

De pa0rdt-Mini-Whip, een actieve ontvangerantenne voor 10 kHz tot 20 MHz

Roelof Bakker, PA0RDT
pa0rdt@amsat.org

Dit artikel gaat over de ontwikkeling van een ontvangerantenne voor de langegolf. Het resultaat is een uitstekende antenne voor de ontvangst van signalen tussen 10 kHz en 20 MHz. Deze antenne heeft zeer bescheiden afmetingen: de kleinste uitvoering past in een half filmkokertje. Ontvangst op de langegolf heeft zo zijn eigen dynamiek. De mogelijkheden en problemen verschillen nogal met ontvangst op de kortegolf.

Storing

Voordat de antenne aan bod komt, wil ik eerst aandacht besteden aan een van de belangrijkste problemen: lokale storing. Bij het luisteren naar zwakke signalen op de langegolf krijg je altijd te maken met storing. Deze storing kan afkomstig zijn van elektrische apparatuur uit de directe omgeving. Maar net zo goed kan de storing veroorzaakt worden door een onweerscomplex boven de Middellandse Zee. Aan onweersstoring is meestal niet zo veel te doen. Gelukkig ligt dat bij de zogenaamde lokale storing anders. Bij het raadplegen van literatuur en bronnen op het internet, wordt al gauw duidelijk dat ontvangerantennes voor langegolf grofweg ingedeeld kunnen worden in twee types: antennes die gevoelig zijn voor het magnetische veld en antennes die het elektrische veld ontvangen. Raamantennes behoren tot de eerste groep. De tweede groep bestaat uit (actieve) staafantennes. Verder blijkt lokale storing vooral aanwezig te zijn in het elektrische veld. Het ligt dus voor de hand om bij

aanwezigheid van lokale storing gebruik te maken van een antenne die alleen gevoelig is voor het magnetische veld, een raamantenne dus. Soms wordt deze voorzien van een extra afscherming voor het elektrische veld.

Experimenten met raamantennes

Gewapend met deze wetenschap ben ik met raamantennes aan de slag gegaan. Een heel winterseizoen lang heb ik me er goed mee vermaakt. Vele uitvoeringen werden gebouwd: met veel windingen, met weinig windingen, actief en passief, al dan niet elektrisch afgeschermd en ga zo maar door. Deze antennes hebben helaas één ding gemeen: lokale storing wordt er buitengewoon goed mee ontvangen. In figuur 1 is het schema te zien van een actieve raamantenne. Deze heeft als voordeel dat hij breedbandig is en niet hoeft te worden afgestemd. De versterker is gebalanceerd. Het raam kan hier al dan niet via een hoogfrequent-scheidingstransformator op worden aangesloten. Bij een raam met twee windingen kan het midden van het raam eenvoudig

aan aarde worden gelegd. Niet dat dit veel verschil maakt overigens. Het raam bestaat uit een lengte plastic installatiebuis van vier meter. Van deze buis is een hoepel gemaakt. Hierin worden één of twee windingen installatiedraad ondergebracht. De buitenmantel van een stuk coaxkabel werkt ook goed. Dit is een prima antenne, zolang er geen lokale storing aanwezig is. Het afgegeven signaal is evenredig met het kwadraat van het aantal windingen. Teveel windingen geeft al gauw teveel signaal, waardoor de versterker wordt overstuurd. Bovendien wordt de hoogste ontvangfrequentie een stuk lager. Deze antenne werkt ongeveer van 100 kHz tot 10 MHz. Omdat het probleem met de lokale storing niet kon worden opgelost, besloot ik om het hele idee van langegolfontvangst maar op te geven. Kennelijk is het in een stedelijke omgeving niet mogelijk om naar zwakke signalen te luisteren.

HF-dipool als T-antenne

Na een poosje kon ik het toch niet laten om het nog eens te proberen. Voor de kortegolf gebruik ik een dipoolantenne van 2x20 meter. Deze wordt gevoed met een open lijn van 12 meter lang. Als de twee draden van de open voedingslijn aan het begin met elkaar worden verbonden, ontstaat een verticaal gepolariseerde antenne. De twee helften van de dipoolantenne vormen dan een topcapaciteit. Dit ging al een heel stuk beter dan met de raamantennes. Er was nog wel sprake van storing, maar veel minder. De open voedingslijn loopt nota bene over een lengte van zes meter vlak langs de buitenmuur van het huis. Vervolgens werd een hoogfrequent-scheidingstransformator aangebracht. Zie figuur 2. De primaire wikkeling is verbonden met de antenne en een aparte radioaarde. Op de secundaire wikkeling is een coaxkabel aangesloten die het signaal naar de ontvanger brengt. Dit ging nog veel beter en het leek er op dat het

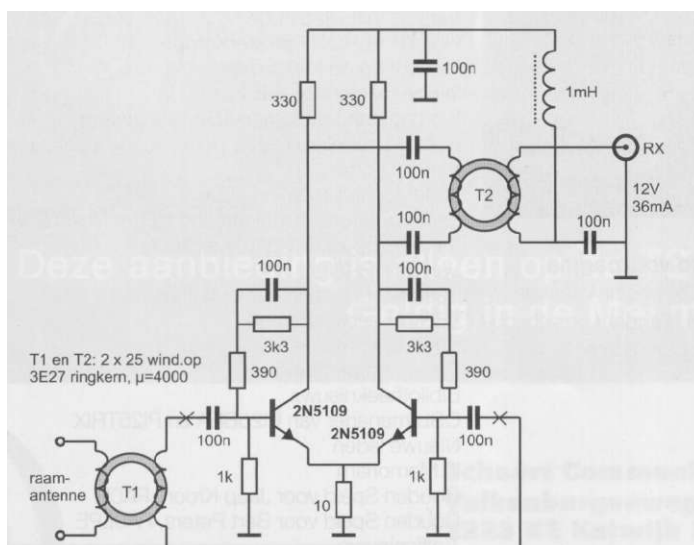


Fig. 1 Gebalanceerde actieve raamantenne

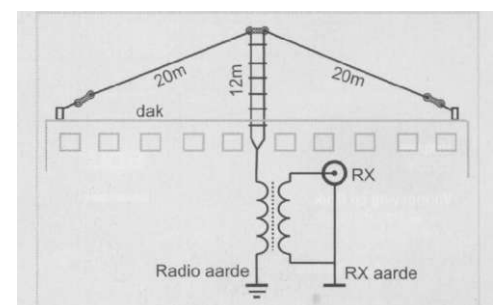


Fig. 2 HF-dipool gebruikt als T-antenne voor LF/MF

probleem met de lokale storing was opgelost. Helemaal storingsvrij was het echter toch ook weer niet, vooral niet in de avonduren. Gezien de goede resultaten met de verticale antenne werd besloten toch ook maar eens een actieve staafantenne te proberen. Dit ging nog veel beter. Op een afstand van vijf meter tot het huis was de storing vrijwel verdwenen en konden zwakke stations prima worden ontvangen.

