

HF-ontvangantennes voor reductie van lokale QRM (1)

Reductie van ontvangststoringen (met name lokale QRM) wordt een steeds belangrijker onderwerp voor de HF-radiozendamateur. Bestrijding van de oorzaak is niet alleen noodzakelijk, maar blijft ook de beste weg. Er zijn echter gevallen waarbij de bron niet ontstoord kan worden of waarbij dit niet toegestaan wordt. Een goede HF-zendantenne is primair gericht op een efficiënte uitstraling en dat gaat niet automatisch samen met de eisen die we stellen aan een goede ontvangantenne. Een aparte antenne voor ontvangst is zeker in een stad geen overbodige luxe. In deze aflevering een inventarisatie van de mogelijkheden.

Bestrijding van lokale QRM

In deze aflevering bekijken we allereerst de mogelijkheden om lokale QRM te verminderen. Daarna motiveren we de keuze voor een magnetische loop en gaan we in op het gedrag van zo'n loop met betrekking tot QRM-reductie.

Plaatsing

De beste plaats voor een RX-antenne is die met de grootste signaal-stoor verhouding. Meestal is dit de plaats die het verst verwijderd is van mogelijke stoorbronnen. Hoewel in een doorsnee tuin de haalbare afstanden beperkt zijn, kan dit vaak aanzienlijk bijdragen aan de verbetering van de ontvangst.

Koppelingen

Waar we bijzonder goed op moeten letten zijn de koppelingen van de antenne met de voedingskabels van de aanwezige voorversterker en/of rotor en met de mast waarop de antenne staat. Elke koppeling met een voedingskabel maakt dat deze onderdeel wordt van het antennesysteem. En deze kabel loopt naar de shack en kan in huis en op weg er naar toe dicht in de buurt van stoorbronnen komen. Alles wat die op zijn weg oppikt, wordt doorgegeven aan de antenne. Minimaliseren van koppelingen met andere objecten of antennes is lastig, want dit wil zeggen vergroting van de afstand. Hierbij moet je denken aan afstanden in de orde van een kwart van de golflengte of meer. En in een doorsnee tuin is de limiet al snel bereikt. Een methode die in veel gevallen meer kans op resultaat biedt is het gebruik van een gebalanceerde antenne, bijvoorbeeld een korte

dipool of kleine loop in combinatie met een symmetrische versterker.

Nabije-veldeigenschappen

Van een magnetische loop wordt beweerd dat die weinig storing ontvangt, omdat de loop in het nabije veld ongevoelig is voor het elektrische veld. Dit is niet overtuigend en wel om meerdere redenen.

Op de eerste plaats maakt het in het verre veld ($>\lambda/6$) niet meer uit of de storingsbron elektrisch of magnetisch van aard is. Zelfs op 80 meter zitten de meeste stoorbronnen in het verre veld. En in de meeste gevallen bestaat de storende bron uit de bedrading in een huis en de afmetingen daarvan zijn zodanig dat het opgewekte veld evengoed overwegend magnetisch als elektrisch kan zijn.

Stralingsdiagram (richtingsgevoeligheid)

Dit is een bijzonder effectieve knop voor het reduceren van storingen. Hierbij denken we al snel aan beams, beverages, rhombic of EWE/K9AY 'terminated loop' antennes, maar voor de lage banden komen die door hun afmetingen in een doorsnee tuin niet in aanmerking.

Een kleine verticale magnetische loop en een korte horizontale dipool hebben beide een achthoekig stralingsdiagram. Loodrecht op de loop en in het verlengde van de dipool zit een dip in de ontvangst. Deze dip vinden we onder een lage uitstralingshoek. Door de dip te richten op de stoorbron, is een sterke reductie ('nulling') haalbaar.

Polarisatie

De lokale storingen die wat verder weg zitten komen binnen via de grondgolf die hoofdzakelijk

Jan Simons, PA0SIM, Venlo
pa0sim@amsat.org

verticaal gepolariseerd is. Dit is in het voordeel van zuiver horizontaal gepolariseerde antennes zoals de horizontaal geplaatste magnetische loop (Alford/K6STI loop). Wanneer echter de belangrijkste en sterkste stoorbronnen dichtbij zitten is dit geen duidelijk argument meer.

Circulaire polarisatie

Een van de oorzaken van fading is 'polarisatie mismatch'. De signaal/storingsverhouding is te verbeteren door de verzwakking die hiervan het gevolg is op te heffen. Dit is mogelijk door de ontvangantenne circulair gepolariseerd te maken. Een 'turnstile' is hiervan een goed voorbeeld. Ook door twee loops loodrecht op elkaar te plaatsen en de uitgangssignalen van de bijbehorende versterkers 90 graden uit fase op te tellen, wordt circulaire polarisatie verkregen.

'Diversity' ontvangst (polarisatie en ruimtelijk)

Door twee antennes met verschillende polarisatie aan te sluiten op aparte ontvangers die onderling gesynchroniseerd zijn, krijgen we beide polarisaties te horen. Een signaal is sterker dan het andere of ze zijn beide ongeveer even sterk. Het signaal kan daardoor niet meer volledig wegvallen door polarisatie mismatch. Dit is in feite een variant op circulaire polarisatie.

Door twee antennes die op een afstand van $\frac{1}{4}$ golflengte of verder van elkaar afstaan aan te sluiten op aparte ontvangers die onderling gesynchroniseerd zijn, kunnen we QSB tengevolge van multipad ontvangst reduceren ('spacial diversity reception').

Door twee antennes met verschillende polarisatie op een afstand van $\frac{1}{4}$ golflengte of verder van elkaar af te zetten, kunnen we én polarization én spacial diversity reception toepassen.

Storingsonderdrukking met twee antennes

Met twee (verschillende) antennes is het mogelijk om de signalen van beide antennes in fase en amplitude zo te regelen en op te tellen dat de stoorbron die door beide wordt opgevangen tot bijna nul wordt gereduceerd ('noise canceling'). Dit werkt bij twee antennes slechts voor één bron en niet voor meerdere bronnen. In principe kunnen we door antennes toe te voegen meerdere bronnen onderdrukken. In de praktijk is het instellen

soms al lastig voor één stoorbron, laat staan voor meerdere bronnen.

Gebruik van een 'array'

Wanneer we twee qua stralingskarakteristiek identieke antennes horizontaal op een zekere afstand van elkaar zetten met dezelfde oriëntatie, kunnen we door de beide signalen op te tellen het stralingsdiagram in belangrijke mate beïnvloeden. Afhankelijk van het ingestelde faseverschil onderdrukken we signalen uit bepaalde richtingen (azimutaal). Dit uit zich in een sterke richtingsgevoeligheid. Het voordeel is dat die onderdrukking opgaat voor alle signalen uit de betreffende richting. De azimutale hoek waaronder een significante onderdrukking bereikt kan worden, kan erg groot zijn. Met meer dan twee antennes gaat dit nog beter.

Samenvattend kunnen we stellen dat de overtuigendste knoppen zijn:

- voor QRM-minimalisatie: perfecte balancering en grootste afstand tot bronnen
- voor één QRM-bron: nulling of noise canceling
- voor meerdere QRM-bronnen: combinatie van nulling, noise canceling en/of directivity m.b.v. een array
- voor QSB reductie: circulaire polarisatie of polarization en spacial diversity reception.

