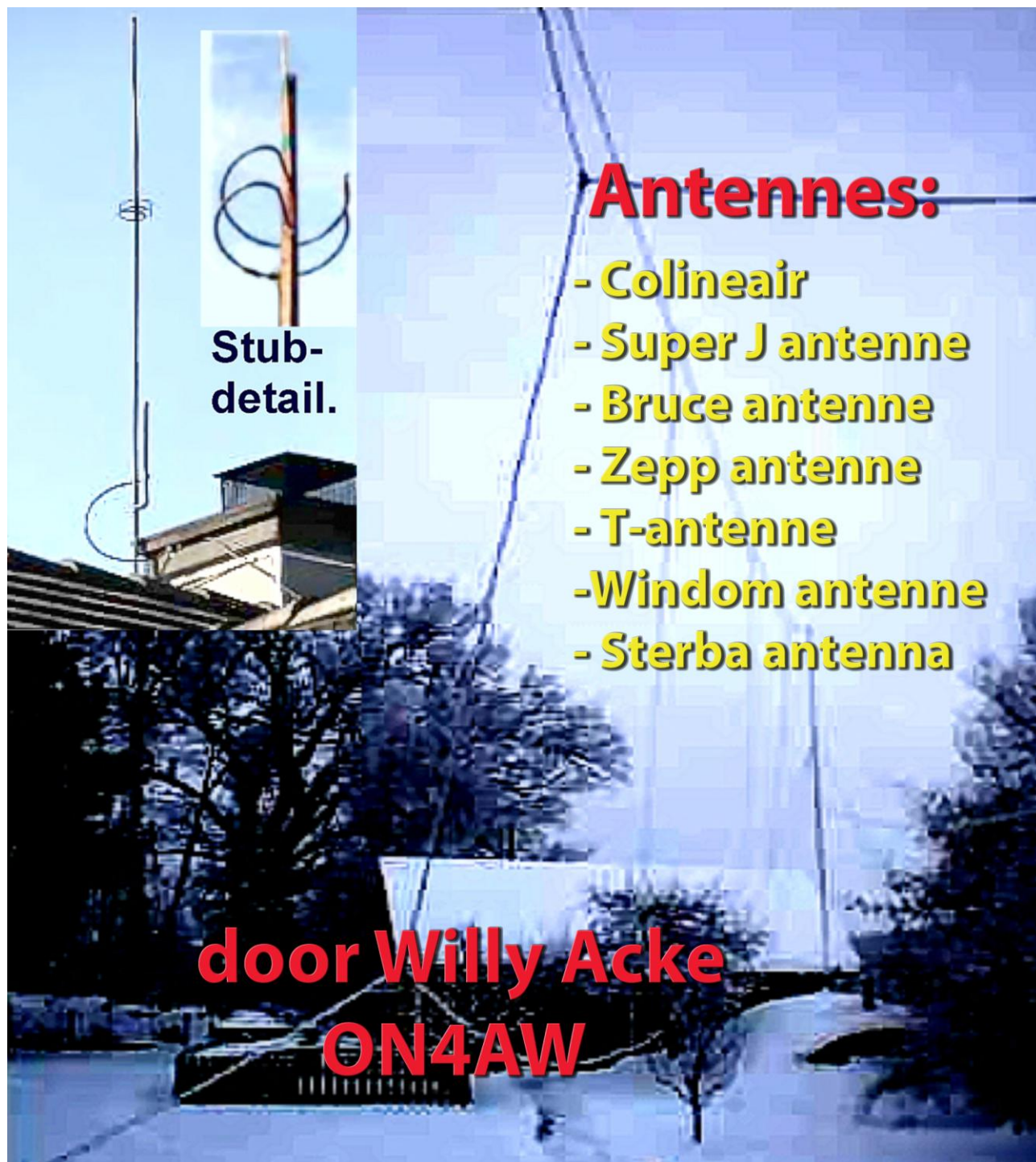




# RadioAmateurs

## Speciale uitgave

Officieel orgaan van de vzw Vlaamse RadioAmateurs – V.R.A. vzw



Stub-  
detail.

### Antennes:

- Colineair
- Super J antenne
- Bruce antenne
- Zepp antenne
- T-antenne
- Windom antenne
- Sterba antenna

door Willy Acke  
**ON4AW**

Samenstelling en layout: Jules Verheyde, ON7XM

Eindredactie: Gust Mariëns, ON7GZ

© Vlaamse RadioAmateurs, V.R.A.,vzw, 2012

# V.R.A. - Vlaamse RadioAmateurs vzw

## RadioAmateur

Tijdschrift van de vzw **V.R.A.**

## VLAAMSE RADIO AMATEURS

Bedrijfsnr. 0465.117.67

Verantwoordelijk Uitgever:  
V.R.A. vzw  
Brusselsesteenweg 113  
B-2800 Mechelen

Wettelijk depot BD49023

Prijs per nr.: €2,00

RadioAmateur verschijnt in  
principe elke maand en is GRATIS  
voor de leden van de vzw V.R.A.



V.R.A. heeft een uitgebreid  
samenwerkingsakkoord met onze  
Franstalige vrienden van **U.F.R.C.**  
Dat samenwerkingsverband is

**F.R.A.**



**QSL-ADRES**

**F.R.A.  
P.O. Box 1630  
B-1000 BRUSSELS 1**

**VRA** is (stichtend) lid van



## Raad van Bestuur

Voorzitter:	<b>Gust Mariëns, ON7GZ</b> +32 (0)475 61 77 01 <a href="mailto:on7gz[at]vra.be">on7gz[at]vra.be</a>
Ondervoorzitter:	<b>Leopold Van Elslander, ON7YB</b> +32 (0)51 77.91.11 <a href="mailto:on7yb[at]vra.be">on7yb[at]vra.be</a>
Secretaris/ Penningmeester:	<b>Bart Peeters, ON4BCP</b> +32 (0)496 90 59 52 <a href="mailto:on4bcp[at]vra.be">on4bcp[at]vra.be</a>
Public Relations:	<b>Guido Clinckemillie, ON7CI</b> +32 (0)475 52 32 61 <a href="mailto:on7ci[at]vra.be">on7ci[at]vra.be</a>
Bestuurder	<b>Beni Lannaux, ON3BL</b> +32 (0)495 32 76 49 <a href="mailto:on3bl[at]vra.be">on3bl[at]vra.be</a>
	<b>Jules Verheyde, ON7XM</b> +32 (0)2 452 34 72 <a href="mailto:on7xm[at]vra.be">on7xm[at]vra.be</a>

## Provinciale verantwoordelijken

Antwerpen	<b>Karel PRAET, ON4CIR</b> <a href="mailto:on4cir[at]vra.be">on4cir[at]vra.be</a>
Limburg	<b>Albert SPRANGERS, ON6BM</b> <a href="mailto:on6bm[at]vra.be">on6bm[at]vra.be</a>
Oost-Vlaanderen	<b>Georges LEMAIRE, ON8MA</b> <a href="mailto:on8ma[at]vra.be">on8ma[at]vra.be</a>
Vlaams-Brabant	<b>Bart DE CONINCK, ON3DBC</b> <a href="mailto:on3dBc[at]vra.be">on3dBc[at]vra.be</a>
West-Vlaanderen	<b>Ivan VANTHUYNE, ON4CBU</b> <a href="mailto:on4cbu[at]vra.be">on4cbu[at]vra.be</a>

## QSL Managers

ON	<b>Albert SPRANGERS, ON6BM</b> <a href="mailto:on6bm[at]vra.be">on6bm[at]vra.be</a>
Buitenland	<b>Leopold Van Elslander, ON7YB</b> <a href="mailto:on7yb[at]vra.be">on7yb[at]vra.be</a>

## Informatie

Elke informatie kan je aanvragen via [info\[at\]vra.be](mailto:info[at]vra.be)

## Inleiding.

Beste OM, YL, XYL, ONVL,

Dat V.R.A. voor dienstverlening staat is jullie zeker al bekend. Wij gebruiken de (schaarse) middelen - vooral van jullie bijdragen - om informatie te verzamelen en om die ook weer te verspreiden. Voor ons geen snoep- en andere reisjes (behalve die wij zelf betalen, natuurlijk!) maar een volledige inzet voor de Vlaamse radioamateurs.

Dat is allemaal niet zo gemakkelijk, maar wij kunnen in elk geval rekenen op een aantal zeer geïnspireerde en gemotiveerde vrienden. Eén van hen is Willy Acke, ON4AW. Hij is nog altijd een verwoed verzamelaar van alles wat ook maar enigszins met onze hobby te maken heeft. Door zijn hogere opleiding en zijn ervaringen als docent in verschillende hogere instituten is hij ook steeds bezig met informatie te verzamelen en te bundelen in interessante artikels.

Willy bezorgde ons zoveel artikels dat het heel lang zou duren voor alles via RadioAmateur gepubliceerd zou worden. Daarom hebben we besloten om een speciale editie te maken van RadioAmateur zodat de informatie veel sneller en volledig bij de leden geraakt. Deze speciale uitgaven worden uitsluitend verstuurd naar leden die RadioAmateur via email ontvangen. Een gedrukte versie zou te duur uitvallen voor ons budget.

Maar de grote verdienste ligt uiteraard bij Willy momenteel, die wij van harte danken voor dit mooie werk dat wij jullie bij deze graag aanbieden. Bedankt Willy.

Gust Mariëns  
ON7GZ  
Voorzitter V.R.A. vzw



© V.R.A., Vlaamse RadioAmateurs vzw, 2012

*Niets in deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder de voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever. Alle rechten voorbehouden*

*No part of this publication may be reproduced or brought to the public in any form, by print, photocopy, microfilm or by any other means, without prior written permission of the publisher. All rights reserved.*

# Bruce antenne.

door Willy Acke, ON4AW



## 1) Wat is een gordijnantenne?

Een gordijnantenne is een vorm van broadside straler die meestal samengesteld is uit in fase stralende en ontvangende elementen (uit koper- of aluminium draden of buisjes), die in een vertikaal plat vlak op een zodanige manier opgesteld, geschikt en gecombineerd zijn, dat ze zorgen voor een maximale straling en een optimale ontvangst in een bepaalde richting en zin.

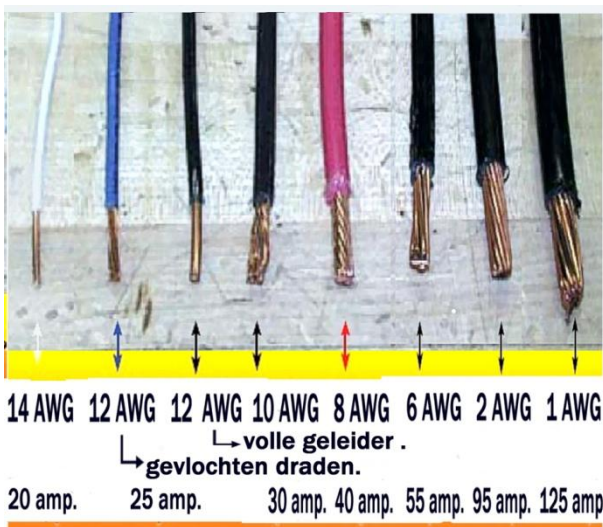


fig. 0

Dat doel probeert men te bereiken met een minimum aantal elementen per vierkante meter oppervlakte. Andere soorten antennen die gemakkelijker te bouwen en op te hangen zijn, zullen voor een zelfde gegeven oppervlakte of volume in de

ruimte niet dezelfde hoge gain verwezenlijken. Bij een goed ontworpen gordijnantenne bedraagt de bandbreedte rond de gekozen center-frequentie dikwijls een octaaf.

Het stralingsdiagram behoudt zijn goede vorm binnen een 2:1 tot 2,5:1 frequentieverhouding.

Het behoort tot de mogelijkheden, op een elektrische manier, dit stralingsdiagram over 20 graden in azimut en elevatie te sturen.

Gordijnantennen kunnen verschillende vormen aannemen, waaronder de Sterba, Bruce, en H-antennen. Sterba en de "luie H" antenne zijn horizontaal gepolariseerd. Bruce en XH-antennen zijn meestal vertikaal gepolariseerd, maar dat hangt natuurlijk af van de manier waarop men ze ophangt. Men zou ze even goed horizontaal gepolariseerd kunnen opstellen.

Een vertikaal gepolariseerde Bruce antenne kan op een eenvoudige manier geïnstalleerd worden met lichtgewicht metalen draden, op de hoeken van deze antenne die een rechthoekige vorm heeft, met nylon koorden naar steunpunten opgehangen, en zonder dat er een ingewikkelde procedure nodig is om de antenne op een gewenste frequentie af te stemmen. Het is de stroom in de vertikaal naar beneden hangende antenne-draden, die de straling veroorzaakt.

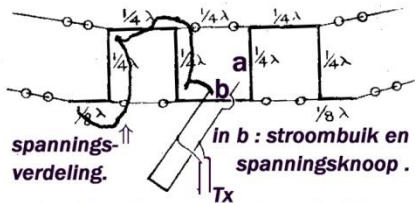
Dipolen, zowel de horizontale als de vertikaal opgestelde, die werken op 80 m en 160 m hebben vrij grote afmetingen. Daarom kan men kiezen voor de halve vierkant antenne of voor de bobtail. Vergeleken met de winst van een grondvlak antenne, hebben deze 2,1 dB en 4,6 dB winst. Hoewel dit voor ons nuttige antennen zijn, hebben ze een niet al te grote bandbreedte, typisch minder dan 100 kHz bij een SGV kleiner dan 8:1 op de 80 m band. Daarom is het aangewezen ze te voeden via een antennetuner.

Voor het spannen van een bobtail voor de 80 meter band, is er een stuk grond of tuin nodig met behoorlijke afmetingen. Een Bruce antenne voor de 80 m band, is kleiner (20 meters hoog op 80 m en 40

meters op de 160 meter band), eenvoudig te bouwen en heeft een grotere bandbreedte dan een bobtail of een half vierkant.

## 2) De Bruce antenne eigenschappen.

Eenvoud is een van de hoofdkenmerken van een Bruce antenne.



De uiteinden van de kwart golf Q-aanpassingstransfo sluiten aan op voedingspunt a of b. Op deze aanpassings-stub kan dan een lintlijn van 300 of 450 ohm afgetakt worden. Ofwel voedt men in a of b met een 9:1 balun.