Metten aan actieve antennes

Nadat ik op de radiovlooiemarkt in Rosmalen voor een schappelijke prijs een selectieve voltmeter had gekocht, kon er serieus gemeten worden. Het betreft een wat ouder analoog apparaat van Wandel & Goltermann (foto 1). Het typenummer is SPM-3 en het ontvangstbereik loopt van 2 tot 612 kHz. Er kan gemeten

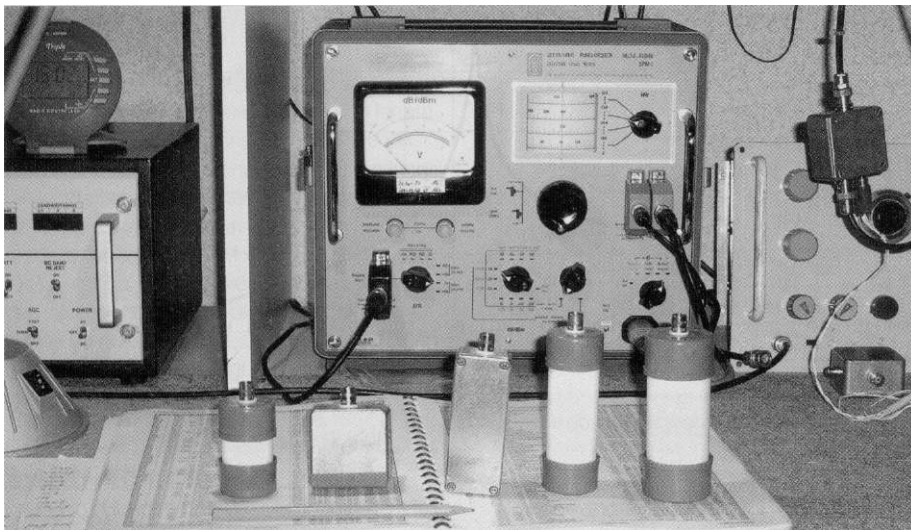


Foto 7 Selectieve voltmeter SPM-3 met daarvoor enkele exemplaren van de paOrdt-Mini-Whip©

worden van +20 dBm tot -100 dBm; met een externe afstembare voorversterker zelfs tot -135 dBm. Dit type is tevens bedoeld voor draagbaar gebruik en kan met behulp van interne batterijen onafhankelijk van het lichtnet werken. Op een koude winterdag werd de apparatuur opgesteld in de tuin. Eerst werd de actieve raamantenne aangesloten op de selectieve voltmeter. De raamantenne en de selectieve voltmeter werden onafhankelijk van het lichtnet gevoed. De raamantenne werd op een afstand van één meter van de muur geplaatst en vervolgens werd in stappen van een meter de afstand vergroot tot zes meter. Dezelfde procedure werd ook gevolgd bij de actieve staafantenne. De gevoeligheid van beide antennes werd op hetzelfde niveau afgeregeld. Bij de raamantenne maakte de afstand tot de muur vrijwel geen verschil in het storingsniveau. Bij de actieve staafantenne was het verschil evident. Deze moest letterlijk tegen de muur gehouden worden om evenveel storing te ontvangen als de raamantenne. De metingen vonden plaats op frequenties tussen 150 en 500 kHz. De frequentie bleek geen invloed te hebben op het totale beeld. Omdat een actieve staafantenne uitsluitend het elektrische veld ontvangt, is er maar één conclusie mogelijk: het elektrische veld van een lokale storingsbron blijft binnen de woning

en treedt niet naar buiten. Een raamantenne ontvangt uitsluitend het magnetische veld: het magnetische veld van een lokale storingsbron blijft kennelijk niet binnen de woning en treedt wel naar buiten. Geen wonder dat de raamantennes zo veel storing ontvangen. Later heb ik één verwijzing in de literatuur gevonden waarin dit wordt bevestigd. Het was nu duidelijk welke antenne het moest worden: een actieve staafantenne.

Afscherming door een gebouw

Een interessante vraag is hoeveel verzwakking het elektrische veld ondervindt door afscherming van een gebouw. Tijdens een lezing voor de afdeling Walcheren van de VERON, werd de paOrdt-Mini-Whip© gedemonstreerd. De

lezing vond plaats op de eerste verdieping van een ontmoetingscentrum. De muren zijn er van beton. De antenne was vastgemaakt aan een vier meter lange mast van plastic installatiepijp. De mast werd door het raam naar buiten gestoken. De ontvanger stond afgestemd op ONO, een vliegtuigbakken (NDB) in Oostende (399,5 kHz). Binnen het gebouw werd vrijwel geen signaal ontvangen, daarbuiten wel. Met de antenne op een meter afstand van de muur, was het signaal al op volle sterkte. Er werd een verzwakking gemeten van 40 dB. Dat komt overeen met bijna zeven S-punten. Deze meting werd thuis nog eens overgedaan. Mijn huis is traditioneel gebouwd en geheel

opgetrokken uit baksteen. Hier bedroeg de demping 31,5 dB, ruim 5 S-punten. De demping is afhankelijk van de frequentie. Hoe hoger de frequentie, hoe lager de demping wordt.

Nog meer storing

Tijdens de experimenten in de tuin was het me opgevallen dat de actieve staafantenne zo weinig storing oppikte. Het leek wel of het minder was dan binnen. Dat bleek inderdaad het geval. Toen de ontvanger weer binnen stond opgesteld, lag de ruis ongeveer 8 dB hoger dan buiten. Bij ontvangst van zwakke stations maakt 8 dB een groot verschil. In eerste instantie dacht ik dat de storing via de netvoeding kwam. Voeding vanuit een accu bleek echter geen verschil te maken. Vervolgens werd de SPM-3 weer naar de tuin verhuisd. Het storingsniveau lag nu weer 8 dB lager. Via een BNC T-stuk werd het deel van de coaxkabel dat binnenshuis loopt ook op de selectieve voltmeter aangesloten. De storing was nu weer 8 dB sterker. Dit verdween toen de mantel van de coaxkabel werd verbonden met een aparte radioaarde, op de plaats waar de kabel naar binnen gaat. Het aanbrengen van een mantel-smoorspoel vlakbij de ontvanger heeft vrijwel hetzelfde effect. Deze mantel-smoorspoel bestaat uit 30 windingen RG174 coaxkabel gewikkeld op een 35 mm 3E25-kern. De storing wordt blijkbaar ontvangen op het stuk coaxkabel dat zich binnen de woning bevindt. Het huis waar ik in woon, is ongeveer vijftig jaar oud. Lang niet overal is randaarde aanwezig. Mijn ontvanger is daarom niet met de aarde van het lichtnet verbonden. Als ik dat wel doe, neemt het stoorniveau met 7 dB toe. Een punt van aandacht dus. Op de aarde van het lichtnet staat kennelijk een stoorspanning. Als de massa van de ontvanger hiermee wordt verbonden, komt deze stoorspanning in serie te staan met het antennesignaal.