Antennekeuze

Uit het voorgaande blijkt dat een geschikte ontvangantenne zeer goed gebalanceerd moet zijn en op grote afstand van stoorbronnen en andere objecten geplaatst moet kunnen worden. Een dip in het stralingsdiagram ten behoeve van 'nulling' blijkt erg zinvol. In een kleinere tuin pleit dit voor een kleine actieve draaibare antenne.

Willen we twee van deze antennes straks in combinatie gaan gebruiken voor spacial/polarization diversity en directivity (in een array), dan is breedbandigheid noodzakelijk.

In figuur 1 zien we drie kandidaat-antennesystemen getekend: de bekende actieve capacatieve staaf- of sprietantenne, de gebalan-

ceerde actieve dipool en de gebalanceerde actieve magnetische loop.

De actieve sprietantenne (a) heeft een slechte naam waar het betreft de gevoeligheid voor het oppikken van storingen. Dit komt niet door het elektrische karakter. De gevoeligheid wordt met name veroorzaakt door het puur ongebalanceerd zijn van deze antenne. De spriet vormt samen met de voedingskabel een verticale dipool die 'sterk asymmetrisch gevoed' wordt op de plaats van de versterker. De voedingskabel is dus een volwaardig onderdeel van dit antennesysteem. Daarom, maar ook omdat de staafantenne geen dip in het stralingsdiagram heeft, is dit een slechte kandidaat.

Door de spriet als een dipool uit te voeren (b), kan dit verbeterd worden. Ik verwacht weinig verschil tussen een actieve dipool en een verticale magnetische loop, mits ze beide perfect gebalanceerd zijn. Belangrijkste verschil is de polarisatie. In de richting van sterkste ontvangst is de loop verticaal gepolariseerd en de dipool horizontaal. De keuze tussen beide wordt vervolgens gedomineerd door de maakbaarheid van de balancering. Ik denk dat met een magnetische loop een betere balancering te realiseren is. Het ontwerp van een goed gebalanceerde, ruisarme en grootsignaalvaste versterker is voor hoge frequenties allesbehalve eenvoudig. Balancering met behulp van een trafo is voor een dipool een probleem, omdat de trafo samen met de capaciteit van de dipool voor resonantie zorgt. Trafokoppeling in combinatie met met een inductieve magnetische loop (c) heeft dit probleem in principe niet. Een magnetische loop gebalanceerd met behulp van een trafo aan de ingang, zo mogelijk in combinatie met een Faraday-scherm, heeft daarom de voorkeur.

Onder een magnetische loopantenne wordt verstaan een loop waarvan de omtrek veel kleiner is dan $\frac{1}{4}$ van de golflengte λ . We kunnen deze loop op verschillende manieren voor ontvangst gebruiken. Omdat de loop een zelfinductie vormt, wordt deze vaak in combinatie met een afstemcondensator gebruikt. Hierdoor wordt de loop smalbandig. Dit is een voor- en een nadeel. Zeker wanneer de con-

densator op afstand afgestemd moet worden, vergt dit nogal wat mechanische toestanden. Voordeel is natuurlijk dat de versterker die de loop nodig heeft eenvoudig kan zijn en dat de ontvanger minder te verduren krijgt.

Breedbandige versterking

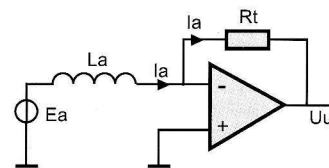


Fig.2. Breedbandige versterking met de loop als signaalbron

In figuur 2 is te zien hoe we het signaal breedbandig kunnen versterken. De loop wordt in eerste orde voorgesteld door de zelfinductie L_a en de in de loop geïnduceerde signaalspanning door E_a . De ingang van de versterker sluit de loop virtueel kort. De stroom I_a loopt ook door de terugkoppelweerstand R_t . De uitgangsspanning is dan:

$$U_u = I_a \times R_t = \frac{E_a}{\omega L_a} \times R_t$$

Het mooie hiervan is dat er geen parasitaire resonanties zijn. De uitgangsspanning wordt alleen bepaald door E_a , door de inductie L_a van de loop en de terugkoppelweerstand R_t van de versterker. Erg clean en voorspelbaar.

De geïnduceerde spanning E_a kunnen we berekenen als functie van het E-veld:

$$E_a = \frac{A \times \omega \times E}{c} = \frac{A \times 2\pi \times E}{\lambda}$$

Hierin is A de oppervlakte van de loop, E de elektrische veldsterkte ter plaatse en c de lichtsnelheid.

Daarmee wordt de uitgangsspanning U_u :

$$U_u = \frac{A \times E \times R_t}{c \times L_a}$$

In een volgend artikel wordt een ontwerp van een dergelijke breedbandversterker voor een magnetische loop uitgebreid besproken.

Vormgeving van de loop

Hiervoor hebben we enkele keuzes: cirkelvormig of vierkant, dunne draad of dikke buis. Wanneer je loops bij deze manier van versterken eerlijk wilt vergelijken, dan gaat het om het product van de zelfinductie L_a en de stroom in het kwadraat (I_a^2). Zeg maar de energie die in de loop zit. Hieruit volgt dat voor het ontwerp van de loop van belang is

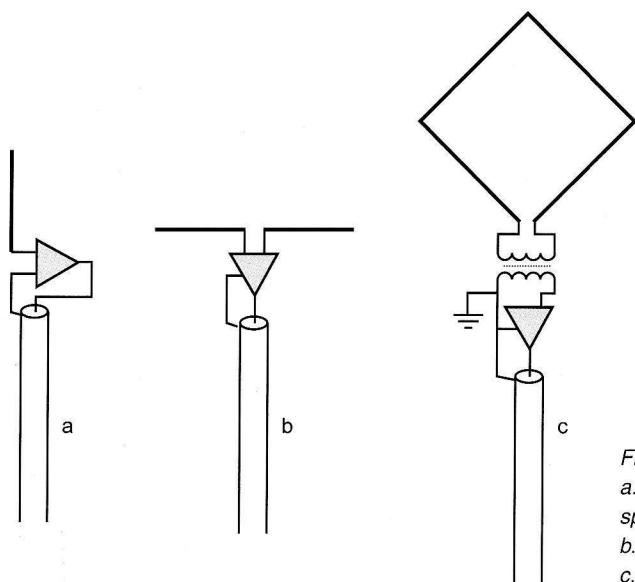


Fig.1. Drie actieve antennes:

- capacatieve staaf- of sprietantenne
- gebalanceerde korte dipool
- gebalanceerde kleine loop

de verhouding van oppervlak in het kwadraat (A^2) en zelfinductie (L_a).

Opgemerkt moet worden dat de verliesweerstand hier niet in zit. Ten opzichte van de reactantie van de zelfinductie is deze weerstand normaal gesproken altijd verwaarloosbaar.

Ik hanteer de volgende formules voor de zelfinductie in μH van een cirkelvormige en van een vierkante (ruitvormige) loop:

$$L_{a,\text{cirkel}} = 0,2 \times \ell \times \left[\ln \left(4000 \times \frac{\ell}{d} \right) - 2,451 \right]$$

$$L_{a,\text{vierkant}} = 0,2 \times \ell \times \left[\ln \left(4000 \times \frac{\ell}{d} \right) - 2,853 \right]$$

Hierin zijn ℓ [m] de omtrek en d [mm] de diameter van de draad of de buis.