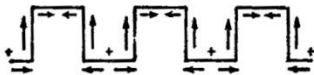


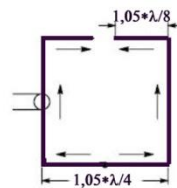
fig. 1

De Bruce antenne is een bigdirectionele, vertikaal gepolariseerde draadantenne. Ze bestaat uit een aantal kwartgolflengte elementen, behalve de twee afsluitende- of eindelementen die elk slechts een achtste golflengte lang zijn. Op deze verder met niets verbonden einddraden staat er een hoge spanning en nul stroom. Teneinde een voldoende grote versterking te bekomen, is het aan te raden, de totale horizontale afmeting van de antenne niet kleiner te kiezen dan twee golflengten. Nochtans zullen een aantal door OM's gebouwde Bruce's slechts  $(3/4)\lambda$  lang zijn wegens plaatsgebrek en streven naar eenvoud. Voert men deze antenne(n) uit voor 2 meter of 70 centimeter, dan zal de  $2\lambda$  afmeting vereiste geen probleem opleveren, ook niet voor de 10 meter of 15 en 20 meter band, voor Oma's die een langwerpige tuin hebben.

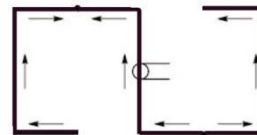
De volgende figuur toont enkele mogelijke uitvoeringen van de Bruce antenne.

Op de uitvoering(en) zijn de hoogfrequente stromen met pijlen aangegeven en ze heffen elkaar in de horizontale secties op door hun tegengestelde zin. In de verticale niet, want daar zijn alle stromen in fase. Dit verklaart dat deze antenne een vertikaal gepolariseerde (sterke bidirectionele) straler is: de vertikaal gepolariseerde velden tellen bij elkaar op. De Bruce

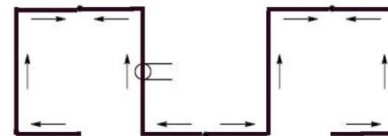
antenne kan gevoed worden aan het uiteinde van een verticale draad, maar meestal voedt men ze in het midden van een verticale draad, in een stroombuik. Wanneer men de Bruce voedt in het midden van de middelste horizontale draad, gaat het stralingsdiagram over van een broadside naar een end-fire straling, maar in dit laatste geval, end-fire, bedraagt de winst bij uitstraling naar de uiteinden van de antenne, in het vlak van de antenne-elementen, slechts 3,2 dB voor vier verticale secties, inplaats van 4,6 dB.



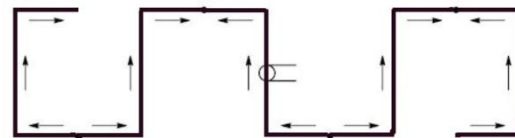
(A) 2-element.



(B) 3-element.



(C) 4-element.



(D) 5-element.

Bruce antennen met 2 tot 5 verticale elementen. Mogelijke voedingspunten zijn aangegeven d.m.v. een cirkel met 2 streepjes hetgeen niet betekent dat op die punten een coaxiaal kan aangesloten worden.

fig. 2

## 3) Ontstaan en opbouw van een Bruce.

De volgende figuur toont, hoe men een Bruce antenne uit een draad van bijvoorbeeld drie-en-halve golflengten lang, kan ontwikkelen, met de stroomverdeling die op de delen daarvan is aangeduid.

De frequentie van de links aangesloten generator wordt zo gekozen, dat een aantal staande golven op de draad ontstaan, waarbij elke volgende stroomverdeling de tegengestelde polariteit heeft van de onmiddellijke bureu.

De stukken van de draad worden opeenvolgend geplooid tot men de definitieve (rechthoekige) vorm overhoudt.

Uit de deelfiguur c) blijkt al dat de stromen in de horizontale draden even groot en tegengesteld zijn en elkaar opheffen, terwijl ze in de verticale draden allen

dezelfde zin hebben en dus in fase werkend samentellen, zorgend voor een sterke straling en ontvangst met verticale polarisatie.

Uiteindelijk is de volledige antenne afgebeeld in d).

Volgens sommige antennebouwers moeten de lengten met 1,05 vermenigvuldigd worden, maar als men draad onder dikke isolatie gebruikt met een verkortingsfactor 0,95, komt dit dus neer op  $0,95 \times 1,05$ , dus dicht bij 1 maal een kwart golflengte op de gekozen centerfrequentie  $f$ , of  $\lambda/4 = 300/(4 \times f)$  meters indien  $f$  gegeven is in MHz. Nemen we als voorbeeld het segment 28,5 MHz op de 10 meter band, met  $4 \times f = 114$ , dan wordt elke kwart golf zijde  $300/114 = 2,63$  meter lang. Gemiddeld zal de SGV over de gehele band niet groter zijn dan 1,5 zodat men een antennetuner niet meer hoeft bij te regelen.

De ontvangststerkte van deze antenne ligt 5 S-punten hoger dan die van een verticale dipool, en een werkelijke gain van 5 dB vervangt een lineaire versterker die driemaal het uitgangsvermogen zou moeten afleveren dan het HF uitgangsvermogen van de gebruikte Tx. Inderdaad, bij een 100 watt Tx, zou gelden:  $5 \text{ (dB)} = 10 \cdot \log(P/100)$ . Men mag een uitdrukking altijd vermenig-vuldigen met 1, wat in het Briggse logaritmestelsel gelijk is aan:  $\log(10)$ . Bijgevolg is  $5 \cdot \log(10) = 10 \cdot \log(P/100)$  of  $0,5 \cdot \log(10) = \log(P/100)$ . We passen nu de eigenschap uit het Briggse logaritmestelsel toe:  $a \cdot \log(b) = \log(b)^a$  of hier:  $\log(10)^{0,5} = \log(P/100)$ . Dit is een logaritmische vergelijking waar we aan beide zijden van de uitdrukking "log" mogen schrappen:  $(10)^{0,5} = 3,16 = P/100$  of  $P = 316$  watt.

Een lineaire versterker achter onze 100 W Tx zou dus 316 watt moeten afleveren om hetzelfde resultaat te komen, als wat een 5 dB Bruce hier verwezenlijkt.

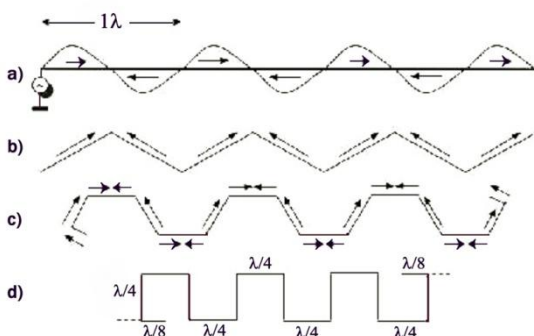


fig. 3

De stromen in de verticale gedeelten van de antenne combineren zodanig, dat er een gunstig vertikaal stralingsdiagram ontstaat, wanneer men de antenne voedt met een symmetrische 450 Ohm of 600 Ohm lijn. Voeden met 50 Ohm of 75 Ohm heeft geen zin, want dan ontstaat er een staande golf verhouding van 22/1. Wanneer men voedt met 600 Ohm kippenladder of 450 Ohm lintlijn, of met een coaxiale 50 Ohm kabel over een 1-naar-9 ferrietkernbalun, dan blijft de SGV=SWR beneden de 1,6 over een brede band. Aan deze gunstige eigenschap van de antenne, is nog toe te voegen, dat er niet noodzakelijk in de grond gegraven koperen of ijzeren radialen nodig zijn voor een goede werking, zoals dat wel het geval is bij vele andere antennen, vooral verticale. Zoals hieronder zal blijken, kan een dergelijk tegengewicht nochtans bij een praktische uitvoering wel een verbetering van de werking bewerkstelligen.

Het onderste horizontaal gedeelte van de Bruce bevindt zich op minimum drie meters boven de aardoppervlakte. Achter deze antenne kan op een kwart golf afstand, een zelfde niet gevoede antenne geplaatst worden, eventueel 5 procent groter, die dient als reflector. Dan wordt de antenne sterk directief voor zowel ontvangen als uitgezonden signalen die in een horizontaal vlak op de antenne vallen. Hierbij onderscheidt men twee gevallen. Indien de antenne in het midden van het middelste (dit is het gemakkelijkst bereikbaar) horizontaal element gevoed wordt en dus end-fire werkt, worden de golven die loodrecht op het vlak van de antenne aankomen, opgeheven en de andere die aan de uiteinden binnenkomen, worden versterkt. Voedt men dezelfde antenne echter in het midden van een verticale straler, dan gebeurt net het omgekeerde en straalt en ontvangt de antenne broadside. Deze toestand blijkt uit de volgende figuur:

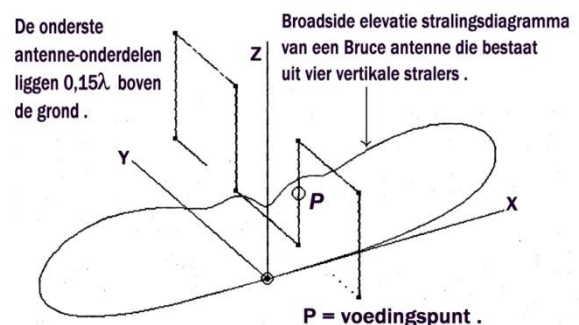


fig. 4

Het voedingspunt in het midden van een verticale draad, is niet gemakkelijk toegankelijk. Men kan de nylon koorden aan de hoeken van de antenne dan vieren vanaf de steunpalen of bomen waaraan hun uiteinden bevestigd zijn, teneinde het voedingspunt gemakkelijker bereikbaar te maken. Er bestaat in dat verband wel een deluxe oplossing voor degenen die zich dat (geldelijk) kunnen veroorloven, en dat is de Bruce antenne op te hangen en te spannen tussen twee motoraangedreven uitschuifbare verticale masten, waarmee men dan de ganse draadconstructie van de antenne, met een klik van een elektrische schakelaar naar beneden kan laten of weer omhoog kan trekken.

Teneinde de draadantenne (trek-) sterk genoeg te maken, is het aan te raden, dat men ze volledig uit 1 lange ononderbroken draad opbouwt, en niet uit met elkaar te verbinden stukken dikke koperdraad. In dit laatste geval is het best de uiteinden van deze draden niet aan elkaar te solderen, maar wel te braseren met koperen baguetten die afgesmolten worden in een vlamboog, getrokken tussen twee koolstofstaven, geklemd in de houders van een lasapparaat.

De enige beperking van de Bruce antenne op de decametriche banden, is dat men ze moet ophangen voor een voorkeurrecht, die zoals hierboven vermeld, in het geval van broadside straling en ontvangst loodrecht staat op het vertikaal plat vlak waarin ze ligt, en bij een end-fire werking in het vertikaal vlak zelf ligt, zodat andere richtingen niet goed aan hun trekken zullen komen.

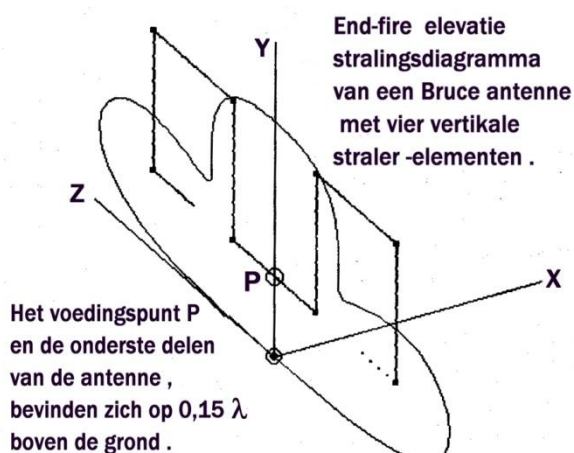


fig. 5

Niets verhindert ons echter een met een motor verdraaibare uitvoering te maken voor bijvoorbeeld de 2 meter band, waar de antennedraden aangespannen op stand-off isolatoren kunnen gemonteerd worden, die zelf vastgeschroefd worden op een draaibare houten structuur. Deze bestaat dan uit een kader, vervaardigd uit gecreosoteerde latten, die men tegen weersomstandigheden kan beschermen met een scheepsvernis met daarboven een laag groene natuurverf.

Wanneer men evenwijdig met de antenne, als reflector op een achtste van een golflengte, nog een gelijkaardige, niet gevoede Bruce aanbrengt, stijgt de winst merkkelijk, afhankelijk van het gekozen aantal elementen.

#### 4) Een Bruce antenne met 4 verticale elementen voor de 20 m band.

Vervaardigt men een Bruce antenne voor de 20 meter band, bijvoorbeeld het telegrafiegedeelte, dus op een frequentie van 14050 kHz, dan meet een kwart golf 5,76 m. Deze draden zijn 5,76 meters (in de lucht) lang voor blanke koper of aluminium draad, maar gebruikt men bv. dikke (geïsoleerde) koperen VOB-draad (bij Gamma te koop voor het leggen van elektrische leidingen in de muur van huizen en appartementen), dan verkleint de lengte tot 5,47 meter of minder, door rekening te houden met een verkortingsfactor van 0.95, of kleiner als  $k_v$ , bijvoorbeeld = 0,9 is. Wenst men in fonie te werken, dan kunnen de afmetingen 5 procent verkort worden. Zoals al vermeld, is het best niet te werken met stukken draad of plooibare dunne buis met lengten, die nog aan elkaar moeten gesoldeerd worden, maar een grote lengte draad tot de juiste afmetingen te plooiën in rechthoekige vorm, waardoor de hoeken van de antenne zullen ontstaan. Polyester -koord of nylon koorden uit een supermarkt of een winkel van scheepsartikels, gespannen naar bomen, palen, masten of andere steunen, houden de volledige antenne in haar juiste vorm op haar plaats. Als het laagste onderste gedeelte van de antenne een tweetal meter boven de grondoppervlakte hangt, zal ze nog goed presteren. (de beste hoogte boven de aarde is 0,15 golflengten, dus voor een 20 m antenne is dat 3 meter). Op deze hoogte kan men een tweede polyesterkoord spannen om er al de hoekpunten aan vast te maken.



fig. 6

### Voeden:

Deze antenne wordt gewoonlijk gevoed in het midden van één der centerverticale kwart golfdraden. Maar er bestaat niet veel verschil in werking (en 3 tot 5 dB winst afhankelijk van het aantal elementen), wanneer men de voedingslijn aansluit op één van de buitenste verticale benen.

Als men de antenne voedt in het midden van één der vertikaal naar beneden hangende draden, gebeurt dit het eenvoudigst met een 300 Ohm lintlijn met grote gaten in de isolatie, en een antenne afstemmer met 300 Ohm ingang: eventueel zelf te bouwen, indien men daarover niet beschikt.