Experimenten met actieve staafantennes

In figuur 3 is het schema getekend van een actieve staafantenne. De staafantenne wordt aangesloten op de gate van de JFET sourcevolger. De source van de J310 is direct verbonden met de als emittervolger geschakelde transistor. Via de instelpotentiometer van 10k kan de stroom door de J310 worden ingesteld. Steve Ratzlaff, AA7U, is zo vriendelijk geweest om de intermodulatie van deze schakeling te

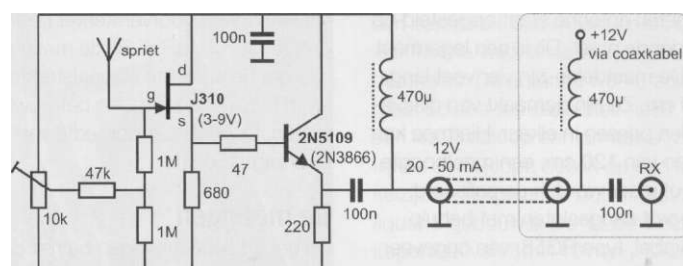


Fig. 3 Experimentele versie van de Mini-Whip

meten. Deze bleek minimaal bij een voedingsspanning van 12 volt en een drainstroom van 10 mA. De schakeling verzwakt 4 dB. Het derde-orde interceptpunt aan de uitgang bedraagt +31 dBm. Het tweede-orde interceptpunt bedraagt +67 dBm. Lang niet slecht voor deze eenvoudige schakeling en beter dan het tweede en derde-orde ingangsiinterceptpunt van de meeste ontvangers. Deze cijfers zijn later door eigen metingen bevestigd. Het stroomverbruik van deze schakeling bedraagt 40 mA. De actieve staafantenne wordt via de coaxkabel van spanning voorzien. In het schema is te zien hoe het hoogfrequentesignaal en de voedingsspanning van elkaar gescheiden worden. Met deze antenne zijn flink wat proeven gedaan: in de tuin, maar ook op een tweetal locaties in het weidse Zeeuwse landschap. Deze locaties, in de omgeving van het Veerse Meer, zijn vrij van storing. Binnen een straal van 600 respectievelijk 1000 meter is geen enkele bebouwing aanwezig. Het is een akkerbouwgebied. Schrikdraad is er dan ook niet te vinden.

0e meetopstelling

Als signaalbron wordt gebruik gemaakt van de draaggolf van een drietal stations op de lange-golf: DCF39 op 138,83 kHz, WW op 309 kHz en ONO op 399,5 kHz. DCF39 staat in de buurt van Magdeburg, Duitsland. De afstand bedraagt ongeveer 575 km. Dit station heeft een uitgestraald vermogen van 40 kilowatt. WW en ONO zijn Non Directional Beacons (NDB's), navigatiebakens voor de luchtvaart met een uitgestraald vermogen van ten hoogste een paar honderd milliwatt. WW staat in Deurne bij Antwerpen op een afstand van 71 km. ONO staat in de buurt van Oostende en is 59 km van mijn woonplaats verwijderd. Van deze stations wordt de grondgolf ontvangen. Deze heeft overdag een constante sterkte. In figuur 4 is de meetopstelling gete-

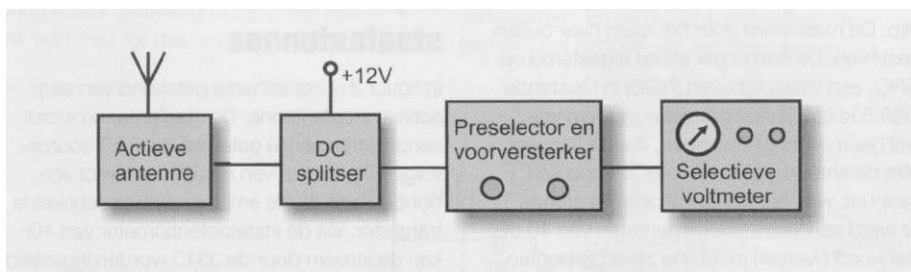


Fig. 4 Meetopstelling

kend. De te meten antenne staat opgesteld op een niet-geleidende mast. Dit is een legermast uit de dump. De mastdelen zijn vier voet lang, ongeveer 120 cm. Ze zijn gemaakt van glasvezel en de einden passen in elkaar. Hiermee kan snel, in stappen van 120 cm, een masthoogte tot zes meter of meer worden gerealiseerd. De antenne wordt aangesloten met behulp van een coaxkabel, type RG58, van ongeveer 20 meter lang. Het signaal gaat eerst naar een afstembare voorversterker. Deze heeft een versterking van 35 dB. Het schema is te zien in figuur 5. De frequentie karakteristiek is