Dezelfde verhouding A^2/L_a geven een cirkelvormige loop met een looppdiameter van 1,35 m en met buisdiameter van 10 mm en een vierkante loop van 1,35 m bij 1,35 m met een draaddiameter van 2 mm. Zelfinducties zijn dan 4,2 μH resp. 7,4 μH .

Er is geen reden om voor een cirkelvormige loop met dikke buis te kiezen. Die is qua constructie alleen maar moeilijk en zwaar. Voordelen van de vierkante loop met dunne draad (1-2 mm) zijn de eenvoudige constructie, het lichte gewicht en het vangt weinig wind. Nog handiger is het wanneer we dit in een ruitvorm uitvoeren zoals in figuur 1c. getekend is.

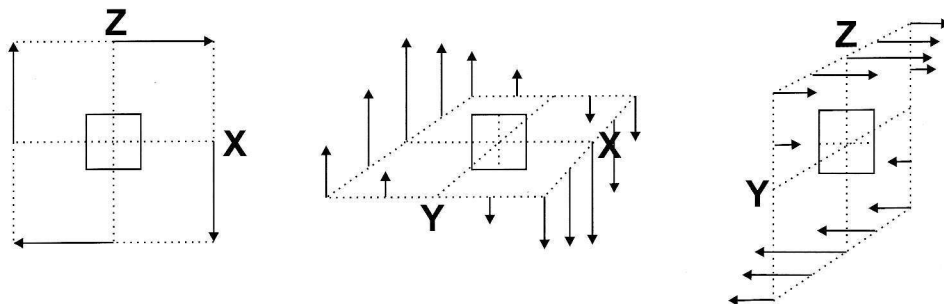


Fig. 3. Polarisation in the main planes of the loop

Belangrijk in het hele verhaal is het feit dat in het verre veld de polarisatie in het YZ-vlak (loodrecht op de loop, diprichting) horizontaal is en in het XZ-vlak (in het verlengde van de loop) verticaal.

Stellen we ons een verticaal geplaatste vierkante loop voor zoals is weergegeven in figuur 3.

In het YZ-vlak zijn het de verticale ribben die elkaars straling opheffen omdat de stromen tegengesteld zijn. Loodrecht op de loop is dus geen verticale polarisatie mogelijk.

Wanneer we in het verlengde van de loop (het XZ-vlak) naar de antenne kijken zien we alleen een verticale lijn. In die richting is daarom alleen verticale polarisatie mogelijk. Op punten die niet in een van deze vlakken liggen komen beide polarisaties in verschillende verhoudingen voor.

De magnetische loop in de Alford-uitvoering

Een minder bekende uitvoeringsvorm is de loop die gebruik maakt van een Alford-ach-

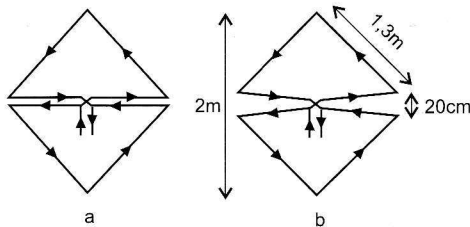


Fig. 4. De Alford-loop

b. De aangepaste vormgeving

a. De oorspronkelijke vorm voor minimale parasitaire capaciteit

tige manier van aansturing. K6STI heeft voor zijn loop deze methode ook gebruikt. Bij de Alford-loop wordt de loop op twee tegenoverliggende plaatsen symmetrisch gevoed (figuur 4). De dipoolmode wordt hierdoor onderdrukt en de antenne gedraagt zich qua stralingsdiagram zuiver als een kleine loop. De oorspronkelijke Alford/K6STI-loop gebruikt een open lijn (lintkabel) voor de aansturing. Nadeel hiervan is de capaciteit die hierdoor geïntroduceerd wordt. De twee feedderhelften in het midden van de loop vormen een ongewenste capaciteit en samen met de zelfinductie van ongeveer 3,5 μH krijgen we een sterke resonantie rond de 15 meter band. Dit effect kunnen we minimaliseren door de loop te modificeren zoals weergegeven is in figuur 4b.

De 'gevoeligheid' van de antenne wordt hier-

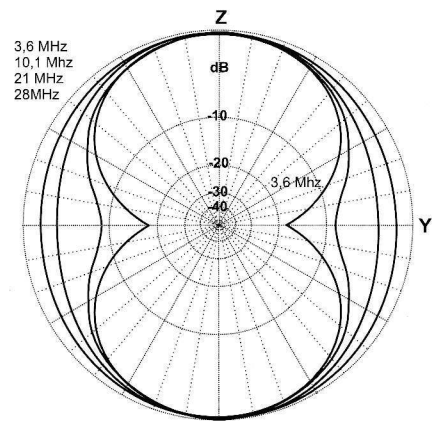


Fig. 5. Stralingsdiagrammen in de vrije ruimte, in het YZ-vlak (horizontale polarisatie) boven: normale loop van 1,3x1,3 m² onder: Alford-loop van 1,3x1,3 m²

Bij de Alford-loop is duidelijk te zien dat de dip zeer diep blijft. We zien alléén de horizontale component. De verticale component is verwaarloosbaar klein.

Boven 'real ground'

In de praktijk zitten we natuurlijk niet in de vrije ruimte. De uiteindelijke praktische dip-eigenschappen moeten zichtbaar zijn in de

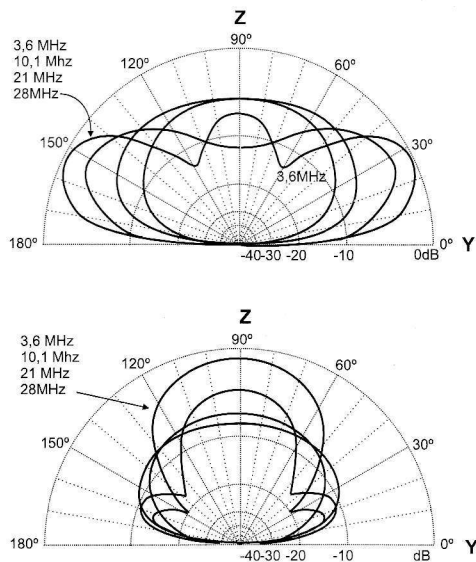


Fig. 6. Stralingsdiagrammen boven aarde, in het YZ-vlak (horizontale polarisatie) boven: normale loop, onder: Alford-loop

Het stralingsdiagram

In de vrije ruimte

Het stralingsdiagram in de vrije ruimte zegt iets over de maximaal haalbare diepte van de dip.

In figuur 5 zijn de stralingsdiagrammen voor verschillende frequenties weergegeven, loodrecht op de normale en op de Alford-loop (het YZ-vlak in fig. 3).

Bij de normale loop zien we dat de diepte van de dip sterk afneemt naarmate de frequentie toeneemt. Bij 10,1 MHz is de dip al niet meer dan 10 dB.