Of met een zelfgemaakte 600 Ohm kippenladder of met een goede kwaliteit coaxiale kabel via een 50 Ohm naar 300 Ohm breedband balun, dus 1:6 op ferriet of ijzerpoeder ringkern gewikkeld, of een dito 50 Ohm naar 600 Ohm, dus 1:12 balun. Met een 1:9 of een 1:4 balun zal het ook lukken.

### 5) Bijzondere opstelling: twee boven elkaar geplaatste Bruce's.

Men kan twee Bruce antennen boven elkaar plaatsen en in het midden voeden zoals hieronder voorgesteld.

Hierdoor vergroot de verticale directiviteit en wordt het voedingssysteem echt symmetrisch.

De lengte van de elementen kan berekend worden uit: kwart golf =  $75/f_{\text{MHz}}$  en achtste golf =  $33,5/f_{\text{MHz}}$  met in beide gevallen het resultaat in meters.

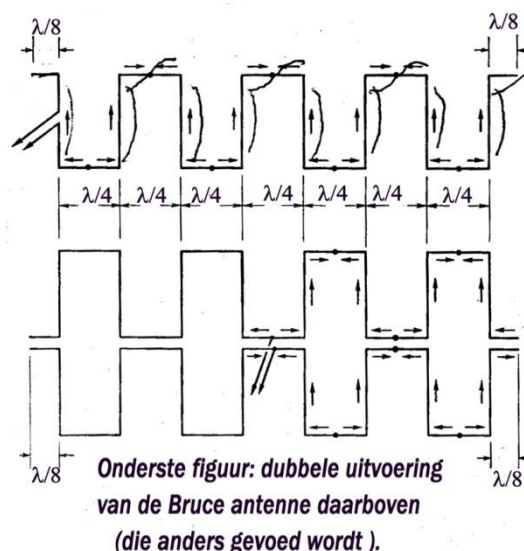


fig. 7

### 6) Bruce antenne met twee verticale elementen voor de 20m en 40 m band.

Als de oppervlakte van de tuin of van een plat dak niet geschikt is voor het opstellen van een Bruce antenne, kan men de breedte en hoogte van deze laatste wijzigen, terwijl de mogelijkheid blijft bestaan, om ze op verschillende punten van de draadstructuur te voeden.

Als vuistregel kan men stellen dat 20 procent wijziging in de breedte/hoogte verhouding, geen invloed heeft op de goede werking van de antenne. De bouwer (KY6R) van deze antenne, koos 9,1 meter voor de verticale stukken draad en 13,7 m voor de horizontale in plaats van 10,4 m tot 11 m voor beiden. Hij voedde het eerste element met een 450 Ohm kippenladder of als alternatief met een 4:1 balun waarop aan de onderzijde een 50 Ohm coaxiale kabel werd aangesloten, die naar de shack leidde. De onderzijde van elke verticale draad kwam juist boven het plat dak uit, en de Bruce vertoonde op de 40 m band, een 3 dB winst boven zijn verticale antenne die hij vroeger gemonteerd had met 60 radialen die daaronder in de grond ondergedolven waren. Deze Bruce werkt ook zeer goed op de 30 m band, via een antenne tuner, en wel met een grotere directiviteit dan op 40 m, waar de antenne bijna omnidirectioneel straalde en ontving. Op de 20 m band nam die richtingsgevoeligheid toe, en had de Bruce dezelfde gain als de 2-element 20 meter



yagi van de auteur, die 13 meter hoog boven de grond geïnstalleerd was. Zowel het azimut- als elevatie-stralingsdiagram van de Bruce, bleek behoorlijk goed op de drie vernoemde banden, en de Bruce werkte ook nog met aanmerkelijke resultaten, op de 80 meter band, op ogenblikken dat er geen condities waren op 40, 30 en 20 meter. Men kan veronderstellen dat de 9,1 meter lange verticale draden werken zoals verkorte verticale halve golf dipolen die op de 20 meter band in fase gevoed worden, met een gemeten totale gain van 4,2 dB (broadside). De fasering die door de 13,7 meter lange horizontale scheidingsdraden wordt ingevoerd, bedraagt 135 graden.

### Bruce antenne voor de 40 m band .

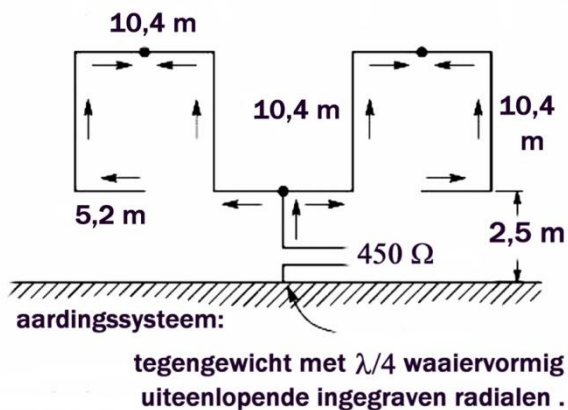


fig. 8  
Enthousiaste commentaar van KY6R: dit is een gemakkelijk te installeren draadantenne met 4,2 dBd gemeten gain, een bandbreedte van minstens 200 kHz, en een signaal/ruis verhouding die beter is dan deze van alle andere antennen die ik tot nu toe bouwde en gebruikte. De opstraalhoek bedraagt 20 graden met een stralingsdiagram met een grote hoofdlob, die bijna vrij is van zijlobben.

### 7) Bruce antenne voor de 80 m band.

De antenne bestaat uit een dikke koperen of aluminium draad (of gevlochten stalen waskoord onder isolatie als men niets beters heeft, maar deze zal na enkele jaren doorroesten), enkele golflengten lang, die zodanig geplooid wordt, dat de stromen in de verticale draden in fase zijn en in de horizontale gedeelten in tegenfase, zodat de erdoor veroorzaakte velden elkaar in deze laatste opheffen en niet bijdragen tot straling of ontvangst. Elke zijde van de vierkante constructie is  $1,05 \times \lambda/4$  lang. De verticale gedeelten zijn dus ook maar  $1,05 \times \lambda/4$  hoog. Het

voordeel van deze soort antenne, is dat ze op verschillende punten van de opstelling kan gevoed worden.

Bij een gewone verticale grondvlak antenne of bij andere verticale antennen waarvan de bouw berust op een enkele verticale draad of pijp, is een tegengewicht nodig, dat onder de antenne in de grond gegraven wordt en bestaat uit meerdere waaier-vormig uiteenlopende draden, minstens een kwart golflengte lang, die in 1 punt samenkomen en daar goed elektrisch geleidend verbonden zijn met een aardingspiket, buis of plaat.

Bij de Bruce antenne is dat niet nodig, en men noemt ze daarom een aardingsonafhankelijke antenne. Dat betekent echter niet, dat men er de werking niet kan van verbeteren door toch een tegengewicht van meerdere geleidende draden (in dit geval werden slechts 2 radialen gebruikt: meer radialen betekenen echter minder verliezen) onder de antenne in te graven, waardoor de verliezen die veroorzaakt worden door stromen en golven die verloren gaan in de aarde onder de antenne, zullen verkleind worden.

De volgende figuur toont een voorbeeld van een Bruce met een dergelijk tegengewicht.

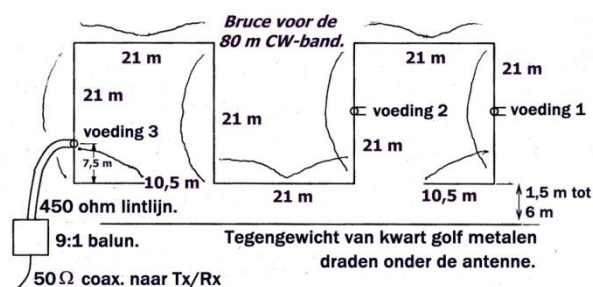
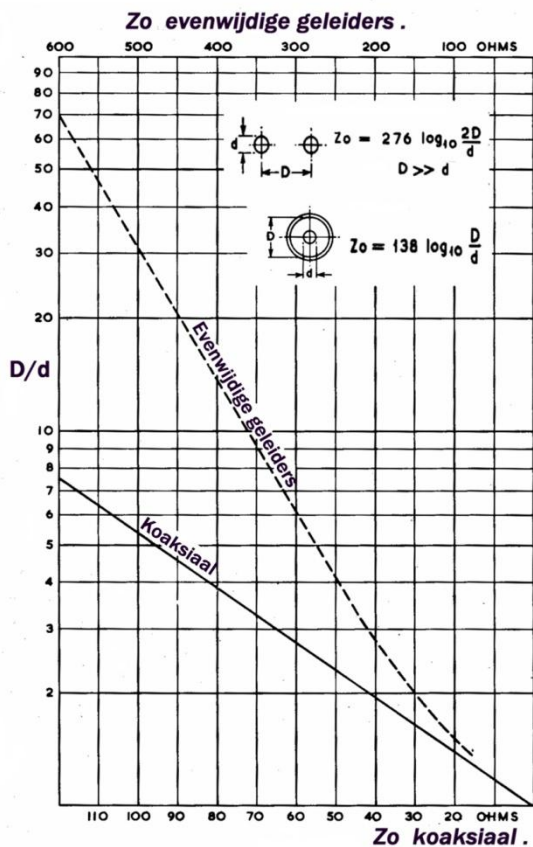


fig. 9

Een 4-element Bruce kan op verschillende punten gevoed worden zoals op de figuur is aangegeven. De impedantie bedraagt in de voedingspunten 1 en 2, 370 Ohm, deze waarde zal goed aangepast zijn aan een kippenladder die vervaardigd is uit twee AWG #16 (van 1,291 mm diameter uit de volgende tabel) draden op een onderlinge afstand van 3 cm zoals blijkt uit de volgende transmissielijn grafiek en uit de formule die daarin gegeven is, en die ons toelaat de berekening uit te voeren.



**Voedingslijn grafiek om zelf een kippenladder te maken , of een kwart golf Q-aanpas-trafo.**

fig. 10

De karakteristieke impedantie van een Lecher lijn met twee evenwijdige geleiders, bedraagt:  $Z_o = 276 \cdot \log(2D/d)$  waarin de log de Briggsse of tientallige logaritme is, d de diameter der geleiders en D hun onderlinge afstand.

De 276 zou normaal moeten gedeeld worden door de vierkantswortel uit de relatieve diëlectriciteitsconstante  $\epsilon_r$  van het isolatiemateriaal tussen de twee draden, maar in ons geval is dat praktisch lucht, en voor droge lucht is  $\epsilon_r$  gelijk aan 1, en de vierkantswortel daaruit is ook 1.

Een zelfgemaakte lijn met twee geleiders #16 op een onderlinge afstand van 3 cm heeft een karakteristieke impedantie van:  $Z_o = 276 \cdot \log(2D/d) = 276 \cdot \log(30/1,291) = 276 \cdot 1,366 = 377$  Ohm; we zochten 370 Ohm, dus het verschil is op het gebied van foutenberekening verwaarloosbaar.

Bekijken we de volgende tabel met gegevens over de zogenaamde (Amerikaanse) AWG draadstandaard, die

in radioamateur kringen vaak gebruikt wordt in verband met de constructie van antennen:

AWG	mm	AWG	mm
000000(6/0)	14,73	18	1,024
00000(5/0)	13,12	19	0,912
0000(4/0)	11,68	20	0,813
000(3/0)	10,40	21	0,723
00(2/0)	9,266	22	0,644
0((1/0)	8,251	23	0,573
1	7,348	24	0,511
2	6,044	25	0,455
3	5,827	26	0,405
4	5,189	27	0,361
5	4,621	28	0,321
6	4,115	29	0,286
7	3,665	30	0,255
8	3,264	31	0,227
9	2,906	32	0,202
10	2,588	33	0,18
11	2,305	34	0,16
12	2,053	35	0,143
13	1,828	36	0,127
14	1,628	37	0,113
15	1,450	38	0,101
16	1,291	39	0,09
17	1,150	40	0,08

In het voedingspunt nummer 3 van de figuur 9, lichtjes uit het centrum verschoven, dus naast het stroom - maximum, bedraagt de impedantie 450 Ohm. N6LF verkoos zijn Bruce antenne iets lager dan het midden van een verticale draad te voeden met een 450 Ohm commerciële symmetrische voedingslijn met grote gaten in de isolatie, omdat hij op die plaats 450 Ohm gemeten had, ofwel met een 9:1 breedband ringkern balun, onderaan gevoed door een 50 Ohm coaxiale kabel RG216. Men kan ook zelf een ladderlijn maken met #18 (met 1,024 mm diameter uit de tabel), met twee draden op een onderlinge afstand van 4 cm. Laten we daarvan de golfweerstand berekenen:  $Z_o = 276 \cdot \log(2D/d) = 276 \cdot \log(40/1,024) = 276 \cdot 1,59 = 440$  Ohm, dus zeer dicht tegen de nagestreefde 450 Ohm.

Welke voedingswijze men ook gebruikt, steeds zal de SGV lager liggen dan 2:1 over meer dan 400 kHz bandbreedte van de 80 meter band, dus van 3500 kHz tot 3900 kHz, in feite al een grotere bandbreedte dan nodig. Deze SWR wordt wel beïnvloed door de geleidbaarheid van de grond onder de antenne en de hoogte

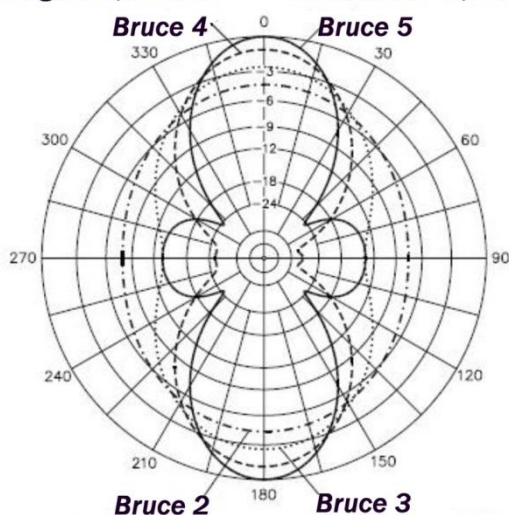
boven de grond. De antenne heeft 4,6 dB winst bij een - 3 dB bundelbreedte van 55° van de bidirectionele hoofdlob waarbij de antenne breedzijdig (broadside) straalt en ontvangt. Van zodra men de antenne op een afstand van 3 meter of meer van een metalen steuntoren ophangt, worden de prestaties van deze antenne daardoor niet beïnvloed. Bij een ophanging tussen bomen stelt er zich helemaal geen probleem.