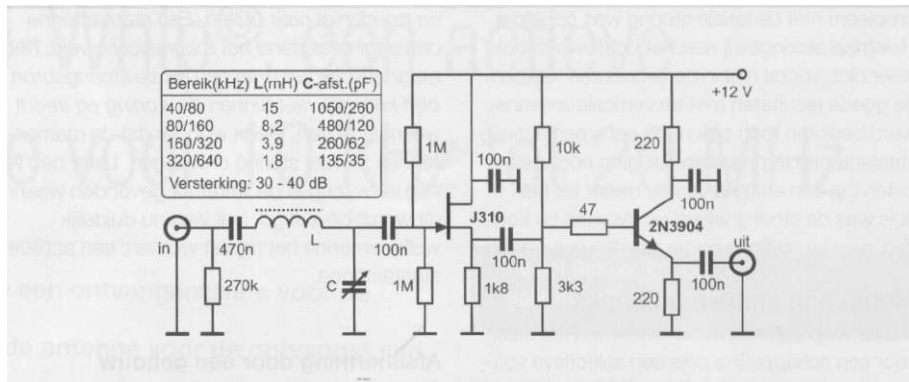


Fig. 5 Afstembare voorversterker

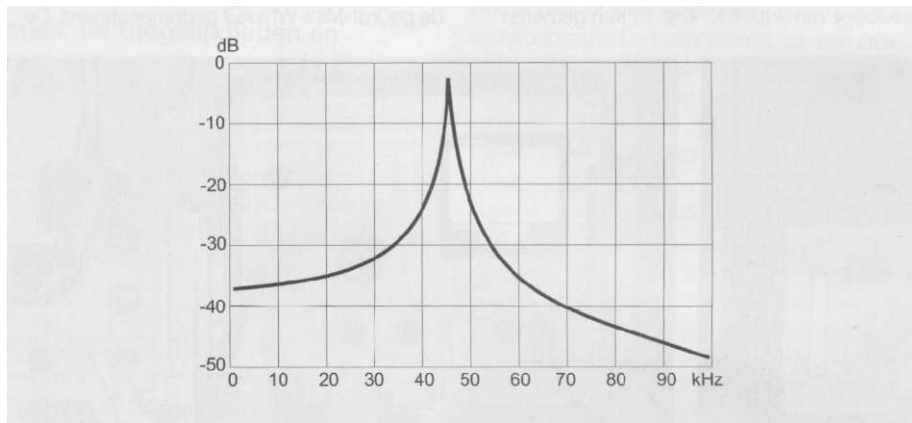


Fig. 6 Frequentie karakteristiek van de schakeling van fig. 5

opgenomen in figuur 6. Als meetontvanger wordt de eerder genoemde selectieve voltmeter SPM-3 van Wandel & Goltermann gebruikt. De amplitude van het signaal kan worden afgelezen met een resolutie van 0,5 dB. Gemeten kan worden van +20 dBm tot -100 dBm. Het signaal kan in stappen van 10 dB worden

sief koperen installatiedraad gebruikt met een diameter van 1,25 mm. Het uitgangspunt was een draad met een lengte van 100 cm. Deze werd vervolgens elke keer met 10 cm ingekort. De signaalsterkte is weergegeven in dB in relatie tot het ontvangen signaal bij een 'staaf' van 100 cm lang. Deze meting vond plaats in het vrije veld. De antenne was opgesteld op een hoogte van 360 cm. De ontvangkwaliteit wordt uitsluitend bepaald door de verhouding tussen het ontvangen signaal en de ontvangen ruis. De sterkte van het ontvangen signaal is daarbij van minder belang, zolang de ruis uit de antenne maar groter is dan de ruis van de ontvanger. Er is een methode ontwikkeld om de 'signaalruisverhouding' van actieve staafantennes met elkaar te vergelijken. De carrier van ONO, Oostende, België, wordt uitgezonden op 399,5 kHz. Op de 100 cm lange actieve staafantenne bedraagt de relatieve signaalsterkte -19 dBm. Dit is de signaalsterkte afgelezen op de SPM-3 met ingeschakelde voorversterker. Op 399,15 kHz wordt de antenneruis gemeten. De meting wordt overdag uitgevoerd om storing door verafgelegen stations via de ruimtegolf te vermijden. De antenneruis ligt ongeveer bij -90 dBm. De meting verloopt als volgt. De ontvanger wordt afgestemd op 399,5 kHz. Het signaal van de testantenne wordt met behulp van de HF-verzwaker afgeregeld op -40 dBm. Vervolgens wordt op 399,15 kHz het niveau van de antenneruis bepaald. In tabel 1 zijn de resultaten van de metingen weergegeven.

verzwakt. Met voorversterker bedraagt de ondergrens -135 dBm. Bij de metingen gaat het niet om de absolute signaalsterkte. Het gaat erom relatieve verschillen betrouwbaar te meten. De 3 dB bandbreedte van de SPM-3 bedraagt 150 Hz.

De metingen

De eerste serie metingen betreft de relatie tussen de lengte van de staafantenne en de sterkte van het ontvangen signaal. Er is daarbij ook gekeken naar het verschil tussen signaalsterkte en ruis. Als 'staaf' werd mas-

Lengte cm	DCF39 dB	WW-309 dB	ONO-399,5 dB	399,5/399,15 dB
100	0	0	0	-40 / -88
90	-0,5	-1,0	-1,0	-40 / -88
80	-1,5	-2,0	-1,5	-40 / -88
70	-2,5	-3,5	-2,5	-40 / -88
60	-3,5	-4,5	-3,0	-40 / -88
50	-4,5	-5,5	-4,5	-40 / -88
40	-6,0	-6,5	-5,5	-40 / -88
30	-8,0	-8,5	-7,5	-40 / -88

Tabel 1 Antennelengte, signaalsterkte en 'signaalruisverhouding'

Als de staaf korter wordt, neemt de signaalsterkte geleidelijk af. Een staaf met een lengte van 30 cm geeft een signaal af dat 7 a 8 dB zwakker is dan een antenne van 100 cm lang. De lengte van de staaf heeft geen invloed op de verhouding tussen het ontvangen signaal en de ontvangen ruis. Dit wordt door de praktijk bevestigd. Op de Faroer Eilanden staan drie vliegtuigbakens die bij mij overdag net boven de ruis uit komen. Deze worden op een 30 cm lange staaf even goed ontvangen als op een 100 cm lange staaf.

Elektrisch model van een staafantenne

Een staafantenne ontvangt signalen uit het elektrische deel van het elektromagnetische veld. In figuur 7 is het model van een staafantenne getekend. Dit helpt ons om de werking te begrijpen. De staafantenne is gekoppeld

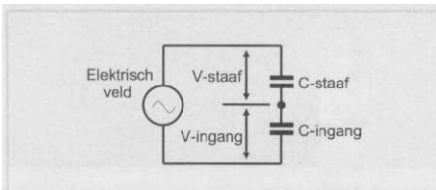


Fig. 7 Model van een actieve staafantenne

aan het elektrische veld door middel van een condensator C-staaf. Deze heeft meestal een waarde van 10 pF of minder. De staafantenne is ook aangesloten op de ingang van de bufferversterker. De bufferversterker heeft een ingangscapaciteit C-ingang. De waarde van de ingangscapaciteit hangt af van de gebruikte FET of transistor en van de toegepaste schakeling. C-staaf en C-ingang vormen een spanningsdeler. Een hogere waarde van C-staaf geeft meer signaal. Het omgekeerde geldt voor C-ingang. Een langere staaf heet een grotere capaciteit en levert meer signaal af. Als de ingangscapaciteit van de bufferversterker wordt verkleind, wordt de signaalsterkte groter. De staafantenne kan dan korter worden gemaakt. Het gedrag van staaf-

antennes is goed bekend. Het Amerikaanse standaardisatiebureau heeft er een publicatie over uitgegeven. Hierin wordt aangegeven hoe de capaciteit van een staafantenne berekend kan worden. Als de signaalsterkte evenredig is met de capaciteit van de staaf, kan de relatieve signaalsterkte van een staaf met een willekeurige lengte worden berekend. In tabel 2 is dit terug te vinden. Als 0 dB-referentie nemen we een staaf met een lengte van 100 cm en een doorsnede van 1,25 mm. De berekende signaalsterkte en de gemeten signaalsterkte (tabel 2) komen goed overeen.