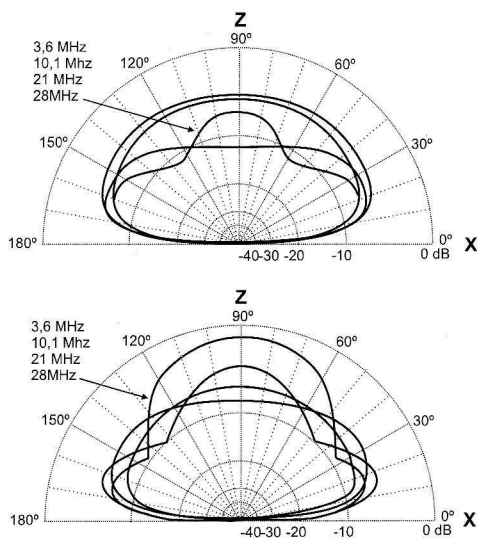


Fig.7. Stralingsdiagrammen boven aarde, in het XZ-vlak (verticale polarisatie)
boven: normale loop, onder: Alford-loop

stralingsdiagrammen boven 'real ground'. Bij de normaal aangestuurde loop gaat bij toenemende frequentie de grootte ten opzichte van de golflengte een niet te verwaarlozen rol spelen. De Alford-loop blijft zich gedragen als een kleine loop. Dit moet ook terug te zien zijn in de stralingsdiagrammen. In figuur 6 en 7 zijn deze diagrammen weer gegeven voor de beide loops op 4 meter hoogte. De buitenste ring is 6 dBi. Houd in gedachten dat we loodrecht op de

loop de horizontaal gepolariseerde component zien en in het verlengde van de loop de verticale component.

Samenvattend kunnen we constateren:

- loodrecht op de loop zijn beide antennes ongevoelig voor verticaal gepolariseerde straling;
- voor horizontale polarisatie ligt de dip in het verlengde van de loop;
- voor horizontale polarisatie laat de normale loop al in het ideale geval (free space) bij toenemende frequentie een sterk afnemende dip zien loodrecht op de loop (dipool-effect), dit in tegenstelling tot de Alford-loop;
- boven 'real ground' ondervinden beide loops een reductie in de dip loodrecht op de loop;
- bij de Alford-loop is dit alleen het gevolg van de grondreflectie;
- bij de normale loop spelen zowel grondreflectie als dipool-effect hierbij een rol;
- de reductie ten gevolge van de grondreflectie is afhankelijk van de loophoogte, frequentie en grondeigenschappen;
- voor polarisaties tussen puur horizontaal en puur verticaal ligt de richting van de dip tussen loodrecht op de loop en het verlengde van de loop.

Randvoorwaarden voor een diepe dip en een sterke QRM-reductie zijn:

- een puntvormige stoorbron (niet groot en dichtbij, geen meerdere kopiebronnen uit

verschillende richtingen, zoveel mogelijk op dezelfde hoogte als de antenne);

- een onaangetast stralingsdiagram van de loop (geén koppelingen met andere antennes, masten, voedingskabels, etc.).

Ik heb zelf een voorkeur voor de Alford-loop, omdat die de beste potenties heeft om ook een horizontaal gepolariseerde stoorcomponent te kunnen onderdrukken. Het hele verhaal draait tenslotte om onderdrukking van stoorbronnen.

Met name voor de hogere banden blijkt het stralingsdiagram van de Alford loop wat minder fraai en zou je de loop lager willen plaatsen. De extra gain loodrecht naar boven op 28 MHz (4...6 dB) heeft tenslotte weinig nut. De plaatsingshoogte is altijd een compromis, omdat je voor de lagere banden en in een bebouwde omgeving die hoogte vaak wel wil hebben.

Tot zover deze theoretische overwegingen. In een volgende aflevering komt de praktische realisatie aan de orde.



Agenda PI4AA

In dit jubileumjaar voor PI4AA in de komende maand weer veel activiteiten. Alle informatie hierover vindt u op onze website:
www.veron.nl/pi4aa

Het uitzendschema voor de maandagavond ziet er als volgt uit:
20.30 - 21.00 Radio AA (80 en 20 meter, 2 meter)
21.00 - 21.15 Crew QRV op 80, 20 en 2 meter.
21.15 - 21.45 Radio AA (herhaling) (80 meter, 70 cm)
21.45 - 22.00 Digitale uitzendingen (80 meter)
Frequenties: 80m: 3,603 MHz, 20m: 14,120 MHz (20.30 - 21.05).
2m: 145,787.5 MHz via PI3AMF van 20.30 - 21.15. 70 cm: 430,050 MHz van 21.15 - 21.45.

Het informatieprogramma Radio AA wordt ook door diverse afdelingen op andere tijden, locaties en frequenties uitgezonden. Raadpleeg uw afdeling.

Het schema voor de digitale uitzendmodes is als volgt:
26 jan MFSK 16; 2 feb RTTY; 9 feb PSK31 + CW (Multicast); 16 feb Hell; 23 feb SSTV; 1 mrt MT63; 8 mrt Amtor B; 15 mrt PSK63F; 22 mrt MFSK 16; 29 mrt RTTY; 5 apr PSK31 + CW (Multicast); 12 apr Hell.

Nog even dit. Misschien zijn er in uw regio amateurs die bijzondere activiteiten op het gebied van amateurradio doen. Het is al-



tijd interessant genoeg voor anderen om daar iets meer van te weten. Geef het door aan Radio AA dan maken wij daar een reportage of interview mee.

Radio AA is via de VERON-site in Real-Audio en MP3-formaat te downloaden.

Tip: Er vindt deze maand weer de PACC contest plaats. Haal de gratis geheel vernieuwde software versie op dan kan er met het loggen van de contest niets mis gaan.

Info: telefoon/fax (033) 494 22 39.
Tijdens de uitzending (033) 432 39 31.

First operator: Evert Beitler, PA3AYQ
Email: ebeitler@hetnet.nl of pi4aa@veron.nl
Calabrie 3, 3831 EB LEUSDEN
Tel/fax: (033) 494 22 39

HF-ontvangantennes voor reductie van lokale QRM (2)

In deze aflevering komen de praktische uitvoering van de loop en de versterker aan de orde. We besluiten met een overzicht van de belangrijkste elektrische eigenschappen en de toepassingsmogelijkheden van deze antenne.

De loop

Te zien is dat de keuze is gevallen op de Alford-loop. Die heeft de beste potenties om ook een horizontaal gepolariseerde stoorcomponent te onderdrukken. Met deze loop hebben we ook bij de hogere frequenties de grootste kans op een diepe dip ten behoeve van 'nulling'.

De afmetingen zijn niet kritisch. De vorm van de loop hoeft niet per se exact vierkant te zijn, zolang de loop maar symmetrisch is ten opzichte van de horizontale en verticale diagonaal. Iets smaller en hoger is geen probleem. De gebruikte draaddikte is 1 à 2 mm en daarmee blijft de loop licht van gewicht. Figuren 8 en 9 geven een idee van de opbouw van de mast.