De afmetingen van de antenne zijn niet kritisch. Indien men beschikt over enige reserve hoogte, bv. hoge bomen of hoge masten, dan is het niet nodig een vierkantvormige uitvoering aan te houden, maar kan men de verticale gedeelten langer maken en de horizontale korter. Het omgekeerde is ook waar als men een langgerekte tuin heeft.

N6LF heeft onder zijn Bruce voor de 80 meter band, in de grond twee kwart golf radialen ingegraven, die samenkomen in een zelfde punt onder het midden van de antenne, waar de voedingslijn wordt op aangesloten.

De volgende figuur geeft het stralingsdiagram weer in de vrije ruimte van 2-, 3-, 4- en 5-element Bruce antennen.

Max. gain: 7,35 dBi. Frekwentie=3,7 MHz.



Vergelijking van de stralingsdiagrammen van Bruce antennen met 2 tot 5 elementen.

fig.11

Hoe breder en groter de antenne is, des te groter is de gain, maar het stralingsdiagram wordt dan scherper en directiever, en er verschijnen ook enkele zijlobben. Het heeft daarom weinig zin, een Bruce

antenne te bouwen met meer dan 5 elementen.

Beschikt men over een voldoende grote tuin, om een dergelijke antenne op te richten voor de 80 meter band, dan spreken de auteurs die een dergelijke Bruce, of zelfs ene met slechts drie elementen bouwden, over "hun iedereen overklassend 80 m band >>kanonschot<< tijdens dx-contesten".

Waarschijnlijk doet een twee element draaibare cubical quad op 80 m (die we zagen in Philadelphia) het echter beter. Indien men in vergelijking met de quad, meer winst wenst op te bouwen voor een Bruce, dan kan men 3 dB extra bekomen door op een afstand  $\lambda/8$  achter deze antenne een reflector te hangen met dezelfde vorm, maar met een 5 procent grotere afmeting.

Als men daar de tijd en de moeite toch voor over heeft, kan men nog een stap verder gaan, en deze reflector niet op een  $\lambda/8$ , maar op een  $\lambda/4$  afstand achter de hoofdantenne hangen, en beiden in fase voeden ofwel met een gekruiste voedingslijn ofwel met een niet gekruiste wat een sterk unidirectioneel stralingsdiagram met ofwel een 90° ofwel 180° fasedraaiing zal veroorzaken.

Dit worden echter stilaan Amerikaanse toestanden en weinigen onder ons zullen daartoe over de nodige ruimte en middelen (zoals ophangmasten) beschikken.

#### Naschrift:

Edmond Bruce was niet alleen de originator van de Bruce antenne, maar ook de uitvinder van de ruitantenne, gekend onder de benaming rhombic of rhombus.

Hij had gehoopt dat het patentenbureau aan die antenne (zoals er bijvoorbeeld veel in Oudenburg/Ruiselede staan en verspreid over Zwitserland) zijn naam zou geven, maar men noemde die antenne oorspronkelijk 'diamond', wegens de vorm van een ruitachtig geslepen diamant.

Achteraf werd die naam dan in rhombic gewijzigd, die een interessante DX-antenne is, en zelfs voor de ontvangst van verre afstand TV gebruikt werd door radio amateurs om slow scan beelden met zelfgemaakte ATV-apparatuur over te zenden en te ontvangen, dus op VHF en UHF, en niet alleen op de decametrische korte golven.

### **Bibliografie, geraadpleegde werken.**

1. Developments in short-wave directive antennas, door E. Bruce, Proc. IRE, augustus 1931.
2. Edmond Bruce, inventor of the Rhombic, door TF4M in Amateur Radio, October 2006.
3. Theoretical and practical aspects of directional, transmitting systems, door E.J. Sterba in PROC. IRE, vol. 19.
4. A modified 2 Element Bruce Array That Works Surprisingly well, door Rich Holoch, KY6R in eHam net, juni 2010.
5. A 20 Meter 4 Element Bruce Array door KY6R Rich Holoch, in Ham Radio, februari 2009.
6. Antennas with gain and bandwidth for 80 and 160 m, door Rudy Stevens N6LF, in verschillende publicaties.
7. The 1937 Antenna Handbook.
8. A Bruce Array, door Steve, SM5JAB in Ham Radio, januari 2007.
9. Amateur Radio Antenna wire size table of AWG, in HamUniverse 2006.
10. Bruce antennas, op het internet.

# Collineaire antennen en de Super-J.

Door Willy Acke ON4AW.



## De collineaire antenne.

### Beschrijving en enkele eigenschappen.

Een collineaire antenne kan een beam of een quad vervangen.

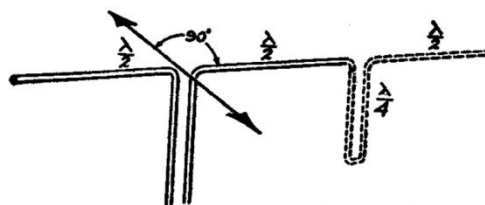
Deze eenvoudige draadantenne is geschikt voor degenen onder ons die een langgerekte tuin hebben of een lange zolder waar ze kan opgehangen worden. Ze wordt soms de Marconi-Franklin antenne genoemd. Een collineaire antenne bestaat uit een reeks in elkaars verlengde (vandaar de benaming colineair of colineair of colineair) liggende halve golf dipolen, die via  $\lambda/4$  stubs (als faserende lijnen) in fase gevoed worden. Bij de studie van antennen in het algemeen speelt de wederzijdse inductie tussen elementen een rol. Tussen twee elementen van een collineaire antenne bestaat er slechts weinig wederzijdse beïnvloeding door inductie, doordat ze in rechte lijn liggen.

Een collineaire antenne wordt bijna altijd horizontaal opgesteld en ze straalt onder een lage hoek, wat gunstig is voor dx-verbindingen.

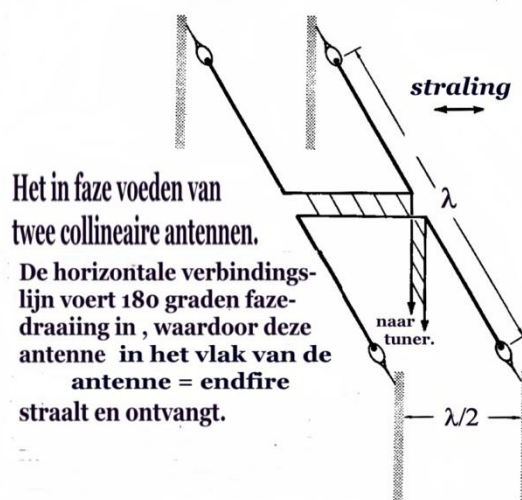
Bij een horizontale opstelling staat de straling van het geheel, met een maximum in het midden, breedzijdig of loodrecht op het vlak dat vertikaal door de elementen van de antenne gaat. In de Engelstalige literatuur noemt men deze "broadside"-straling.

Hiertegenover staat dat sommige andere soorten antennen in het vlak waarin meestal twee of meer in fase gevoede antennen liggen, maximaal straalt loodrecht op het midden van de antennendraad of -buis. Dit noemt men "endfire", wat betekent dat het hoogfrequent in het vlak zelf van de antenne(s) afgevuurd wordt, en niet loodrecht op dat vlak zoals in het geval van broadside straling en ontvangst. Zowel broadside als endfire antennes kunnen desgewenst horizontaal of vertikaal opgesteld worden, maar uit de hierboven gegeven definitie blijkt dat endfire antennes minder geschikt zijn voor een verticale uitvoering, want welk nut heeft het een deel van het hoogfrequent vermogen verloren te schieten in de grond vanaf het antennedeel dat naar de aarde gericht is.

Een onvolmaakte aarde en de omringende bebouwing kunnen demping veroorzaken.



De pijlen geven aan, wat er bedoeld wordt met breedzijdige of broadside straling.



Het in fase voeden van twee collineaire antennen.

De horizontale verbindingslijn voert 180 graden fazedraaiing in, waardoor deze antenne in het vlak van de antenne = endfire straalt en ontvangt.

fig.1

Daarom kan men metalen radialen onder de collineaire ingraven, hoewel dit niet algemeen voorkomt en geen noodzaak is. Boven een ideaal geleidende aarde staat de antenne het best op een hoogte van een halve golflengte op de centerfrequentie.

In principe voegt men telkens twee ( $0,95 \cdot \lambda/2$ ) elementen toe, ene aan elke zijde van het voedingspunt. Normaal is de stroom in twee aan elkaar grenzende halve golf gedeelten van een draad of metalen buis, in tegenfase. Dit is een ongewenste toestand, die men kan opheffen door tussen beiden een  $\lambda/4$  stub aan te brengen. Daardoor zijn de  $\lambda/2$  antennen wel elektrisch van elkaar gescheiden (met een hoge weerstand = de impedantie bij resonantie van de kwart golf stub op het uiteinde van elke  $\lambda/2$ ), maar hun veldver-

delingen stralen allen in dezelfde richting en zin en tellen op.

Een hierbij aanbevolen werkwijze is de volgende: Men voegt een  $\lambda/4$  stub toe, iets langer gekozen dan een kwart golflengte en vervangt de kortsluiting op zijn uiteinde tijdelijk door een hoogfrequent ampèremeter. Dit kan een thermokoppel ampèremeter zijn of een goedkope 1 mA meter (beter 500  $\mu\text{A}$ ) met een diodegelijkrichter, eventueel te vervangen door een gloeilamp. Het kortsluitstuk met de meter of lamp wordt verschoven tot de grootste stroom door de indicator wordt aangeduid door de meteruitslag of de helderste oplichting. De kortsluiting wordt dan hersteld. Zo kan men de antenne afregelen en uitbreiden met telkens twee elementen, deze procedure herhalend. Wanneer de naald van de meter buiten de schaal zou dreigen te vallen, kan men de meter (of de lamp) shunteren met een stuk ijzerdraad met hoge weerstand, of een shunt uit een oud afbraak analoog meettoestel. Bij een niet in het midden gevoede antenne, voegt men telkens 1 stub en 1 element toe, en regelt die af.

Indien bovendien een aanpassingsstub (of een Q-kwart golf aanpassingstransformator) zou gebruikt worden tussen het voedingspunt van de volledige antenne en de voedingslijn, dan moet ook deze bijgeregeld worden voor maximum stroom in het kortsluitstuk op het uiteinde, maar slechts nadat alle elementen van de antenne op de gepaste manier in fase verbonden zijn.

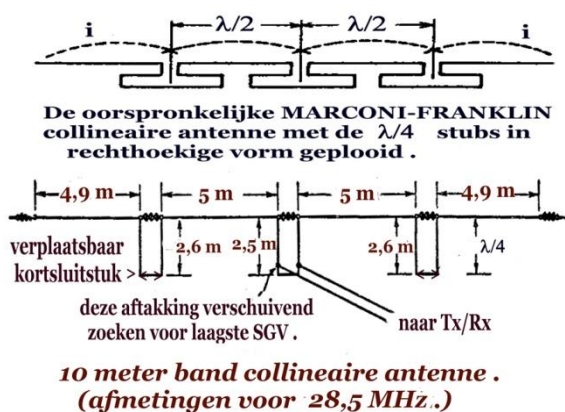


fig. 2

Vergroot men het aantal in fase gevoede elementen van een antenne, dan verkleint de openingshoek of de -3 dB bundelbreedte van het stralingsdiagram, en vergroot de winst of versterking. Het heeft niet veel zin te overdrijven met het toevoegen van steeds meer elementen, want dit levert

slechts een kleine meerwinst op en bovendien ontstaan daardoor ongewenste zijlobben in het stralingsdiagram. Tevens is een deel van het toegevoerd hoogfrequent vermogen al uitgestraald door het meestal in het midden gevoede gedeelte, vooraleer de hoogfrequente stroom de verste op het uiteinde gelegen elementen bereikt. Deze krijgen dus minder, en vertraagd, stroom. Daarom worden zelden meer dan vijf gelijnde elementen gebruikt, hoewel er studies bestaan over colineaires met 32 elementen in een lijn.

In de meeste gevallen bestaat een collineaire antenne dus uit twee tot vijf in fase gevoede halve golf stralers, die in een rechte lijn liggen (en daar zullen we ons aan houden in wat hier onderstaand volgt), afgewisseld en met elkaar verbonden door op het einde kortgesloten stukken kwart golf lijn, die zelf niet stralen, omdat de stroom- en spanningsverdelingen die op de beide zijden daarvan staan, elkaar opheffen.

De  $\lambda/4$  koppelstukken gedragen zich op de resonantiefrequentie van de antenne als paralleltrikringen in resonantie. Door de hoge impedantie van deze trikringen, is de stroom op de uiteinden van elke  $\lambda/2$  straler zeer klein, en de spanning in die punten zeer hoog. Bij draad kan de voedingspuntweerstand op 4000 tot 6000 Ohm geschat worden en bij het gebruik van aluminium of koperen buizen daalt deze weerstand tot 1000 Ohm of minder.

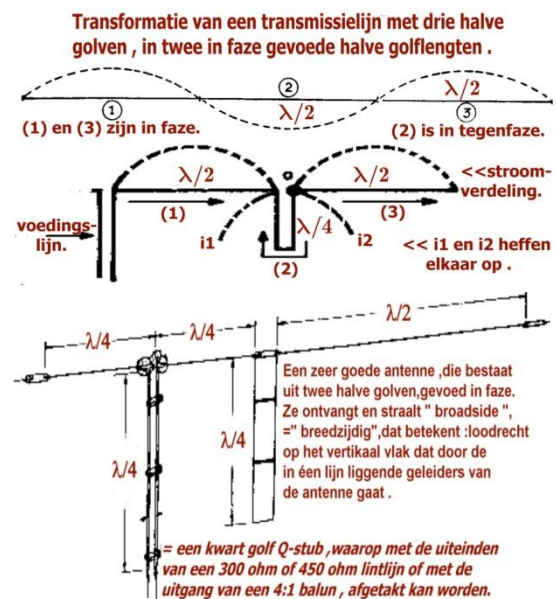


fig. 3

Het verschijnsel van het toegenomen aantal zijlobben doet zich ook voor wanneer een collineaire, bijvoorbeeld op de twee meter of 70 centimeter band, al te hoog opgesteld wordt, waardoor het gunstig weerkaatsingseffect van de aarde verdwijnt.