Anders kijken

Kijken we naar een staafantenne, dan zien we iets dat bekend is. Je ziet ze immers overal, als ontvangantenne op een auto, of als verticaal gepolariseerde antenne voor 2m/70cm. Elektrisch zijn er echter grote verschillen.

Lengte cm	Capaciteit	Berekende signaalsterkte	Gemeten signaalsterkte DCF39
100	8,718 pF	0 dB	0 dB
90	7,978 pF	- 0,8 dB	-0,5 dB
80	7,227 pF	- 1,6 dB	-1,5 dB
70	6,646 pF	- 2,3 dB	-2,5 dB
60	5,686 pF	- 3,7 dB	-3,5 dB
50	4,890 pF	- 5,0 dB	-4,5 dB
40	4,072 pF	- 6,6 dB	-6,0 dB
30	3,224 pF	- 8,6 dB	-8,0 dB
20	2,332 pF	-11,5 dB	
10	1,364 pF	-16,1 dB	

Tabel 2 Antennecapaciteit en signaalsterkte

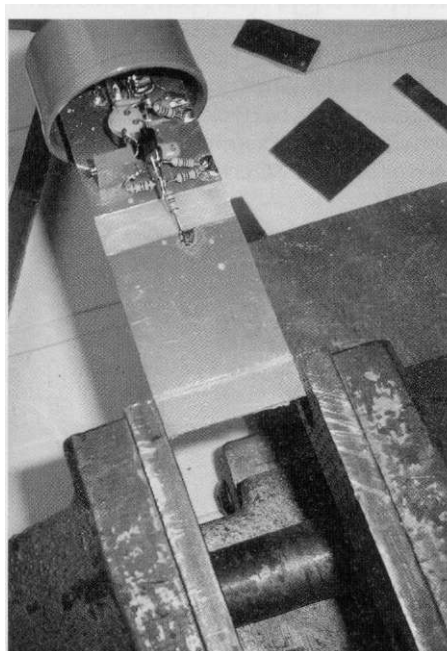


Foto 2 Prototype paOrdt-Mini-Whip©

Een staafantenne van 100 cm lang is op 2m een halvegolfantenne, waarbij over de lengte van de staaf spanning en stroom steeds een andere waarde hebben. Deze antenne gedraagt zich op een golflengte van 2200 meter, de 137 kHz amateurband, echter totaal anders. Op 137 kHz is de staaf een capaciteit die signalen opvangt uit het elektrische veld.

De paOrdt-Mini-Whip©

Als we accepteren dat een staafantenne een capaciteit is, die gekoppeld is aan het elektrische veld, is de vorm niet langer van betekenis. De antenne werkt, zolang deze maar voldoende capaciteit heeft. Dit kan ook een kopervlak op een printplaat zijn. Om te kijken of dit klopt, heb ik op een strook enkelzijdig printplaat de bufferversterker van figuur 3 gebouwd. De 'staaf' bestond uit een kopervlak van 35x140 mm². Deze was met behulp van een 10 mm brede kopervrije baan geïsoleerd van de rest van de schakeling, zie foto 2. Hiermee werd weer de signaalsterkte van DCF39, WW-309 en ONO-399.5 gemeten.

Oppervlakte mm ²	DCF39 dB	WW-309 dB	ONO-399,5 dB
35x140	0	0	0
35x100	-1,0	-1	-1,0
35x 80	-2,0	-2,2	-2,0
35x 60	-3,5	-3,3	-3,0
35x 50	-4,0	-4,0	-4,0
35x 40	-5	-4,5	-4,7

Tabel 3 Signaalsterkte en oppervlak

Deze metingen zijn thuis gedaan met de antenne opgesteld in de tuin. Vervolgens werd er steeds een stuk van de print afgezaagd om de 'antenne' kleiner te maken. De resultaten van de metingen staan in tabel 3.

We zien dat de antenne zich gedraagt als een capaciteit. Bij de helft van het oppervlak wordt de capaciteitswaarde ook de helft. De sterkte van het ontvangen signaal bedraagt dan de helft van het oorspronkelijke signaal. Dit komt overeen met een vermindering van 3 dB. Kijk maar naar de gegevens van een oppervlak van 35x100 mm² en 35x50 mm². Het vermogen dat door een antenne wordt ontvangen is een interessant gegeven. Dit vermogen is afhankelijk van het tijdstip op de dag. Het is het hoogst aan het begin van de avond. Bij mijn 2x20 meter lange dipoolantenne met open voedingslijn, bedraagt dit vermogen -15 dBm. De dipoolantenne is dan via een 4:1 balun en 15 meter coaxkabel aangesloten op een

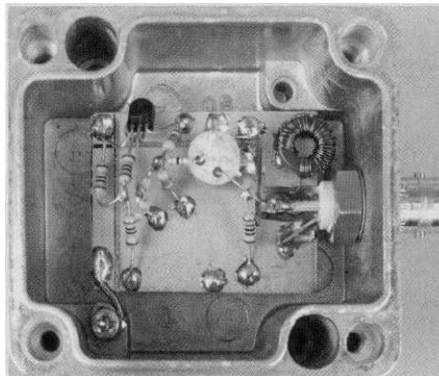


Foto 5 Diecast-box-Mini-Whip

hoogfrequentvermogensmeter. Bij de paOrdt-Mini-Whip© met 35x140 mm² kopervlak is het vermogen van het ontvangen signaal -11 dBm. Bij 35x40 mm² is dit altijd nog -17 dBm. Over gebrek aan signaal hoeven we ons dus geen zorgen te maken. In foto 3 is een paOrdt-Mini-Whip© te zien. Deze actieve antenne is slechts 10 cm lang. Opgesteld op een hoogte van 4 meter levert deze antenne evenveel signaal als de dipoolantenne voor 3,5 MHz.