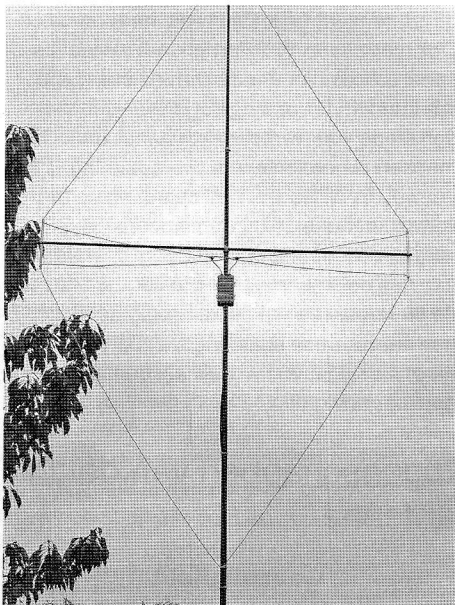


Fig.9. De Alford-loop op zijn plaats

De versterker

De schakeling

In het eerste deel van deze serie bleek dat de breedband actieve loopantenne een goede kandidaat is voor de aanpak van lokale QRM. Het probleem wordt dan verlegd naar de ont-

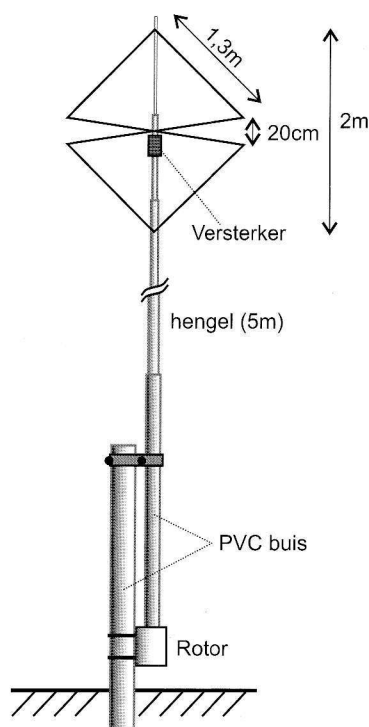


Fig.8. Constructie van de mast

wikkeling van een breedbandversterker. In figuur 10 (zie pagina 158) is het schema van de versterker getekend. Hoewel niet al te complex, denk ik dat het toch niet erg geschikt is als beginnersproject.

De versterker is van het transimpedantie-type. De stroom door de loop wordt via een impedantie (de terugkoppeling) omgezet in een spanning. De loop wordt virtueel kortgesloten.

De versterker bestaat uit drie trappen. Transistor Q1 vormt de eerste trap die geoptimaliseerd is voor ruis. Q3 in de laatste trap moet in staat zijn het uitgangsvermogen te leveren. De niet-inverterende tweede trap zorgt samen met de beide andere trappen voor de versterking die nodig is voor een goed groot-sig-naalgedrag van de versterker. De tweede trap bestaat uit Q2 en Q22.

De terugkoppeling wordt gevormd door R_{gain} en C_{sgain} . C_{sgain} speelt tevens een rol bij de stabilisatie. Voor stabilisatie van de versterker

Jan Simons, PA0SIM
pa0sim@amsat.org

zijn verder nog toegevoegd C_{s1} , C_{s2} , C_{s3} , R_{s1} , R_{s2} , R_{s3} , R_{sb} en C_{sb} .

De transistoren Q5 en Q6 regelen de gelijkstroominstelling van de versterker. Deze biasregeling is op QSK-bedrijf berekend. De versterker herstelt zeer snel na een overload. De tijdconstantes die met de condensatoren C_{b1} en C_{b2} worden gemaakt, zijn zo gekozen dat het in- en uitschakelen van de versterker geen problemen kan vormen voor de transistoren.

De eerste trap van de versterker is ingesteld op 3 mA, de tweede trap op 2 maal 10 mA en de laatste trap op 40 mA.

De ingang van de versterker is beveiligd voor overload met de diodes D1, D2 en D3.

Met het filternetwerk C_{f1} , C_{f2} en R_{f1} , R_{f2} worden alle frequenties lager dan de middengolf op een gedempte manier uitgefilterd.

Het VHF-notch/LP-filter filtert rond de FM-band. Dit filter is alleen noodzakelijk indien er sterke VHF-zenders dicht in de buurt staan. De trafo TX1 in combinatie met het Faradayscherm zorgt voor een hoge common-mode onderdrukking (>30 dB).

Het filternetwerk aan de ingang met R_{sr} en C_{sr} dempt de resonantie die ontstaat door de grootte van de loop bij 28 MHz.

De 50 Ω uitgangsimpedantie wordt 'brute-force' gemaakt met R_{out} .

Uitvoering van trafo en Faradayscherm

Het ontwerp van de trafo is gericht op maximale balancerings en minimale koppeling tussen de primaire en secundaire windingen. We willen de loop maximaal scheiden van de versterker, de coaxkabel en mast.

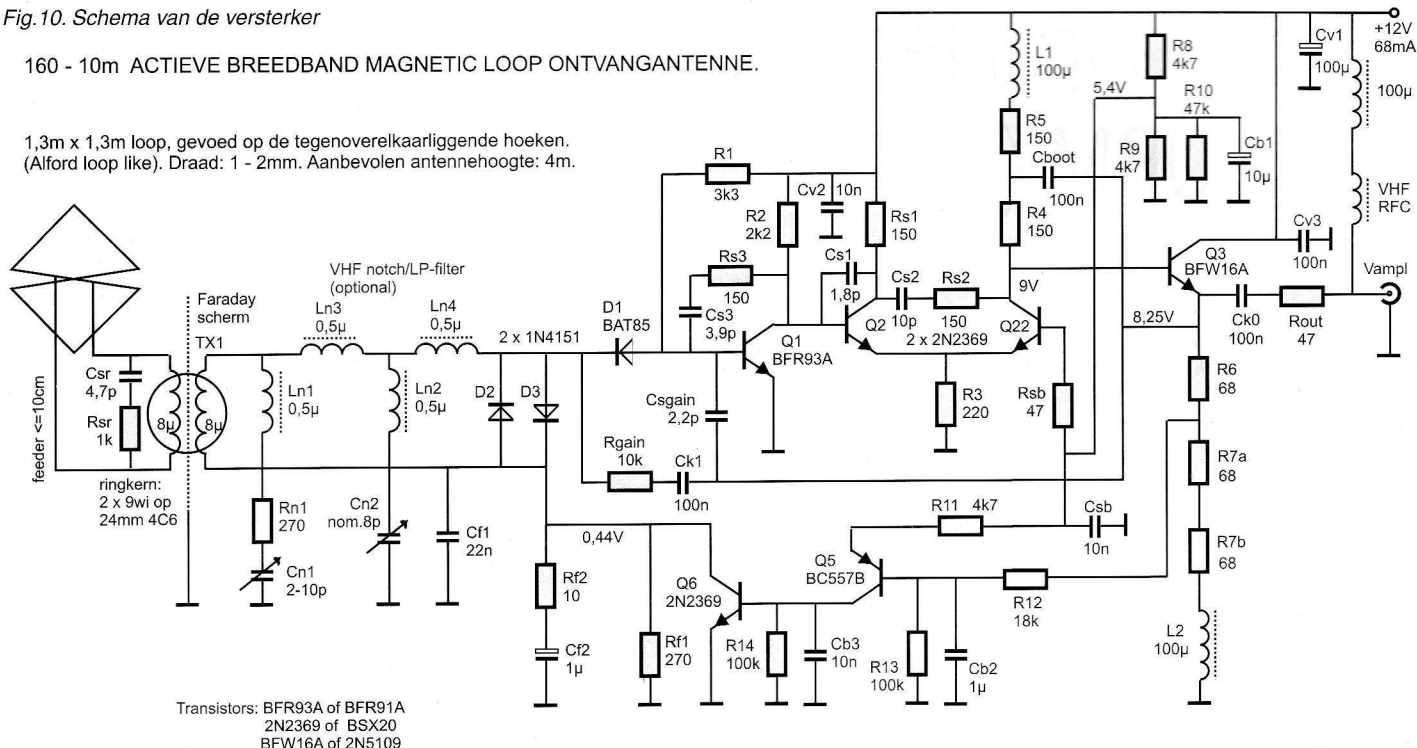
In principe komen we voor HF een heel eind zonder Faradayscherm. Maar met name voor VHF kan de kleine capacitieve koppeling van 0,5 tot 1 pF tussen de beide windingen voor meer inkoppeling zorgen dan we willen. De zelfinducties liggen rond de 8 μH en samen met die capacitieve koppeling kan dit door resonanties laagohmig worden. En vergeet niet dat de loop op VHF een prima verticale straler kan vormen waarbij de onderkant hoogohmig is en hoge spanningspieken kan genereren.