Alle collineaire antennen kunnen op een van de twee uiteinden gevoed worden, maar de stroomverdeling is dan ongunstiger dan bij een symmetrische voeding in het midden, en het stralingsdiagram bestaat dan niet meer uit een hoofdlob met twee zijlobben, maar uit een klaverblad van vier lobben.

De voedinglijn kan vervaardigd worden uit twee draden AWG nummer 14 op 10 cm van elkaar en op regelmatige afstanden gescheiden door polystyreen staafjes. Nochtans kan men zich deze moeite besparen door zich in de handel verkrijgbare kilowatttype 450 Ohm of 300 Ohm lintlijn voor dat doel aan te schaffen. In de polyesterisolatie daarvan zitten grote gaten, waardoor de verkortingsfactor  $k_v$  ligt tussen de 0,82 en de 0,9. De verkoper kent deze waarde van  $k_v$ . Als men voedt met een 600 Ohm ladderlijn (zelfgemaakte kippenladder) zijn de verliezen op deze lijn kleiner dan via een 4:1 of 6:1 balun, met een op de ingang daarvan aangesloten 50 Ohm coaxiale kabel.

### 1) Collineaire + reflector.

Wanneer men een collineaire antenne bouwt voor de 2 m of de 70 cm band, kan men er zelfs een reflector achter plaatsen voor een sterk gerichte straling (bv. 15 dB winst). Hier geldt het algemeen principe, dat men door een reflector achter de antenne aan te brengen, deze unidirectioneel wordt. De reflector is bij een enkelvoudige dipool 5 procent langer dan de antenne en staat er op een  $\lambda/2$  afstand achter.

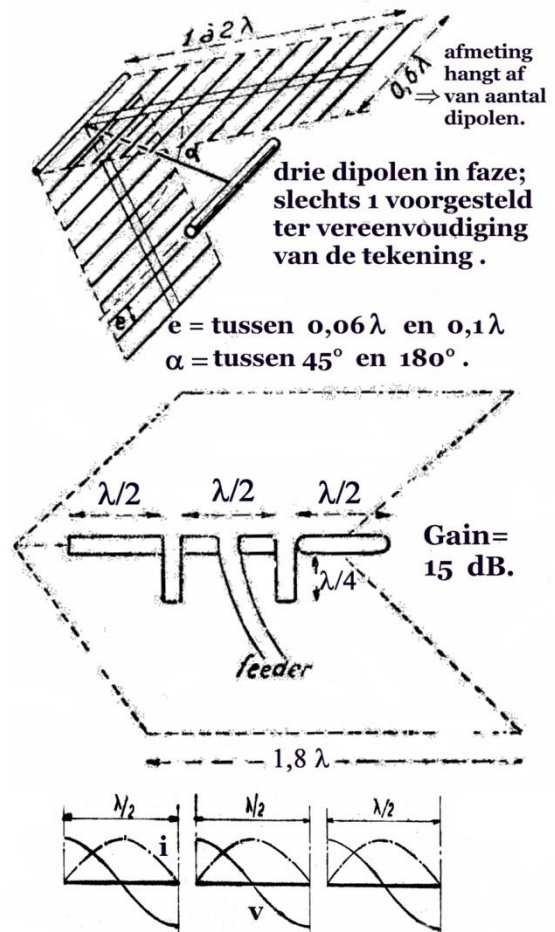
De reflector kan bestaan uit evenwijdige metalen staafjes met een lengte van  $0,5\lambda + 5\%$ , met een tussen-afstand van  $0,1\lambda$ . Op deze wijze vangt dit scherm niet teveel wind.

De openingshoek van het stralingsdiagram verkleint en de straling is sterk gebundeld met nul straling naar de uiteinden toe.

Door de aanwezigheid van de reflector daalt de voedingspuntweerstand van bijvoorbeeld een collineaire met drie halve golven, tot 75 Ohm, zodat men deze antenne kan voeden met een 75 Ohm lintlijn of via een 1,5:1 balun of trombone, met daarop aangesloten coaxiaal.

### Principe van reflector achter collineaire.

\*\*\*\*\*



Spanning (v)- en stroom (i) - verdeling op deze antenne. Zonder reflector bedraagt de winst 3,2 dB.

fig.4

De totale lengte van de reflector bedraagt meestal minstens  $1,8\lambda$  en wanneer de hoek tussen de twee reflectorvlakken, 60 graden bedraagt, kan men van de afgebeelde antenne een winst verwachten van 15 dB. De antenne staat dan op een halve golf van de snijlijn tussen de twee reflectorvlakken. Deze afstand wordt verminderd tot  $0,35\lambda$  wanneer men de ingesloten hoek gelijk maakt aan 90 graden of tot  $0,25\lambda$  als de hoek gelijk is aan  $180^\circ$  wat betekent dat de reflector dan een plat metalen vlak wordt achter de antenne.

### 3) 145 MHz culinaire antenne, gevoed via een 4:1 balun.

De antenne wordt met afstandsisolatoren gemonteerd tegen een geverniste houten drager of een PVC waterleidingspijp, die dan horizontaal kan bevestigd worden tegen een houten of (op voldoende afstand

van) een metalen draagmast, of aan een boom in de tuin, of aan een schoorsteen op het dak of een draagbalk op de zolder.

De  $\lambda/4$  stub is vervaardigd uit aluminium staafjes met een vierkante doorsnede met 4 mm zijde, 103 (+5) cm lang, en in het midden zodanig geplooid dat het kortsluitend eindsluitstuk, loodrecht op de twee parallel geleiders, 5 cm lang is. De stub kan eventueel vastgeschroefd worden op een rechthoekig stuk polyethyleen, nylon- of teflon- plaat die aan alle zijden 2 cm groter is dan de afmetingen van de stub.

In deze uitvoering is de stub vastgemaakt op een isolerende drager met rechthoekige doorsnede, die dwars doorheen een rechthoekige opening in een nylon blok tussen de twee halve golf stralers, is doorgevoerd. Op de bijgaande figuren zijn geen afmetingen weergegeven, maar de afbeeldingen spreken voor zichzelf.

Een nylon blok met de gepaste afmetingen, zit als isolator in het midden van de antenne. Langs de twee benen van de kwart golf lange stub, worden de uiteinden van een halve golf coaxiale balun verschoven tot bij een gereduceerd HF vermogen van de Tx in de shack, de SGV-meter de kleinste waarde aangeeft, zo dicht mogelijk bij 1:1. Daarna worden deze uiteinden goed elektrisch geleidend verbonden met hun aftakplaatsen op de stub.

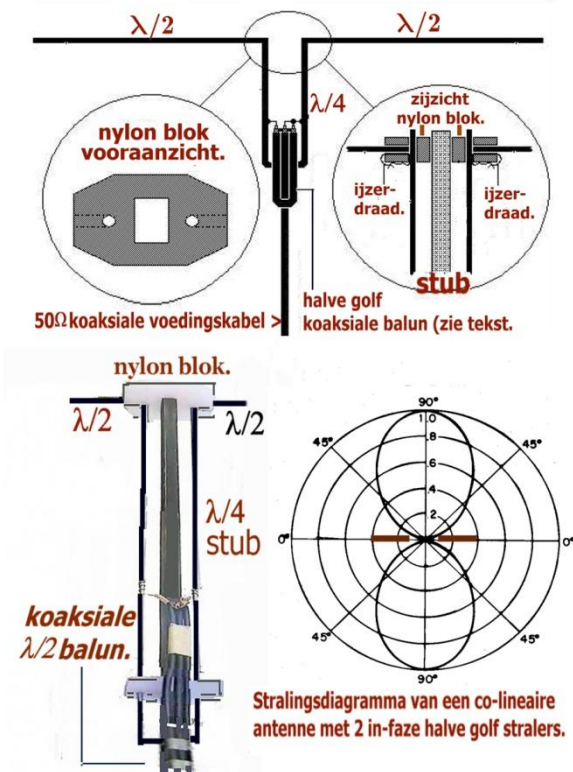


fig. 5

Zoals de detailfiguur binnen een cirkel aangeeft, worden twee sterke inox ijzerdraadjes gebruikt om een goede elektrische verbinding te verzekeren tussen de twee halve golf stralers en de twee kanten van de  $\lambda/4$  stub, die lopen doorheen de twee gaten die dwars doorheen het nylon blok geboord zijn. Dat laatste blok is sterk genoeg om de sterkste windvlagen te weerstaan en toch alle elementen op hun plaats te houden.

De coaxiale  $\lambda/4$  balun transformeert de 50 Ohm van een goede kwaliteit coaxiale voedingskabel naar 200 Ohm. Een halve golflengte op 145 MHz bedraagt 103 cm, maar voor de vervaardiging van de balun dient rekening gehouden te worden met de verkortingsfactor van de polyethyleen isolatie van de kabel, en daardoor wordt een  $\lambda/2$  gelijk aan 69 cm, die men dubbel kan plooiën tot tweemaal 34,5 cm. Men zou de balun ook in zijn geheel kunnen oprollen en de windingen samen plakken met onweerbestendig plakband.

#### 4) Enkele beschouwingen over colineaires met 3 (en meer) elementen.

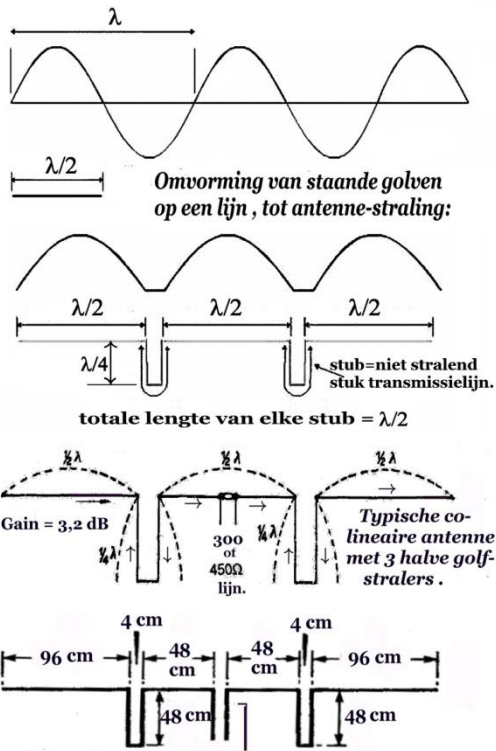
Het installeren van een collineaire antenne wordt vergemakkelijkt door end-fire elementen te gebruiken. Het grote voordeel van een dergelijke uitvoering, is dat de afstemming ervan niet kritisch is, en de onderlinge spatiering tussen de elementen klein gekozen kan worden.

Als steun voor de volledige antenne volstaan twee bevestigingspunten in een gebouw, masten of boomstammen. Collineaire antennen kunnen, zoals al opgemerkt, niet rechtstreeks met een laagohmige transmissielijn tussen twee elementen (= halve golf dipolen) gevoed worden omdat de stralingsweerstand daar tot vele kOhms kan oplopen en deze hoge voedingsweerstand zal moeilijk aan te passen zijn aan een transmissielijn.

Het is niet nodig, dat er zich aan weerszijden van het voedingspunt een gelijk aantal elementen zou bevinden maar wanneer dat wel het geval is, zal deze symmetrie maken, dat de stroom in de elementen aan beide zijden van het voedingspunt even groot is. Een collineaire antenne zonder reflector heeft een bidirectioneel stralingsdiagram met een lage verticale stralingshoek, goed voor dx, en met halfvermogenpunten bv.  $25^\circ$  weg van de lijn met maximum straling (loodrecht op het midden van de elementen



in het vlak daarvan) en een stralingsweerstand die afhankelijk is van de hoogte, en van de nabijheid van omringende voorwerpen. Voor goede resultaten moeten de antennedraden zich ongeveer een halve golflengte boven de grond bevinden. Bij een horizontaal opgehangen antenne zorgen de faserende verticale secties door hun lood-rechtheid t.o.v. de horizontale lijn, ervoor dat de twee stromen die in elke kwart golf stub in tegenfase vloeien, de straling van de horizontale elementen niet verstoren.



450 ohm twin of 4:1 balun gevoed door koaxiale kabel.

Voorbeeld van een 2 meter antenne met drie halve golf stralers in fase. De afmetingen zijn : 145 MHz  $\lambda/2=99$  cm, 146 MHz  $\lambda/2=96$  cm, 147 MHz  $\lambda/2=94$  cm. Afmeting van de stubs = de helft van deze maten.

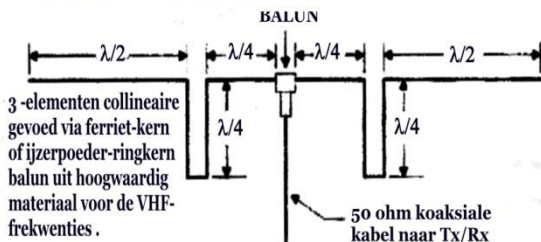


fig. 6

Hoewel de basislengte van een collineair element aanvankelijk gelijk gekozen werd aan een halve golf,  $\lambda/2$ , heeft men ondervonden dat de grotere lengte van  $0,625\lambda=(5/8)\lambda$  als lengte van een element, een grotere bandbreedte garandeert. Daarom wordt bij de beschrijving van collineaire antennen, zoals hierboven al is gebleken, bijna altijd gesproken over "elementen" als onderdelen, en niet over

halve golf dipolen, omdat daar in een aantal gevallen van afgeweken wordt.

Gebruikt men langere elementen dan  $\lambda/2$ , dan is het nodig de afmetingen van de verbindingstubs te verkleinen (zoals bij de uitgebreide zepp antenne, die ook een collineaire is) om de juiste stroomfase te behouden. De kwart golflengte van de stubs laat dan geen volledige faseomkering meer toe met opheffing van de stroomverdeling op beide helften van de stub, waarin de stromen in de tegenovergestelde richting vloeien. In eenzelfde antenne moeten wel al de elementen dezelfde lengte hebben, anders ontstaat er een asymmetrisch systeem met een foute stroomverdeling en een vervormd stralingsdiagram.

Elke opbouw moet alle elementen in fase laten stralen en ontvangen. Om het even hoe groot het aantal elementen van de collineaire antenne ook is, altijd zal de voedings-impedantie kleiner zijn dan 500 Ohm op voorwaarde, dat men in een stroombuik voedt, dus in het midden van een element dat niet noodzakelijk in het midden van de gehele antenne hoeft gekozen te worden. Algemeen geldt dat de winst en de directiviteit van een collineaire antenne, stijgen met een toenemend aantal elementen.

De volgende figuur toont verschillende collineaire antennes A, B, C met twee-, drie-, vier-element uitvoeringen.