Variaties op het thema

Een actieve staafantenne hoeft dus niet per se een spriet te zijn. Ook andere vormen zijn mogelijk, zolang de capaciteit maar groot genoeg is (foto 4). De kleinste uitvoering van de paOrdt-Mini-Whip© (de 'Micro-Whip') is gebouwd in een half filmkokertje. De bufferversterker is vrijdragend gemonteerd op een geïsoleerd BNC chassisdeel. Een andere



Foto 3 paOrdt-Mini-Whip© in standaarduitvoering



Foto 6 Passieve E-veldantenne

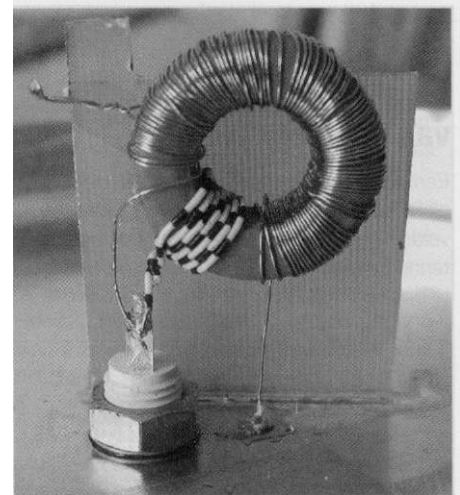


Foto 7 150:1 HF-transformator voor passieve antenne



Foto 4 paOrdt-Micro-Whip, vierde van links, ter grootte van een half filmrolletje

uitvoering is de 'diecast-box-Mini-Whip' (foto 5). Dat is een doosje van aluminium van 5x5x3 cm³ (Hammond 1590LB). Het doosje zelf is de eigenlijke antenne. De elektronica zit in het doosje, vrijdragend gemonteerd op een geïsoleerde BNC connector. De gate van de J310 is verbonden met de binnenkant van het doosje. Er zijn ook proeven gedaan met een passieve antenne voor het elektrische veld, in dit geval een blik waar 5 kg koffie in heeft gezeten (foto 6). Het hoogfrequent wordt uitgekoppeld meteen 150:1 hoogfrequenttransformator op een ferrietkern (foto 7). De bandbreedte is door deze transformator wel een stuk kleiner en beperkt zich tot de lange- en middengolf. Dit werkt uitstekend. Ik heb ook nog geprobeerd om de carrosserie van mijn auto als passieve elektrische veldantenne te gebruiken.

De ontvanger werd opgesteld in de auto. Uitkoppeling vond plaats met behulp van een 100:1 transformator. Het werkte wel, maar de signalen waren 12 dB zwakker dan op het kofieblek. Toen ik op een afstandje naar de auto stond te kijken, zag ik ineens waar dat aan lag. De bodemplaat is een flinke condensator die het signaal kortsluit naar aarde. Je ziet bij wijze van spreken het kostbare hoogfrequent naar aarde stromen.

Dimensionering

De sterkte van de ontvangen signalen wordt bepaald door de grootte van de capaciteit, dus door de afmetingen van het kopervlak. Is deze capaciteit te groot, dan wordt de bufferversterker overstuurd. Maken we de capaciteit te klein, dan komt er te weinig signaal in de ontvanger terecht. Bij oversturing ontstaan intermodulatieproducten. De bufferversterker heeft aan de uitgang een derde-orde interceptpunt van +31 dBm. Het tweede-orde interceptpunt bedraagt +67 dBm. Van de derde-orde intermodulatieproducten wordt in de praktijk weinig hinder ondervonden. Tweede-orde intermodulatieproducten zijn wel een probleem. Deze vinden we op de som- of verschilfrequentie van sterke omroepstations, bijvoorbeeld bij omroepstations rond 9 en 12 MHz. Bij teveel signaal aan de ingang van de bufferversterker vinden we de intermodulatieproducten terug als een continue ruis van S5 in de 21 MHz amateurband. De intermodulatie ontstaat in de versterker zelf. Op een ontvanger met een smal ingangsfiler is de intermodulatiestoring even sterk als op een ontvanger met een breed ingangsfiler. Er is nog een reden om aandacht te schenken aan het signaalniveau. Als we het ingangssignaal groter maken, komt er aan de uitgang van de versterker ook meer signaal beschikbaar. Dit kan weer aanleiding geven tot intermodulatie in de ontvanger. Ik gebruik altijd de volgende vuistregel: het derde-orde ingangsisinterceptpunt van een ontvanger moet 30 dB hoger liggen dan het maximum ingangssignaal. Een redelijke ontvanger heeft een derde-orde ingangsisinterceptpunt van +10 dBm. Het maximum uitgangssignaal van een actieve antenne ligt daarmee op -20 dBm. Bij een kopervlak van 30x140 mm² heeft het uitgangssignaal in de avonduren een maximum van -11 dBm. Als op 7150 kHz en op 7250 kHz een sterk omroepstation aanwezig is, kunnen op 7050 kHz en 7350 kHz derde-orde intermodulatieproducten ontstaan. Bij het luisteren op 7 MHz heb ik dit echter niet kunnen waarnemen. Storing ten gevolge van derde-orde intermodulatie is kennelijk geen probleem. Storing ten gevolge van tweede-orde intermodulatie echter des te meer. Bij een maximum van -11 dBm is op 21 MHz een breed ruisspectrum aanwezig. Dit maakt ontvangst van vrijwel alle signalen onmogelijk. Maken we het kopervlak 30x40 mm² groot, dan is het maximum -17 dBm. De storing op 21 MHz is nu helemaal afwezig. Het is dus zaak het ingangssignaal zo klein mogelijk te maken. De weerstanden aan de ingang van de bufferversterker vormen een spanningsdeeler. Door de waarden aan te passen, kan het

ingangssignaal worden verzwakt. Dit wordt toegepast bij de 'diecast-box-Mini-Whip'. De grootte van het ingangssignaal is ook afhankelijk van de opstelhoogte. Zie tabel 4. Hierin is de relatieve signaalsterkte ten opzichte van een hoogte van 4,8 meter opgenomen. Deze meting vond plaats in het vrije veld. De opstelhoogte heeft geen invloed op de verhouding tussen antenneruis en signaal.

