de lagere banden is er natuurlijk geen vuiltje aan de lucht. Op 20, 15 en 10 meter zal de preselectie aan de bovenkant toch zeer goed moeten zijn.

Bovenstaande tabel-2 is slechts een grove benadering. Je hebt echt 'het programma' nodig om goed te kunnen oordelen. Door er veel mee 'te spelen' krijg je gevoel voor de juiste keuzen.

Een achterzet-ontvanger met convertors

Een andere methode is om een ontvanger te maken met een afstembare middenfrequentie, met andere woorden: een achterzet met convertors er voor. Ik heb al eens uitgepuzzeld dat een achterzet op 24,5 – 25,0 MHz heel goed uitkomt voor alle amateurbanden! Zo'n achterzet kun je optimaliseren met een goede preselectie en een goede oscillator. Je hoeft er per slot van rekening maar één van te maken. Een mf van 9 MHz is voor die achterzet uitstekend.

In de convertors kunnen Xtal-oscillatoren gebruikt worden zodat de faseruis daarvan eenvoudig klein te maken is. Wel bovenmengen natuurlijk. **Dat moet altijd!** Daar is mijn programma ook op gebaseerd.

Uiteraard moeten de mixers in de achterzet en de convertors een hoog IP3 hebben.

Kijk maar eens hoe goed die variabele 24 MHz mf uitpakt:

relatie	mf = 24,5 – 25,0 MHz
RF/mf	ongewenste RF-band:
1/5	4,90 – 5,00 MHz
1/4	6,12 – 6,25 MHz
1/3	8,17 – 8,33 MHz
1/2	12,25 – 12,50 MHz
2/3	16,34 – 16,66 MHz
1	24,50 – 25,00 MHz
3/2	36,75 – 37,50 MHz

Het enige ongewenste gebied dat middenin een amateurband valt is 24,5 - 25 MHz! Wat moeten we daar dan mee? Gewoon, DC² op de eerste mixer zetten of de convertor 'overslaan'. Verder is er geen ongewenst gebied dat enige amateurband bedreigt. Als ik nog eens een transceiver zou bouwen, deed ik het zó!

Hoe ik op zulke ideeën kom? Gewoon, je een beetje autistisch in een probleem vastbijten, niet los laten en, net als Douwe deed, veel lezen en er veel mee bezig zijn.

Wanneer zie ik het eerste ontwerp met twee middenfrequenties naast elkaar of met een variabele mf op 24 MHz? De laatste is echt perfect!

73 de Herbert, PA0SU.

² dat moet een heel schone gelijkspanning zijn!!