Zoals al vermeld, is vijf, de praktische grens, gesteld aan het aantal elementen. De beschikbare ruimte is al een beperkende factor, en de kans op het onsymmetrisch worden van de antenne is een tweede. De figuren gelden voor collineaire antennes samengesteld uit halve golf dipolen met een verwaarloosbare tussenafstand tussen de elementen, d.w.z. dat er tussen de dipolen enkel een niet te lange isolator zit, waar aan weerszijden de draden van de stub op uitkomen. De breedte van de stub mag niet te groot worden, omdat daardoor een bijkomende ongewenste straling zou kunnen ontstaan. Het toevoegen van een derde halve golf dipool aan een collineaire antenne met 2 elementen, verhoogt de winst met 1,3 dB.

Een vierde dipool doet deze nog stijgen met 1,1 dB, een vijfde heeft slechts een vermeerdering van 1 dB of minder: 0,8 dB tot gevolg. Er is dus een niet-evenredige stijging van de winst doordat de verliesweerstand zowel in het vergrote

aantal elementen als in het groter aantal stubs toeneemt.  
 Het vermogen dat in deze laatste verloren gaat, wordt niet uitgestraald.  
 Het eenvoudigste type collineaire antenne is de in het midden gevoede antenne die bestaat uit 2 halve golfantennes, zoals afgebeeld op fig. A hieronder.

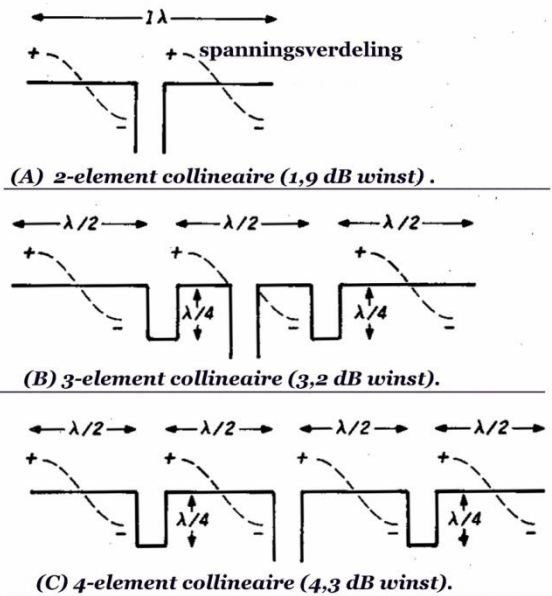


fig. 7

De antenne in de fig. 3 hierboven, bestaat ook uit 2 dipolen, maar op het uiteinde gevoed, waardoor in dat geval het gebruik van een faserende kwart golf stub nodig wordt tussen de twee opeenvolgende elementen. Wat de voeding van deze antennen betreft, merken we op dat een voeding op het uiteinde, een spanningsbuik ziet, dus een hoogohmige toestand.  
 In B is een antenne met 3 elementen voorgesteld, gevoed in het midden van een der elementen in een stroombuik, dus laagohmig. In C is de 4-element antenne weer hoogohmig gevoed. De figuur toont, hoe opeenvolgende elementen via een faserende stub met elkaar verbonden worden. Omdat er een betrekkelijk grote horizontale spanning of trekkracht zit op een dergelijke antenne is het aan te raden voor de ophanging nylonkoord van minstens 4 mm diameter te gebruiken. Een collineaire antenne heeft, zoals aangegeven op de afbeeldingen, een winst van 1,9 dB voor twee elementen, 3,2 dB voor 3 elementen, 4,3 dB voor 4 elementen, 5,3 dB voor 5 en 6,3 dB voor 6 elementen. Gebruikt men 2 evenwijdige collineaire antennen samen als een paar, dan moet men bij deze cijfers telkens 4,5 dB optellen.

De in de volgende figuur voorgestelde antenne zal dus een winst hebben van  $3,2 + 4,5 = 7,7$  dB.  
 Dit kan op een eenvoudige manier verwezenlijkt worden, door de twee collineaire in hun voedingspunt te verbinden met een open draadlijn of 300 Ohm twin, die een halve slag gedraaid wordt. In het midden van deze lijn wordt dan (voor bipolaire straling) de eigenlijke voedingslijn aangesloten. Wenst men een coaxiale voeding te gebruiken, dan is er een (4:1 klassieke) balun nodig tussen de twee voedingspunten in het midden van de getwiste verbindingslijn.

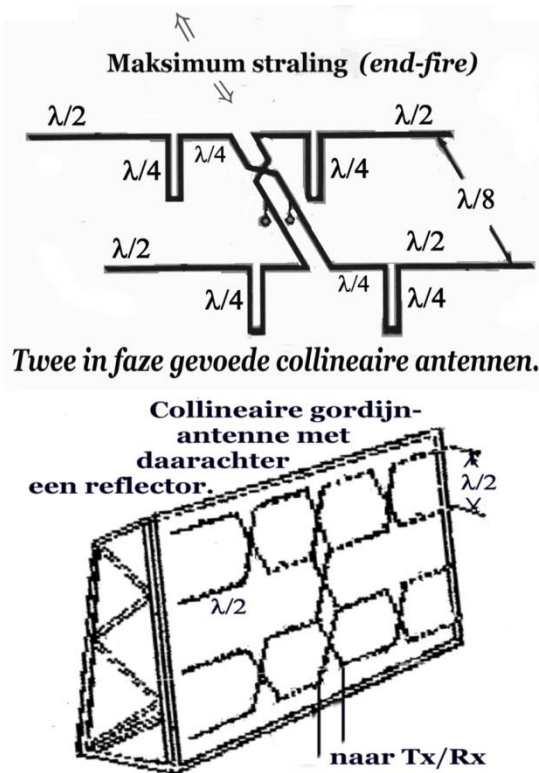


fig. 8

Uit metingen op praktische uitvoeringen, blijkt dat de optimale onderlinge afstand tussen twee collineaire antennen in een endfire opstelling ongeveer een achtste van een golflengte =  $\lambda/8$  bedraagt.  
 Nochtans kan deze afstand gelijk genomen worden aan alle waarden tussen  $\lambda/2$  en  $\lambda/8$  zonder een groot verlies van winst. Te dicht bij elkaar geplaatste elementen zullen een te sterke voedingspuntimpedantievariatie veroorzaken.

De afmetingen een collineaire antenne, samengesteld uit twee evenwijdige delen op een afstand  $\lambda/8$  van elkaar voor de 20 m telegrafiebånd. (14,1 MHz) zijn:  $\lambda = c/f =$

$300/14,1 = 21,28$  m, vermenigvuldigd met een verkortingsfactor van  $0,95 = 20,20$  m.

- lengte van elk halve golf element:  $10,10$  m. Zo zijn er per collineaire, twee dergelijke gelijnde elementen, gescheiden door een kwart golf stub.
- kwart golf stub = faserende sectie uit  $300$  Ohm twin met een isolatie verkortingsfactor van  $0,84$  dat geeft  $(10,10/2) * 0,84 = 4,24$  m
- onderlinge afstand tussen de twee collineaire antennen  $(20,20/8) = 2,52$  m

In de onderstaande tabel zijn de afmetingen gegeven van collineaire antennen voor de  $40$ ,  $20$ ,  $15$  en  $10$  m banden.

Tabel

Frequentie in MHZ

7	7,1	14	21	28	29,5
lengte v.d. elementen in meters:					
20,35	19,5	10,8	6,78	5	4,8
lengte faserende secties in meters					
8,8	8,4	4,4	2,9	2,2	2
spatiëring tussen twee colineaire antennen					
5,4	5,1	2,7	1,8	1,35	1,23

### 5) Het in fase combineren van meerdere antennen of groepen van antennen.

De bundeling van de energie van onze zender in een bepaalde zin en richting, is mogelijk door de richtwerking van niet 1 straler, maar van verschillende stralers in fase te combineren. Een gepaste elektrische uitvoering laat toe antennen of groepen van antennen zodanig met elkaar te verbinden dat de ontvangst- en zendprestaties sterk verbeteren. Hierbij moet niet alleen de elektrische maar ook de mechanische opbouw goed verzorgd worden, vooral de mechanische stevigheid van de montage. Dit is zowel horizontaal als vertikaal gepolariseerd mogelijk, bijvoorbeeld door een aantal halve golf dipolen of gevouwen dipolen op een halve golflengte afstand boven elkaar te laten samenwerken.

Door antennen boven elkaar en niet noodzakelijk (beiden samen kan ook) evenwijdig naast elkaar te plaatsen en in fase te voeden kan men de voorwaartse straling  $3\text{dB}$  of meer verbeteren. Daardoor verbetert ook de voor/achterverhouding drastisch (soms  $40$  dB of  $1$  op  $10000$  in vermogen uitgedrukt), dat is de verwerping van ongewenste signalen.

Antennen zoals halve golf dipolen worden daartoe op een bepaalde manier boven elkaar geplaatst (in het Engels "stacked" of

"stacking") op regelmatige en meestal gelijke afstanden, om een hogere gain en een gunstiger opwaartse, dus verticale, straling te bekomen onder een lage hoek, nodig om Dx-verbindingen tot stand te kunnen brengen. Men spreekt dan over de opbouw van een groepantenne(n) of een 'array'. Antennen die bestaan uit een aantal evenwijdig met elkaar en boven elkaar geplaatste halve golf dipolen, worden gordijnantennen genoemd.

We zullen daarom in wat volgt de benaming 'array' vervangen door gordijnantenne. Daartussen vindt men algemeen toegepast, twee soorten voeding:

- ofwel in het midden gevoed (in het Engels "center-fed"), d.w.z. afgetakt in het midden van een transmissielijn die zelf vertrekt ofwel rechtlijnig, ofwel gekruist, uit de middens van de dipolen.

- ofwel onderaan de volledige antenne opstelling, dus op het einde van de voedingslijn die alle dipolen verbindt. (in het Engels "end-fed").

Een broadsidegordijn of een dwarsstraal antenne kan al samengesteld worden uit drie of vier antennen, meestal dipolen of gevouwen dipolen.

- de antennen liggen in hetzelfde vlak.

- de aslijn doorheen elke antenne maakt een rechte hoek met de rechte lijn die de middens van alle antennen verbindt, de gordijnlijn genoemd.

- alle opeenvolgende antennen liggen op dezelfde onderlinge afstand.

- de stroom doorheen elke antenne heeft dezelfde fase en een even grote amplitude.

- het maximum van de uitgestraalde energie staat loodrecht op het vlak waarin alle elementen van de gordijnantenne liggen.

- gebruikt men elementen die allen in hetzelfde vertikaal vlak liggen, dan heeft de straling en ontvangst plaats in een horizontaal vlak. Ze is bidirectioneel, en de gain is een functie van het aantal elementen en hun onderlinge afstand.

We lichten deze beginselen toe aan de hand van volgende nauwkeurige omschrijving:

#### a) Broadside- of dwarsstraal antenne.

Bij broadside - of dwarsstraal-antennes komen horizontaal gepolariseerde antennen die samengesteld zijn uit  $2$  of  $4$  elementen veelvuldig voor. Het uitzicht van een dwarsstraalantenne is dan laddervormig. Bij horizontale polarisatie ziet ze er uit als een

ladder, bij verticale polarisatie, als een ladder die neerligt op een zijde.

### Typische broadside antennen.

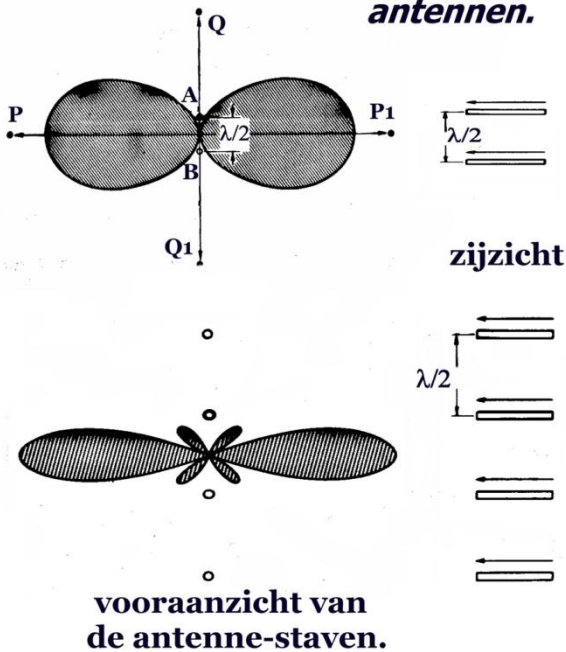


fig. 9

De figuur stelt twee even grote, evenwijdig geplaatste halve golf antennes A en B voor, die in fase gevoed worden en gelegen zijn op een onderlinge  $\lambda/2$  afstand.

In een gegeven punt P, ver weg van de antennen, ziet men de beide antennen samen als een enkel punt. De HF energiestroom naar P, afkomstig van antenne A is in fase met de energie van de antenne B, uitgestraald in dezelfde richting en zin. Bijgevolg zullen de werkingen van de twee antennen, elkaar in die richting en zin versterken, zodat de in P ontvangen en gemeten veldsterkte groot is, groter dan in het geval dat het totaal vermogen zou toegevoerd worden naar slechts 1 van de 2 (nu samen in fase) stralende dipolen.

De straling naar het punt P1 ontstaat op een gelijkaardige manier en men meet er een even grote veldsterkte als de afstand van P en P1 tot de antenneopstelling even groot is. Bekijken we nu een golfvront dat zich beweegt vanaf de antenne B naar het punt Q. Gedurende de tijd dat het zich verplaatst van B naar A, doorloopt het een halve golf. Hierdoor zal de HF energie van B deze van A ontmoeten na een  $180^\circ$  verschuiving zodat de energieën van de twee antennen naar het punt Q toe, elkaar opheffen. Op een gelijkaardige manier, wordt de straling van antenne A naar Q1 toe opgeheven door de  $180^\circ$  verschoven straling van B in dezelfde richting en zin.

Het resultaat van deze werking is, dat er praktisch geen voortplanting en straling verloopt langs de QQ1 as, zodat al de antenne-energie wordt geconcentreerd langs de PP1 as. Aldus ontstaat er een "brede zijde-" of dwars-straling die het sterkste is loodrecht op het vlak dat door de evenwijdige antennestaven gaat, dus "dwars" daarop. Stelt men meer dan twee even grote elementen op in een dwarsstraal-antenne, dan liggen die allen evenwijdig en in hetzelfde vlak. De fase van de stroom, zoals aangegeven door de pijlen, moet dezelfde zijn in al de elementen. Het afgebeelde stralingsdiagram, is altijd bidirectioneel (tenzij men bijvoorbeeld op een afstand van  $0,2\lambda$  een reflector zou plaatsen achter de elementen, wat vrij gebruikelijk is om de antenne gericht te maken). Dit diagram is scherper dan dat van de vorige figuur en de winst is groter, te wijten aan de toevoeging van twee elementen. De directiviteit en de gain hangen af van het aantal elementen en hun onderlinge spaciëring. Een even aantal elementen is niet noodzakelijk. Men kan evengoed een groepsantenne van dit type bouwen met bv. 3 in fase gevoede, boven elkaar gelegen dipolen in een vertikaal vlak.