Hoogte cm	Relatieve signaalsterkte
120	- 8
240	-4
360	- 2
480	0

Tabel 4 Signaalsterkte en opstelhoogte

In figuur 8 is het schema getekend van de definitieve versie van de paOrdt-Mini-Whip®. De schakeling is opgebouwd met gangbare onderdelen en is een verbetering van de schakeling van figuur 3. Het tweede-orde interceptpunt bedraagt meer dan +70 dBm. Het derde-orde interceptpunt is beter dan +30 dBm. Er zijn waarden gemeten van +78 dBm en +33,5 dBm. De emittervolgervolger met de 2N5109 heeft nu een eigen gelijkstroominstelling met behulp van de weerstanden van 2k2 en 10k. De intermodulatie is minder, terwijl het vermogen dat in de transistor gedissipeerd wordt ook minder is. De 2N5109 hoeft niet extra te worden gekoeld. Mocht de J310 ooit kapot gaan, dan blijft de 2N5109 heel.

Boven 15 MHz gaat de ingangscapaciteit van de J310 een rol spelen. Bij een normale actieve staafantenne merk je hier niet zo veel van. De staaf gaat op hogere frequenties steeds meer als een gewone antenne werken en compenseert de verliezen. Dit effect kan worden verminderd door bij de paOrdt-Mini-Whip® tussen de 'antenne' en de gate van de J310 een spoel te zetten. Deze vormt met de ingangscapaciteit een seriekring. De resonantiefrequentie kan het beste rond 25 MHz liggen. Voor de spoel kan een smoorspoeltje van 5 tot 10 μ H gebruikt worden. In figuur 9 is getekend hoe de paOrdt-Mini-Whip® van spanning wordt voorzien. De 1 kQ weerstand zorgt ervoor dat bij het aansluiten van de ontvanger geen stroomstootje (laadstroompiek van de 1 μ F koppelcondensator) door de ontvangeringang wordt gestuurd. Het onderdeel Z is een zogenaamde 'Bourns multifuse'. Dat is een zelfherstellende zekering die bij kortsluiting de stroom onderbreekt. Wordt de voedingsspanning uit- en weer ingeschakeld, dan is de zekering weer hersteld. Erg handig bij het experimenteren.

De paOrdt-Mini-Whip® in de praktijk

Hier valt veel over te vertellen, maar ik zal het kort houden. Deze antenne doet wat je er van verwacht: ontvangen, en nog goed ook. Vanaf 10 kHz werkt hij uitstekend. De historische Alexandersons Alternator in Grimeton, Zweden, op 17,2 kHz werd ontvangen met een signaalsterkte van 15 dB boven de bandruis. Luchtvaartbakens in het bereik van 200 tot 600 kHz kunnen op deze antenne uitstekend worden ontvangen. Ik heb er inmiddels meer dan 1250 verschillende gehoord: van Alert in het noorden van Canada tot de

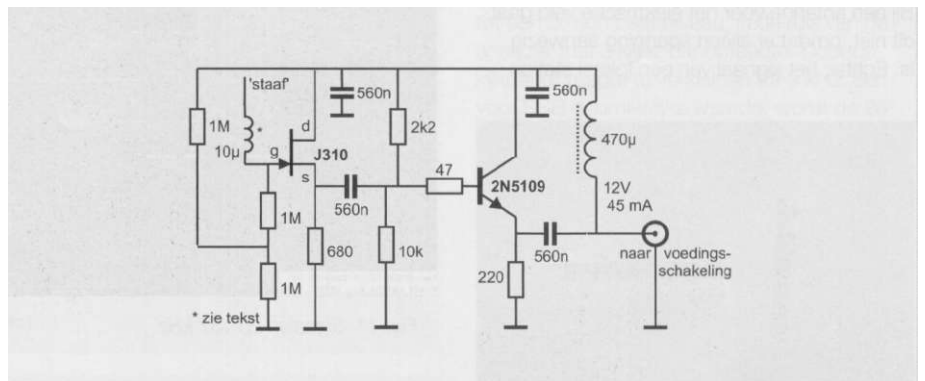


Fig. 8 paOrdt-Mini-Whip®

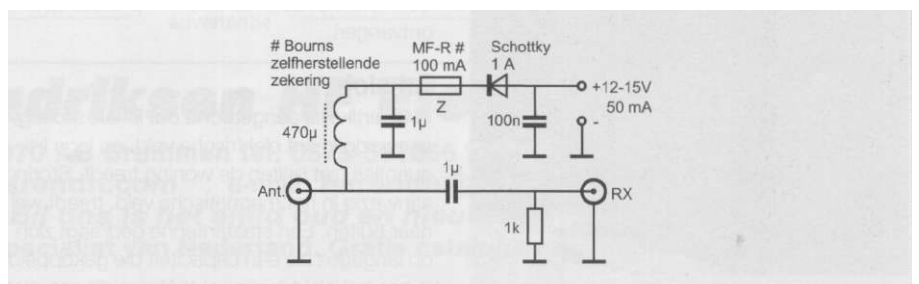


Fig. 9 Voeding via de coaxkabel voor de paOrdt-Mini-Whip®

Kaap Verdische Eilanden in het zuiden; van Kazachstan in het oosten tot Porto Rico in het westen. In figuur 10 is een ARGO screenshot te zien van het signaal van NDB PVQ op 376 kHz. Normaliter is het frequentieschaaltje van ARGO ingesteld op de audioband, maar ik had er net een offset aan gegeven voor mijn ontvangerafsterringing voor het luisteren op 137 kHz. De ontvangst van PVQ is echter op 376 kHz. De locatie is Put River Deadhorse, Alaska, op een afstand van 6288 km. Dit was de eerste keer dat dit station in Europa is ontvangen. Het signaal is ontvangen via een pad dat over de Noordpool loopt. De paOrdt-Mini-Whip© werkt ook goed op 137 kHz. Figuur 11 is een screenshot waarop vijf verschillende transatlantische stations te zien zijn.