Het Faradayscherm kan op meerdere manieren gemaakt worden. Gekozen is voor een scherm dat gevormd wordt door de metalen behuizing van de versterker. De ringkern wordt voor de helft (primaire kant) buiten de behuizing gehouden. De secundaire kant

Fig.10. Schema van de versterker

160 - 10m ACTIEVE BREEDBAND MAGNETIC LOOP ONTVANGANTENNE.

1,3m x 1,3m loop, gevoed op de tegenoverelkaarliggende hoeken.
(Alford loop like). Draad: 1 - 2mm. Aanbevolen antennehoogte: 4m.



blijft binnen. De ferrietring wordt via twee gaten in de behuizing doorgevoerd. Door een spleet aan te brengen in het midden tussen beide doorvoeren, wordt voorkomen dat het scherm kortgesloten windingen vormt. Zie figuur 11 en 12.

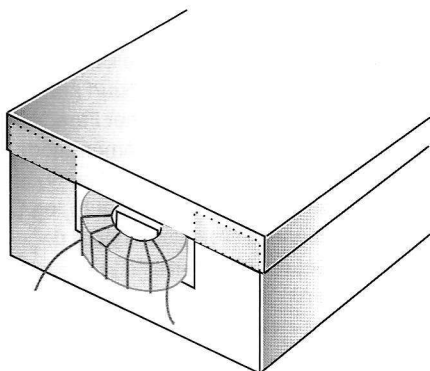


Fig.11. Uitvoering van het Faradayscherm

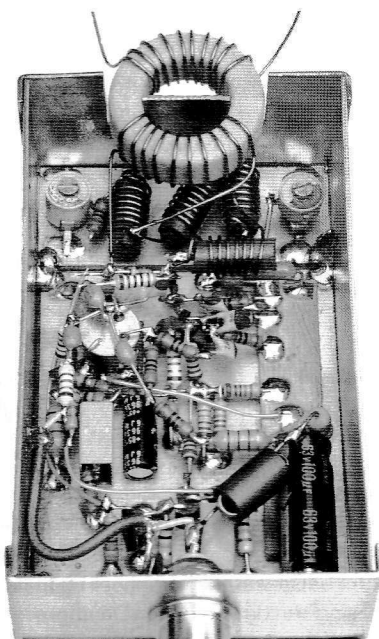


Fig.12. Een blik op de versterker

Lay-out en constructie van de versterker

Accenten bij de opbouw van de versterker liggen op een (V)HF-opbouw en ont koppeling. Het schema geeft hints voor de plaatsing van componenten, zoals ont koppelcondensatoren.

Om instabiliteit (oscillatie) te voorkomen dient de versterker zo compact mogelijk gebouwd te worden dat wil zeggen met minimale lengte van bedrading. Parasitaire zelfinducties moeten geminimaliseerd worden. Het kan hiervoor helpen om bijvoorbeeld transistoren op de kop te plaatsen.

De afstand tussen uitgang en ingang moet klein blijven in verband met parasitaire zelfinductie in serie met de $C_{s\text{gain}}$. Twee andere extra gevoelige punten voor parasitaire zelfinductie zijn de emitter van Q1 en de basis van Q22. De biasregeling (Q5, Q6) is minder kritisch en mag buiten de versterker geplaatst worden. Dit geeft vrijheid bij de plaatsing van de versterkercomponenten.

Voeding via de coaxkabel

Op dezelfde manier als bij andere ontwerpen van actieve antennes is ook hier de voeding via de coaxkabel verzorgd (figuur 13).

In de versterker is de uitgang via een koppel-C aangesloten op de coax en dus voor gelijkspanning gescheiden. De versterker wordt gevoed via twee smoorspoelen. De eerste

spoel, die met de binnenader van de coax verbonden is, is een VHF-ferrietkraal. Vervolgens staat er nog een smoorspoel in serie van 100 µH.

Aan de andere kant van de coaxkabel wordt het signaal weer gescheiden met een koppelcondensator in combinatie met een weerstand van 10k naar aarde aan de ingang van de ontvanger. Deze weerstand is niet noodzakelijk, maar zorgt ervoor dat er geen hoge gelijkspanning op de ingang van de ontvanger kan komen staan (soort 'bleeder').

De voedingsspanning wordt ook hier weer op de binnenader gezet via twee smoorspoelen. Ook hier zit een VHF-ferrietkraal als laatste spoel aan de binnenader van de coaxkabel. We kunnen de voeding nog beveiligen met een diode voor verkeerd-om aansluiten. Of met een zenerdiode voor overspanning. Let wel op: willen we 12 V spanning op de versterker aanbieden, dan moeten we rekening houden met de gelijkstroomweerstand van de smoorspoelen. In combinatie met de 68 mA die de versterker nodig heeft, zorgen die voor een spanningsval. De voeding moet dan ingesteld worden op een iets hogere spanning dan 12 V.

Eigenschappen van de antenne

Gevoeligheid

In figuur 14 is de totale overdracht van loopstroom naar uitgangsspanning weergegeven zoals deze door PSpice werd gesimuleerd.

Hierbij is uitgegaan van de Alford-loop. Die laat iets sterker dan de normale loop een resonantie zien rond 28 MHz. De gevolgen van de terugkoppelcondensator C_{gain} zien we vanaf

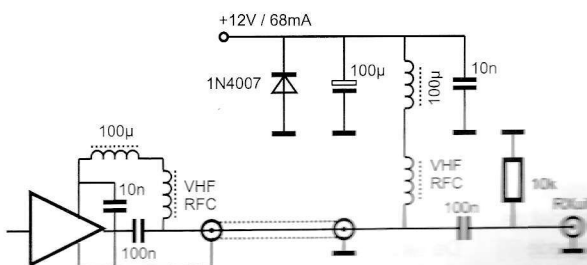


Fig.13. Voeding van de versterker via de coaxkabel

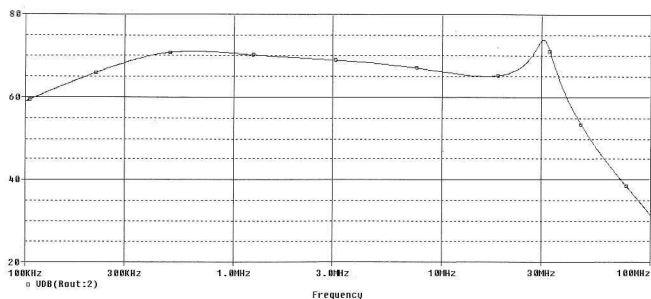


Fig. 14. Overdracht van de loopstroom I_a van de Alford-loop naar de uitgangsspanning U_o van de versterker

ongeveer 7 MHz als een afnemende versterking bij toenemende frequentie. Globaal geeft de loop bij $R_{\text{gain}} = 10\text{ k}\Omega$ op de lagere banden ten opzichte van de ideale halve-golfdipool tot maximaal 15 dB minder signaal op 80m. Bij een laaggeplaatste dipool met niet te verwaarlozen verliezen in de grond is dit verschil beduidend kleiner en zijn de signaalsterktes vergelijkbaar.