### De end-fire gordijnantenne.

De term end-fire dekt een aantal verschillende antenneopstellingen en systemen die dezelfde gemeenschappelijke eigenschap vertonen, namelijk dat de maximale straling en ontvangst verloopt in het vlak waarin alle elementen liggen, langs een as die loodrecht staat op het midden van het aantal evenwijdige antenne-elementen of dipolen die allen op dezelfde afstand van elkaar in hetzelfde vlak liggen. De hoogfrequente stromen zijn gelijk in elke dipool. End-fire antennen kunnen zowel bidirectioneel stralen en ontvangen, dus aan een voorzijde en een achterzijde, als ontworpen worden om unidirectioneel te stralen: vandaar de benaming end-fire: een electromagnetisch veld afschieten in het vlak vanuit de voorkant van de antenne, in een welbepaalde richting en zin geconcentreerd en gebundeld.

Een bidirectioneel type kan al verkregen worden met slechts twee elementen, die in hun middens door een voedingslijn verbonden zijn, welke  $180$  graden fase-draaiing invoert.

Unidirectionele types zijn moeilijker te voeden, omdat de voedingslijn in dat geval, noch  $180^\circ$ , noch  $0^\circ$  of  $360^\circ$  draait,

maar een waarde daartussen, wat de antenne moeilijker afregelbaar en verbeterbaar maakt. De winst of gain hangt af van het aantal elementen, van hun onderlinge afstand en van de manier waarop ze in fase gevoed worden.

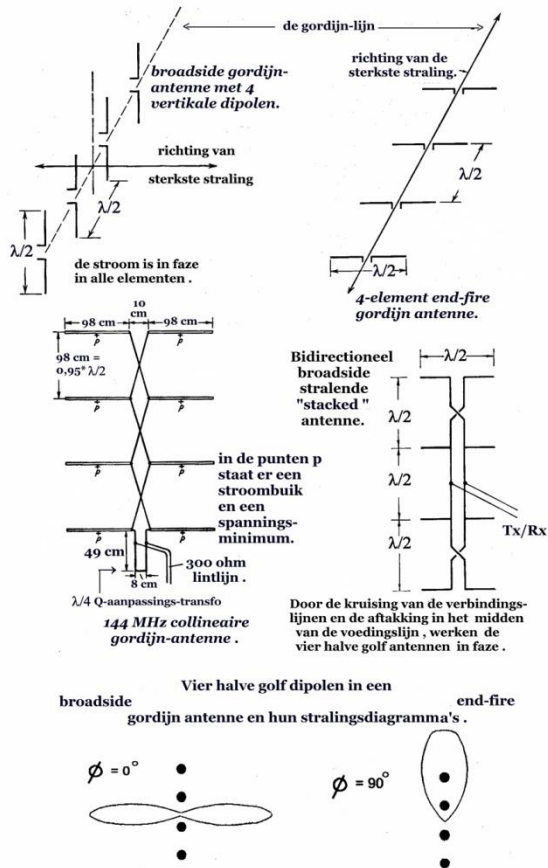


fig. 10

**c) de collineaire gordijn antenne.**

Ze is vergelijkbaar met een broadside gordijn antenne, samengesteld uit een aantal halve golf dipolen, waarvan de HF stromen allen dezelfde grootte en fase hebben en waarvan de middens op gelijke afstanden van elkaar op een rechte lijn liggen, de gordijn lijn. Het verschil met de dwarsstraal antenne is, dat hier nu ook een aantal van deze groeperingen horizontaal naast elkaar (met de typische hierboven besproken opstellingen die bestaan uit 2-, 3-, 4-, elementen in lijn, gescheiden door stubs) en via voedingslijnen in fase met elkaar kunnen verbonden worden. De sterkste straling treedt op in een vlak dat loodrecht staat op de gordijn lijn (in het midden daarvan) en loodrecht op het vlak waarin alle elementen liggen. Hoe groter het aantal gebruikte elementen, des te scherper wordt de hoofdlob van het stralingsdiagram, de directiviteit, en samen

met deze gerichtheid, de gain. De vorm van het stralingsdiagram wordt sterk beïnvloed door de onderlinge afstand tussen de elementen, uitgedrukt in onderdelen van golflengten, en door eventuele faseverschuivingsnetwerkjes zoals de gekruiste draden van voedingslijnen, om de gunstige in fase voorwaarden te creëren. Ofwel laat men de verbindinglijnen ongewijzigd rechtdoor lopen tussen de voedingspunten van twee opeenvolgende dipolen, ofwel draait men ze een slag, maar de keuze van één deze beide oplossingen heeft steeds tot doel de hoogfrequente stromen in alle elementen in dezelfde zin en richting te doen vloeien. Indien de onderlinge afstand tussen elementen zorgvuldig gekozen wordt, kleiner of groter dan  $\lambda/2$ , bekomt men in sommige gevallen betere resultaten dan met een halve golf afstand. Het is nodig alle factoren bij de constructie van groepen van antennen dus goed tegenover elkaar af te wegen, en zowel theoretisch als proefondervindelijk te beproeven ter waarborging van een optimaal resultaat. Bij eenvoudige gordijn antennen, heeft in normale omstandigheden, de gain en de hoofdlob van het stralingsdiagram van een 3-element combinatie een scherpte, die ligt tussen die van een 2-element en een 4-element. Een voorbeeld van een eenvoudig collineair gordijn, dat end-fire straalt, hebben we al bekeken in de figuur 8.

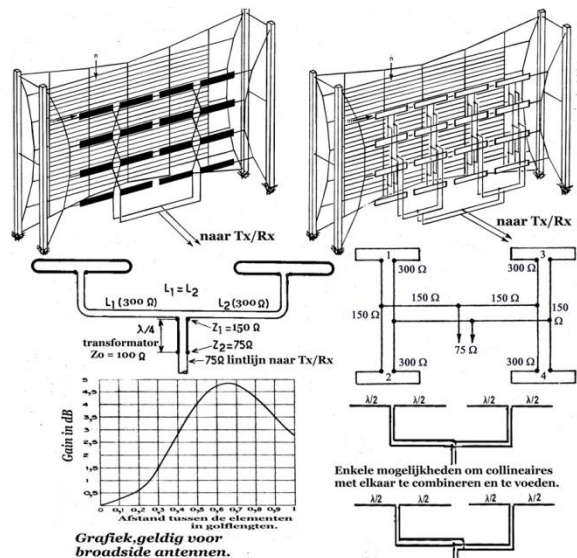


fig. 11

Elke gordijnantenne kan nog richtingsgevoeliger uitgerust worden met de nodige directoren en reflectoren, maar opdat het geheel dan ook nog op de gewenste wijze

zou stralen en ontvangen, is de juiste voedingsmethode met gecombineerde voedingslijnen nodig.

Men kan de werking van de combinaties van antennen nog verbeteren door de geleidbaarheid van de grond daaronder te vergroten. Dat gebeurt door er een "aardmat" onder aan te leggen, dus een soort tegengewicht dat bij andere antennes bestaat uit metalen radialen die waaier-vormig onder de antenne, in de grond gegraven, uiteenlopen, maar in deze collineaire gevallen bestaat uit een aantal evenwijdige draden die op een tiende van een golflengte van elkaar, evenwijdig lopen met de dipolen, tenminste voor zover het gaat over een niet met een motor verdraaibare antenne. De lengte van de draden wordt best gelijk gekozen aan drie halve golflengten, d.w.z. dat onder de opstelling van de dipolen, de aardmatdraden aan elke kant van de uiteinden van de dipolen, nog een halve golflengte verder doorlopen, ingegraven in de aarde op een diepte van bv. 10 cm.

Men kan op dezelfde manier gevouwen dipolen opstellen teneinde een grote signaalversterking te verkrijgen in de gewenste richting en zin. Bijvoorbeeld zullen 2 dipolen 3 dB meer winst geven, dit is het dubbele van het uitgestraald vermogen van een gewone dipool. Vier dipolen leveren 6 dB op of 4 maal het vermogen, acht dipolen geven 9 dB winst of 8 maal het uitgestraald vermogen van een enkele dipool en 16 dipolen zullen 12 dB opleveren of 16 maal dit vermogen. Elke verdubbeling van het aantal antennelementen, resulteert in een verdubbeling van het uitgestraald vermogen of 3dB vermogenswinst.

De onderlinge verbinding en onderlinge aanpassing van verschillende antennen is vaak een moeilijk probleem omdat de impedantie van elke antenne afhangt van haar eigen hoogte boven de grond, en van haar eigen horizontale en verticale afstand t.o.v. de andere antennen en van de steunmast. Veronderstellen we, om een eenvoudig voorbeeld te kiezen, dat men 4 gevouwen dipolen van 300 Ohm in fase zou willen voeden. De antennen 1 en 2 hebben elk een weerstand van 300 Ohm, en daarom kan men tussen beiden een 300 Ohm lintlijn gebruiken. De lengte van deze lijn is niet kritisch maar moet toch zo kort mogelijk gehouden worden. Men kan op

dezelfde manier redeneren op de antennen 3 en 4. Het midden van de lijn die de antennen 1 en 2 verbindt kijkt aan weerszijden uit op 300 Ohm, zodat men in het midden 150 Ohm ziet. Men kan daar dus een 150 Ohm lijn naartoe leggen alsook naar het midden van de lijn tussen de antennen 3 en 4. De lengte van de 150 Ohm lijn is niet kritisch maar wordt toch best kort gehouden, hoewel men hier wel de optimale afstand tussen de horizontale dipolen moet zoeken. Het midden van de 150 Ohm lijn ziet aan beide zijden 150 Ohm, zodat deze twee parallel 75 Ohm opleveren.

Een ferrieringstransfo kan gebruikt worden om deze 75 Ohm aan te passen aan de golfweerstand van een 50 Ohm voedingskabel.

Een andere mogelijkheid bestaat in het gebruik van een op het uiteinde kortgesloten kwart golf lecherleiding, die een Q-transformator of aanpasser genoemd wordt, en waarvan de weerstand over de gehele lengte varieert vanaf nul Ohm op het kortgesloten uiteinde tot ongeveer 2500 Ohm op het open uiteinde (daar in theorie oneindig).

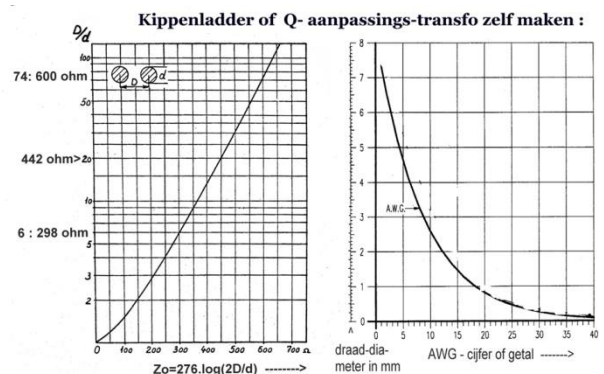


Fig Lecher

Tussen deze Tweed uitersten kan men dus een ganse reeks weerstandswaarden vinden waarop men voedingslijnen met een golfweerstand tussen de 75 Ohm en de 600 Ohm kann aansluiten. Men kan deze aangepaste weerstandswaarden vinden door de blank gemaakte uiteinden van een dergelijke voedingslijn te verschuiven langs de benen van de lecherlijn tot een beste prestatie tot stand komt, te vinden door de SGV in een gezocht aftakpunt, te meten en door de verschuiving zo dicht mogelijk bij een 1:1 waarde in te stellen. In het geval dat bijvoorbeeld twee voedingslijnen van 75 Ohm zouden samenkomen tot een

parallelwerking van 37,5 Ohm vormen, kan op die plaats een kwart golf aanpassende transformator geïnstalleerd worden, waarvan de golfweerstand of karakteristieke impedantie gelijk is aan het meetkundig gemiddelde van de ingangsimpedantie  $Z_i$  en de uitgangsimpedantie  $Z_u$  volgens de gekende uitdrukking:  $Z_o = \sqrt{Z_i \times Z_u}$  of  $(Z_1 \times Z_2)^{1/2}$ . Indien men in het geval van 37,5 Ohm, zou willen overgaan naar een lintlijn van 75 Ohm, typisch gebruikt voor het voeden van een 73 Ohm halve golf dipool, zou de karakteristieke impedantie van de tussen te schakelen kwart golf Q-transformator dan bedragen:  $Z_o = (37,5 \times 75)^{1/2} = 53$  Ohm, hetgeen ons vrij goed uitkomt, want een dergelijke twin bestaat (naast de coaxiale kabels met dezelfde karakteristieke impedantie) ook in de handel. In het geval dat twee 300 Ohm lijnen samenkomen tot een parallelweerstand van 150 Ohm, die men wil aansluiten op een voedingslijn van 75 Ohm, zal de te berekenen waarde van de karakteristieke impedantie van een daartussen te schakelen kwart golf Q-transformator  $Z_o = (150 \times 75)^{1/2} = 106$  Ohm bedragen, dus uitvoerbaar met een 100 Ohm transmissielijn.

Enkele voorbeelden van professionele collineaire antennes.

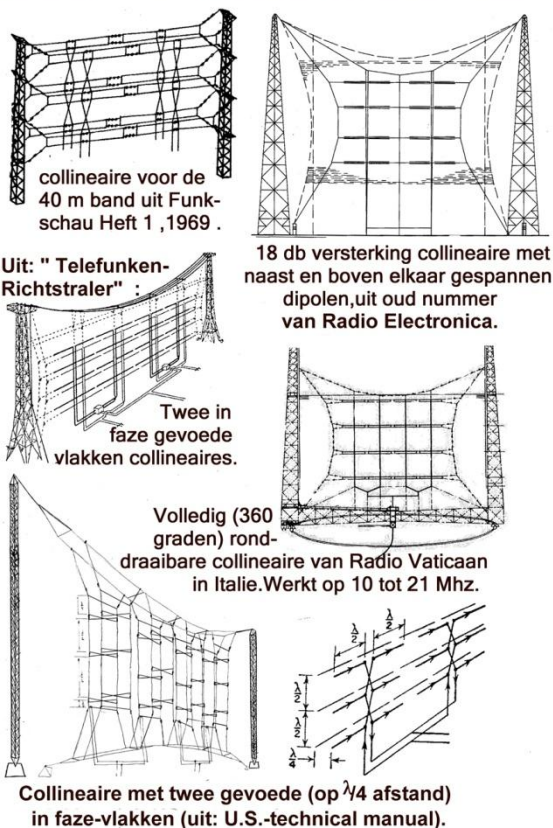


fig. 12

Vergeleken met collineaire antennes, neemt de -3 dB bandbreedte van dwarsstraal-antennes sneller af en ze verliezen daarvoor snel hun rendement wanneer de frequentie afwijkt van die waarvoor ze ontworpen werden.