Op HF werkt hij ook uitstekend, met name op de 160, 80 en 40 meterband. Zo heb ik tijdens de CQ-WW-Contest van najaar 2004 van 12.30 tot 14.30 lokale tijd geluisterd naar JA3AEP. Niets bijzonders, zult u misschien denken, maar dit was op 7 MHz. Deze antenne moet wel enigszins vrij worden opgesteld. Elke afscherming van het elektrische veld vermindert de ontvangst. In huis doet hij het uitgesproken slecht. Bij mij zit hij in een magnolia op een hoogte van vijf meter. Bij 'P-bedrijf' niet vergeten een kort mastje, liefst van kunststof, mee te nemen (foto 8). Graag had ik een plaatje van het stralingsdiagram willen laten zien. Ik heb een aantal experts op het gebied van antennesimulatie in binnen- en buitenland benaderd. Het blijkt met de huidige programma's echter niet mogelijk te zijn om de paOrdt-Mini-Whip© te simuleren. Deze programma's verdelen een antenne in een aantal segmenten. De segmenten voeren elk een verschillende stroom/spanning. Hiermee wordt gerekend om het stralingsdiagram te bepalen. Bij een antenne voor het elektrische veld gaat dit niet, omdat er alleen spanning aanwezig is. Echter, het signaal van een lokaal station



Foto 8 Westkapelle, mini-Whip op kunststof mastdeel

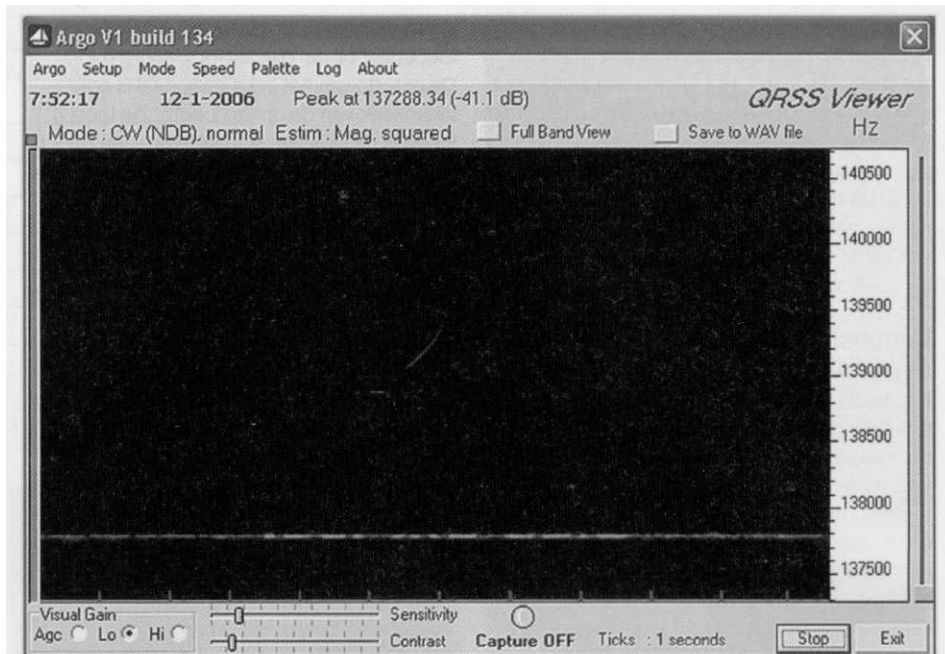


Fig. 10 Ontvangst NDB PVQ (Alaska)

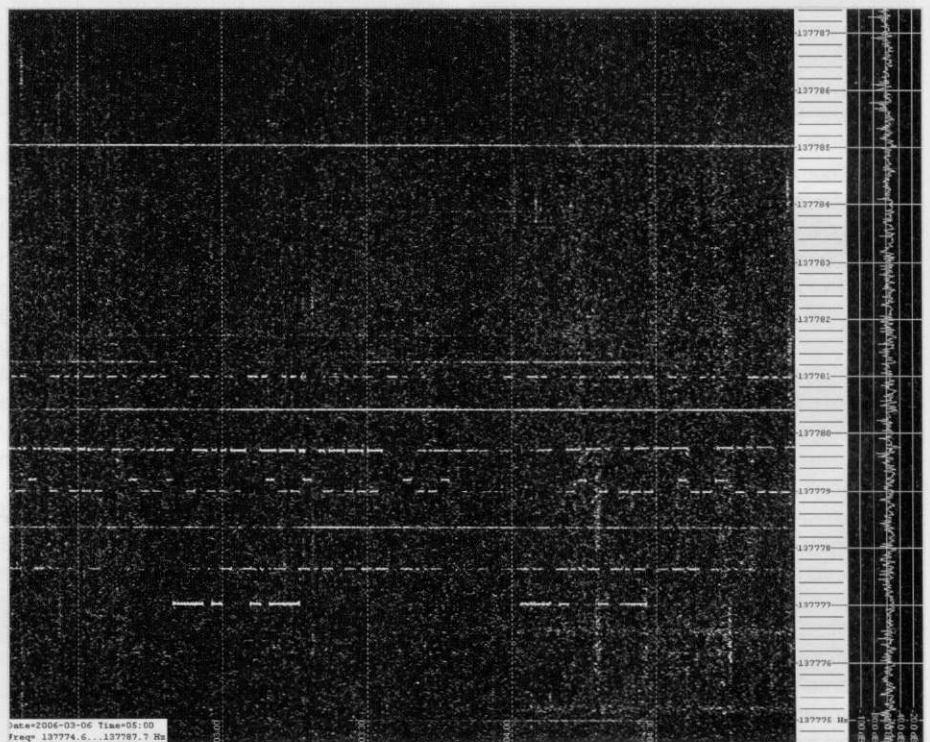


Fig. 11 Signalen op 137 kHz

op 7 MHz was op de Mini-Whip even sterk als op mijn 80m-dipool die als T-antenne gebruikt werd. Verticaal gepolariseerde signalen worden kennelijk door de Mini-Whip uitstekend ontvangen.

Tot slot

In dit artikel is aangetoond dat lokale storing, aanwezig in het elektrische veld, op lage frequenties niet buiten de woning treedt. Storing aanwezig in het magnetische veld, treedt wel naar buiten. Een staafantenne gedraagt zich op langegolf als een capaciteit die gekoppeld is aan het elektrische veld. Als we dit gegeven accepteren, blijkt de vorm niet langer van belang te zijn. De staaf kan vervangen worden

door bijvoorbeeld een kopervlak. Op basis van dit gegeven werd een actieve antenne ontwikkeld, waarbij de antenne geïntegreerd is in de printplaat: de paOrdt-Mini-Whip©. Veel aandacht werd besteed aan de dimensionering. De paOrdt-Mini-Whip© is in de huidige uitvoering slechts 8 cm lang en is een volwaardige antenne voor ontvangst van 10 kHz tot 20 MHz (30 MHz).

Iedereen die behoefte heeft aan een kleine ontvangantenne raad ik aan zelf ook eens een paOrdt-Mini-Whip© te bouwen. Er zijn er al meer dan 70 gebouwd. Mocht dit onoverkomelijke problemen opleveren, dan kunt u altijd contact met mij opnemen via het e-mailadres: pa0rdt@amsat.org