Voor de hoogste banden geeft de loop iets meer signaal, op 28 MHz tot 10 dB meer. De capaciteit C_{sgain} die over de terugkoppelweerstand R_{gain} staat reduceert dit effect voor de hogere banden. Voordeel van de keuze voor een R_{gain} in de terugkoppeling is dat de signaalsterktes in het moeilijkste gebied, namelijk onder 10 MHz, begrensd worden tot niet groter dan nodig. Het gaat tenslotte om de signaal/ruis cq. signaal/storingverhouding. We voorkomen dat de versterker te grote signalen moet kunnen verwerken, maar ook dat de aangesloten ontvanger die aangeboden krijgt.

De resonantie rond 30 MHz is een gevolg van het niet-ideale gedrag van de ingangstrafo. De koppelfactor daarvan is 0,8 à 0,9.

Ruis en groot-signaalgedrag

Het ruisgedrag van de versterker is berekend en vergeleken met de ruisniveau's die door de ITU voor de verschillende locaties gegeven worden. De ITU geeft ruisniveau's voor een dichtbevolkte omgeving (residential), een landelijke omgeving (rural) en een rustige landelijke omgeving (quiet rural). Globaal blijkt de ruis die de versterker bijdraagt 6...10 dB onder de landelijke en dichtbevolkte niveau's te liggen en ongeveer 10 dB boven het rustige landelijke niveau. In een rustige landelijke omgeving overheerst dan de ruis van de versterker. Maar dat is geen probleem, omdat je daar de loop niet nodig hebt. De loop is alleen interessant in een dichtbevolkte omgeving. In de praktijk blijkt de ruis van de versterker geen probleem te zijn, zelfs niet buitenaf in een dorp. De omgevingsruis overheerst op alle banden.

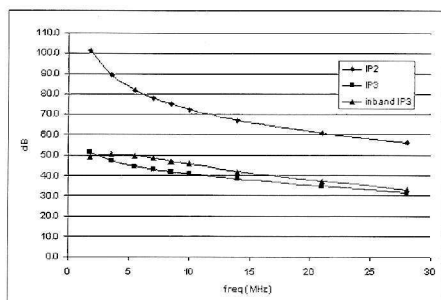


Fig. 15. Intermodulatiegedrag van de versterker, berekend m.b.v. PSpice

In figuur 15 is het berekende groot-signaalgedrag weergegeven. Uitgangspunt bij het ontwerp was minstens een IP2 van +70 dB en een IP3 van +40 dB. Dat is een voldoende niveau om geen last te hebben van intermodulatie. Op zichzelf zegt dit nog niet alles, omdat het uitgangsniveau afhankelijk is van de ingestelde versterking. In het meest relevante deel van het frequentiegebied, namelijk onder 14 MHz, ligt IP2 boven het target van 70 dB en IP3 boven 40 dB. Deze getallen zijn niet gemeten, daar heb ik de apparatuur niet voor. In de praktijk is geen intermodulatie te horen, ook al ga je het opzoeken.

Resultaten

In het eerste deel was al te zien dat een combinatie van twee antennes extra mogelijkheden in petto heeft om QRM te verminderen (noise canceling/ directivity) of het gewenste signaal te versterken (spacial/polarization diversity reception). Die belofte wordt in de praktijk zeker waargemaakt. Een combinatie van twee roteerbare loops blijkt een krachtig middel voor een betere ontvangst in een stad. Maar ook dit middel heeft helaas zijn grenzen. Te veel storbronnen met S9+, zoals PLC belooft, zijn ook met twee of meer loops niet te bestrijden.

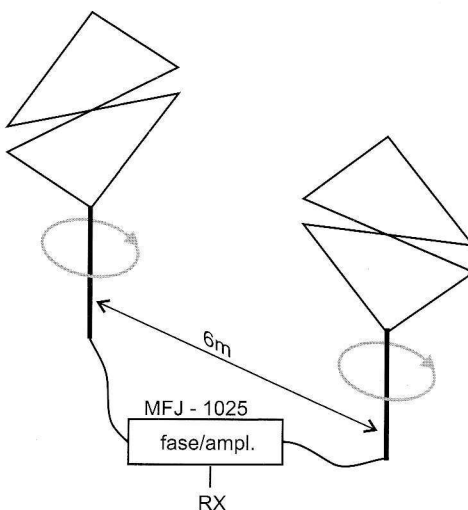


Fig. 16. Twee roteerbare Alford-loops op 6 m afstand van elkaar en op 4 m hoogte (niet op schaal)

Met twee roteerbare actieve breedband magnetische loops kunnen we twee of meer storingen onderdrukken, omdat we twee dingen tegelijk kunnen uitvoeren nl.:

- of nulling met beide loops en noise canceling

- of nulling met beide loops en directivity (array)*
- of nulling met beide loops en diversity reception (spacial/polarization)*
- of nulling met beide loops en circulaire polarisatie in één bepaalde richting

* Meestal zullen beide loops na nulling ongeveer dezelfde stand hebben, maar dat hoeft zeker niet zo te zijn. Voor een array moeten ze dezelfde stand hebben. Diversity reception voor polarization is alleen mogelijk wanneer beide loops niet dezelfde stand hebben.

Noise cancelling

Met twee loops, bij voorkeur loodrecht op elkaar, is elke storing te onderdrukken. Wanneer we de beschikking hebben over twee willekeurige antennes die beide het ongewenste storende signaal ontvangen, dan kunnen we door de signalen van beide antennes op te tellen de storing onderdrukken. Hiervoor moeten we de onderlinge fase en amplitude zodanig instellen dat het storende signaal van de ene antenne precies in tegenfase is met en dezelfde amplitude heeft als het storende signaal van de andere antenne. Deze fase- en amplituderegeling is ingebouwd in de MFJ-1025. Helaas staat de prijs daarvan in geen verhouding tot de prestaties. Bij gebrek aan beter is deze met de loops in gebruik.

Circulaire polarisatie

Het is mogelijk met twee loops die loodrecht op elkaar staan circulair gepolariseerd te ontvangen. In principe moeten hiervoor beide loops op dezelfde plek en hoogte staan. Volgens worden beide signalen met een faseverschil van 90 graden opgeteld. De turnstile antenne doet hetzelfde met twee dipolen. Dit effect is richtingsafhankelijk ook in te stellen met twee loops die loodrecht op elkaar staan en niet op dezelfde plaats en hoogte. Probleem hierbij is echter het vinden van de juiste fase voor de gewenste richting. Gelukkig hebben we een alternatief in de vorm van diversity reception. Nadeel van diversity reception ten opzichte van circulaire polarisatie is dat er twee ontvangers nodig zijn of er handmatig geschakeld moet worden.

Directivity met een array

Richtinggevoeligheid is een bijzonder effectieve knop.

Wanneer we de beschikking hebben over twee of meer identieke antennes, dan kunnen we die gebruiken in een array. In een array worden de signalen van alle antennes zodanig in fase en amplitude opgeteld dat het gewenste stralingsdiagram verkregen wordt. De antennes moeten qua stralingsdiagram identiek zijn, omdat we gebruik maken van sommatie van de velden van alle antennes. Behalve veldsterkte is ook de polarisatierichting dan van belang. We kunnen bijvoorbeeld een verticaal gepolariseerd veld niet compenseren met een horizontaal gepolariseerd antenne. Voor directivity moeten

beide loops daarom dezelfde stand hebben. Voor noise-canceling is dit niet noodzakelijk, omdat een stoorbron die dicht in de buurt zit een vaste polarisatie heeft. Beide loops ontvangen dan in een vaste verhouding en met een vast faseverschil de stoorbron. We kunnen dan deze stoorbron onderdrukken door de signalen van beide loops van elkaar af te trekken met correctie voor dit vaste faseverschil en voor deze vaste verhouding.

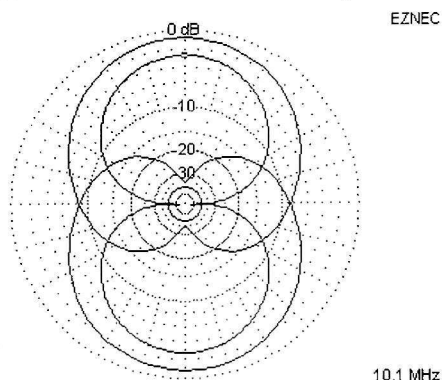


Fig. 17. Mogelijkheden voor 'nulling' met een array van twee loops (10,1 MHz, azimut plot @ 30° elevatie)

In figuur 17 is te zien wat er met twee loops azimutaal mogelijk is. Beide Alford-loops staan in elkaars verlengde op een afstand van 6 meter en op 4 meter hoogte. Frequentie is 10,1 MHz.

Met twee loops kun je onderdrukken:

- het 'noorden' (optelling met 115° faseverschil)
- het 'zuiden' (optelling met -115° faseverschil)
- het 'oosten' en 'westen' (optelling met 180° faseverschil)

De richting van de as waarop de loops staan is bepalend voor de voorkeursrichtingen die we kunnen instellen. In figuur 17 loopt de as van noord naar zuid. De loops staan voor directiviteit beide in dezelfde stand gedraaid. Wanneer we ons beperken tot twee loops, moeten we vooraf kiezen welke voorkeursrichting we wensen. Bij de plaatsing moeten we proberen koppeling met andere antennes zo klein mogelijk te houden. Deze koppeling is meestal afhankelijk van de stand waarin een loop staat. Soms is door de stand aan te passen een koppeling te minimaliseren. We kunnen deze richtingsgevoeligheid prima gebruiken voor het onderdrukken van alle storende bronnen die uit een bepaalde richting komen. Of dit nu lokale stoorbronnen zijn of DX-stations. Op de overvolle 40 meter band zijn bijvoorbeeld G en DL stations te scheiden.

Wanneer de storing uit dezelfde richting komt als het gewenste signaal, dan levert dit niets op. Beide bronnen worden dan onderdrukt en de signaal/stoorverhouding wordt er niet beter op.

De afstand tussen de loops speelt een belangrijke rol. Deze moet groter zijn dan 1/8 van de golflengte en kleiner dan 1/2 golflengte. Veel groter dan 1/2 golflengte geeft alleen maar zijlobben in het stralingsdiagram. Kleiner dan 1/8 golflengte geeft te veel signaalverlies.

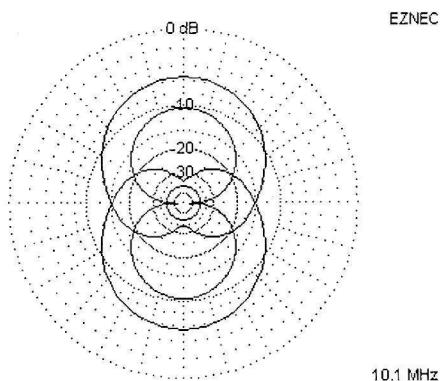


Fig. 18. Als figuur 17, maar nu voor 3,6 MHz

In figuur 18 zijn de gevolgen van een te kleine afstand zichtbaar voor 3,6 MHz. De afstand van 6 meter tussen de loops is ongeveer 1/14 van de golflengte. Voor noord en zuid is het faseverschil ca. 156°, bijna 180° dus. Het effect uit zich in een lagere gevoeligheid van het array. Wanneer beide loops 180° uit fase bedreven worden, verliezen we ten opzichte van de 0° situatie 8 dB of méér, afhankelijk van de elevatiehoek (de average gain is ca. 8 dB lager).

Diversity reception

In veel gevallen blijkt dit een effectieve knop te zijn om QSB mee op te vangen.

Wanneer we de beschikking hebben over twee antennes met verschillende polarisatie, is er altijd een van die twee die de best passende polarisatie heeft voor het te ontvangen signaal. Dit kan op een bepaald moment de ene antenne zijn en even later de andere antenne, omdat in het algemeen de polarisatie op de kortegolf niet constant is.

Voor spacial diversity geldt hetzelfde. De kans dat twee antennes die op een bepaalde afstand van elkaar staan beide door multipad-ontvangst minder signaal ontvangen, is niet zo groot.

We kunnen diversity reception prima met twee loops uitvoeren. Er zijn dan twee verschillende situaties te onderscheiden.

- beide loops dezelfde oriëntatie
- beide loops loodrecht op elkaar

Twee loops loodrecht op elkaar geven de meeste kans op een goed signaal van één van de loops.

Wanneer beide loops dezelfde oriëntatie hebben, dan hebben ze ook dezelfde polarisatie voor elke richting. Ze ondervinden beide dezelfde QSB tengevolge van polarisatie diversity (wanneer de polarisatie fout is voor de ene loop, is die ook fout voor de andere loop). Een verschil in signaalsterkte wordt veroorzaakt door spacial diversity. In principe kunnen ook beide loops last hebben van spacial diversity. We kunnen dus niet onderscheiden waar een gelijktijdige variatie in signaalsterkte van beide loops door veroorzaakt wordt.

Wanneer de loops loodrecht op elkaar staan, dan kan het verschil zowel spacial zijn als polarisatie en een combinatie van beide. In principe kan de ene loop last hebben van spacial

diversity en de andere loop van polarisatie diversity.

De ontvangers

Voor spacial en polarization diversity reception zou je twee gesynchroniseerde ontvangers willen gebruiken. Door beide signalen stereo aan te bieden met een hoofdtelefoon, hoor je altijd het sterkste signaal. Dit kost dus een tweede gelijkwaardige ontvanger, maar dit geeft ook het fraaiste resultaat.

Gelukkig is er een goedkoper alternatief dat maar één ontvanger nodig heeft.

We zetten hiervoor beide loops loodrecht op elkaar. De signalen van beide loops worden opgeteld en aan één ontvanger aangeboden. We voegen een schakelaar toe waarmee we één van de signalen voordat we de optelling doen al dan niet inverteren, dus 180° draaien (bijvoorbeeld op de MFJ-1025 noise canceler). Handmatig selecteren we vervolgens regelmatig de stand voor maximaal signaal. Er is altijd één stand, niet continue dezelfde, waarbij de gezamenlijke polarisatie het best past en die het grootst mogelijke signaal geeft.

Conclusie

In de praktijk is de winst van de tweede loop zonder twijfel de moeite waard. Het werken met twee loops vergt wel enige vaardigheid. Maar al doende leer je hoe je de loops voor bepaalde omstandigheden het beste kunt inzetten. Je hebt nogal wat in te stellen. Ik heb zelf gemerkt dat een lijstje met instellingen per band steeds een goede start geeft. Het is jammer dat de MFJ1025 noise canceler ook slecht scoort op het reproduceren van een instelling. Hier is nog ruimte voor verbetering.