Dat is te wijten aan de hogere Q factor

$$\left( \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \right)$$

die ze verkregen door hun lagere stralingsweerstand R.

Bij gewone broadside antennes gebruikt men vaak een sterkere koppeling door een kleinere onderlinge afstand tussen de dipolelementen dan bij collineaire antennes. De grafiek onderaan fig. 11, toont de invloed aan van het dichter of verder van elkaar plaatsen van 2 evenwijdige elementen. De gain van twee dwarsstraalelementen is getekend in functie van hun onderlinge afstand. Wanneer men deze kromme vergelijkt met een gelijkaardige voor twee collineaire dipolen, dan vertonen beide grafieken eenzelfde verloop, maar de kromme van de dwarsstraalelementen is veel scherper.

### De invloed op de gain, van wijzigingen in de tussenafstand en van het aantal elementen van broadside en collineaire antennes.

De afstand tussen twee horizontaal in lijn geplaatste even lange antennes bedraagt minstens een kwart golflengte, maar een tussenafstand van een halve golflengte levert een grotere versterking op. In het geval van collineaire elementen waartussen de onderlinge afstand gewijzigd wordt tussen  $\lambda/8$  en  $(5/8)\lambda = 0,625\lambda$ , bedraagt de verandering in versterking ongeveer 1,5 dB. Voor broadside stralende dipolen, is de verandering in versterking groter, namelijk ongeveer 5 dB over hetzelfde bereik van tussenafstanden. Bovendien treedt de beste onderlinge afstand op gebied van versterking in het broadside geval op bij een iets grotere tussenruimte dan het geval is bij collineaire dipolen, namelijk bij  $0,625\lambda$ . Teneinde de fasering en de voeding te vereenvoudigen, gebruikt men echter algemeen een tussenafstand van  $\lambda/2$ .

Door deze afstand aan te houden gaat er slechts 1 dB winst verloren. Wanneer men de afstand tussen 2 elementen echter merkkelijk zou vergroten, verscherpen de hoofdlobben van het stralingsdiagram. Als de antenne bestaat uit slechts twee dipolen die zich bevinden op nauwkeurig een halve golflengte, bestaan er geen kleine lobben in de achterwaartse richting van het stralings-

diagram. Vergroot men echter deze tussenafstand op een overdreven manier, dan gaat de gepaste fase verloren tussen de oorspronkelijke stroom in het ene element en de stroom in het andere element. Het resultaat hiervan is, dat hoewel de grote lobben aangescherpt worden, er tevens kleine lobben ontstaan, gelukkig zonder veel invloed.

Het wijzigen van de onderlinge afstand tussen elementen van een gewone broadsideantenne, beïnvloedt de weerstand in het voedingspunt. Het vergroten van het aantal elementen verkleint de stralingsweerstand in het voedingspunt maar doet de winst toenemen.

Praktische overwegingen beperken echter het aantal elementen dat men mag gebruiken in horizontaal gepolariseerde antennes, en daar hebben we in het bovenstaande al voorbeelden van gezien.

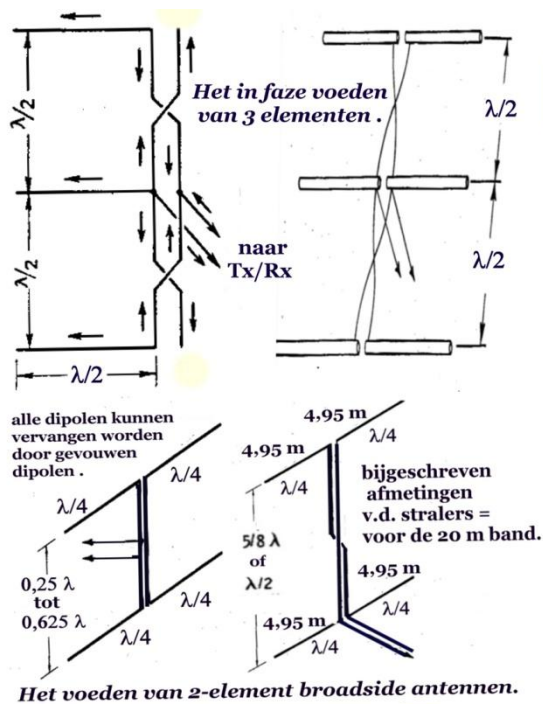


fig. 13

De volgende tabel toont de invloed van het toevoegen van elementen op de winst. Winst in dB bij aantal elementen onderlinge afstand:

	$\lambda/2$	$(5/8)\lambda$
2	4	4,5
3	5 tot 5,5	7
4	6 tot 7	8,5
5	7 tot 8	10
6	8 tot 9	11

Wanneer het voedingspunt in het midden afgetakt wordt van een endfed gordijn met vier elementen, kan men op die plaats voeden met 300 Ohm of 450 Ohm lintlijn of met een 600 Ohm kippenladder. Zoals al hoger opgemerkt, gebruikt men zelden meer dan 5 elementen omdat door de toevoeging van meerdere dipolen die ver afgelegen zijn van het voedingspunt, hogere verliezen optreden in deze meest verwijderde elementen zodat die minder stroom toegevoerd krijgen.

Een onevenwicht treedt dan op en het rendement van de installatie gaat achteruit. Ook wordt de bouw en opstelling van dergelijke antennes moeilijker omdat men over voldoende plaats moet beschikken om de elementen in rechte lijn over meerdere golflengten op te bouwen.

En bij collineaires in lijn, veroorzaken een groter aantal  $\lambda/4$  stubs, hogere verliezen.

### Stralingsdiagram en bruikbaarheid van een collineaire antenne.

Het kenmerkend stralingsdiagram van een collineaire antenne geldt voor een betrekkelijk brede frequentieband rond de resonantiefrequentie van de antenne. Wijkt men teveel af van de centerfrequentie, dan gaat de gewenste versterking en directiviteit verloren. Het systeem werkt dan als een eenvoudige lange draad antenne, wat in sommige gevallen niet te versmaden is in vergelijking met andere soorten antennes die buiten de frequentieband waarvoor ze ontworpen werden, helemaal onbruikbaar worden.

Dat is hier dus niet het geval, en met een antenntuner is deze antenne nog bruikbaar voor en op andere frequenties. Collineaire antennes hebben een grotere stralingsweerstand dan de meeste andere antennes. Een hogere weerstand maakt echter dat de Q-factor kleiner is en de antenne breed afgestemd staat.

Daardoor zal een collineaire antenne beter werken op frequenties naast de resonantiefrequentie, dan de meeste andere soorten antennes (zoals de dwarsstraal antennes waar we in het bovenstaande, precies de omgekeerde eigenschap hebben vastgesteld: smalbandiger door hoge Q-factor).

Dit is een interessant kenmerk, wanneer het er op aankomt, zonder veel bijregelingen van de Tx/Rx, in goede omstandigheden en zonder tijdsverlies te kunnen blijven zenden en ontvangen tijdens contesten.



## 5) Een performante 2 m antenne met vier colineaire dipolen.

Deze antenne met 4,3 dB winst t.o.v. een dipool, bestaat uit 4 halve golf dipolen op 1 lijn, onderbroken door faserende lijnstukken, die maken dat het typisch 8-vormig stralingsdiagram van een enkele dipool, dat bestaat uit twee cirkels, vernauwd wordt tot twee scherpe in elkaars verlengde liggende lobben, met een directiviteit, waarvan de grootte afhangt van het aantal elementen. De aslijn doorheen de twee lobben staat loodrecht op het midden van de J-antenne, waardoor de straling en ontvangst breedzijdig ('broadside') plaatsvindt, d.w.z. loodrecht op het vertikaal vlak dat door de horizontaal opgehangen antenne gaat.

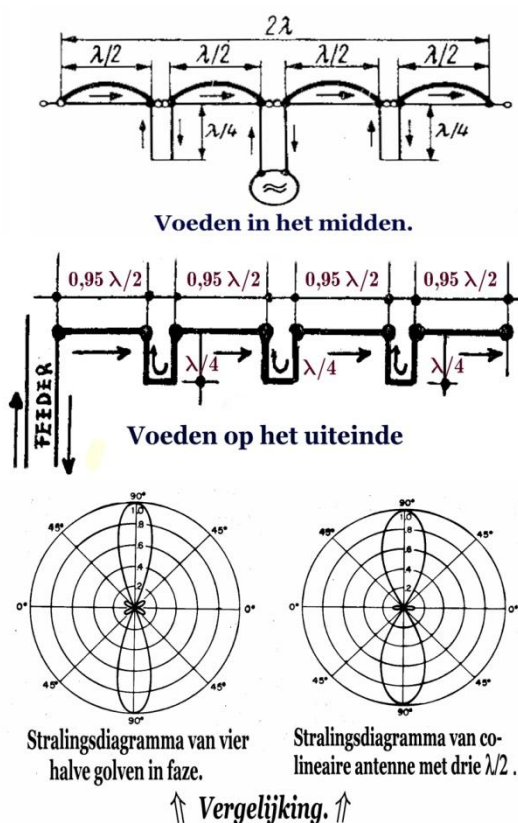


fig. 14

Indien men de hier beschreven antenne met  $2\lambda$  als totale lengte en 4 in fase gevoede dipolen, vertikaal zou opstellen, dan blijft het broadside principe gehandhaafd, maar de antenne straalt en ontvangt omnidirectioneel.

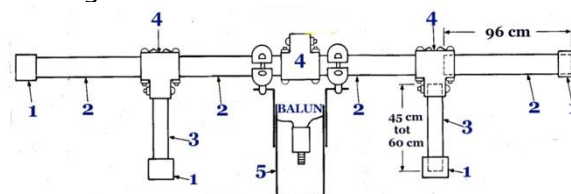
Het correct in fase voeden van de vier  $\lambda/2$  elementen komt tot stand d.m.v. stubs die vervaardigd zijn uit stukken 300 Ohm of 450 Ohm lintlijn, tegen weersomstandigheden beschermd, door ze op te bergen in een dichtgemaakte pvc-pijp. De stubs zorgen voor een 180-graden fasedraaiing

tussen de twee  $\lambda/2$  stralers, waarmee hun uiteinden goed elektrisch geleidend verbonden zijn.

### Mechanische bouw.

De volgende figuur toont de uitvoering en de afmetingen voor een centerfrequentie van 146 MHz. Aluminium buizen en plastic pijpen van 2,5 cm diameter die in elkaar schuiven kunnen hiervoor gebruikt worden, om reden dat de metingen voor die twee soorten, technisch op een andere manier industrieel vervaardigd en aangegeven worden, namelijk met maten van 2,5 cm binnendiameter voor de PVC en 2,5 cm buitendiameter voor het aluminium, zodat deze laatste pijpen binnen de PVC schuiven. De  $\lambda/4$  stubs, worden het goedkoopst vervaardigd uit stukken 300 Ohm lintlijn, ingesloten in een PVC behuizing tegen regeninslag. Deze  $\lambda/4$  lengten twin, worden ondergebracht in enkele centimeters langere PVC pijpen (45 cm tot 60 cm), op het uiteinde afgesloten met een PVC kapje of kurken of rubberen stopsel met de gepaste diameter. Zo wordt weer en wind, stofneerslag en water ver weggehouden van de stukken lintlijn, en kan men deze laatste in hun pijp, op een handige manier d.m.v. PVC-T-stukken, loodrecht op de antennestralers monteren. Alle PVC onderdelen worden met PVC-solvent aan elkaar gelijmd tegen het binnendringen van vochtigheid. Om eventueel toch nog binnengedrongen water af te voeren, kunnen in de gemonteerde stukken PVC nog twee gaatjes geboord worden. De middelste PVC buis is groter van diameter dan de andere, om de balun te kunnen in onderbrengen, een echte balun, dus geen zogenaamde "choke".

De volledig afgewerkte antenne, ziet er dan als volgt uit:



1 = PVC afsluitkapje, 2 = koperen of aluminium pijp met bv. 2,5 cm diameter, 3 = PVC buis die nauw aansluit en past over de straler(s), 4 = PVC-T-stuk van dezelfde categorie als 3, 5 = de aanpassings-stub.

fig. 15

### Het voeden van de antenne.

Een collineaire antenne, samengesteld uit meerdere dipolen, zoals deze, vereist een symmetrische voeding. Sluit hierop nooit rechtstreeks een coaxiale kabel aan, of

idem gevolgd door een "mantelstroom-smoorspoel uit enkele windingen coaxiale kabel", want deze "choke" komt neer op het teniet doen van alle vervaardigingsmoeite en de daarvoor uitgetrokken tijd hoewel de SWR-meter met een dergelijke choke een lage SGV zal aangeven, maar dat is schijn, en een bedrieglijke en foute informatie. Indien men deze antenne rechtstreeks zou voeden met een 300 Ohm symmetrische lintlijn, dan vertoont ze een SGV van 3:1, dus ook niet alle symmetrische voedingswijzen voldoen. De oplossing bleek een aanpassingsnetwerk te zijn, universele stub genoemd, afgebeeld op de onderstaande figuur, met de bijbehorende afmetingen.

Dit aanpassingsnetwerk bestaat uit drie delen dunne roodkoperen buis. Twee lengten van 90 cm of 1 m, verkrijgbaar in elke supermarkt of loodgieterswinkel, leveren het benodigde materiaal om er drie delen mee te vervaardigen, namelijk een U-vormig stuk en twee L-vormige delen. Deze worden met daarvoor geschikte klemmen verbonden met de uiteinden van twee halve golf stralers, gescheiden door een PVC-buis die hier voorgesteld is door een T-uitvoering, maar elk gewoon recht stuk PVC pijp is uiteraard ook geschikt. De koperen U kan tussen de twee L-delen verschuiven net zoals in een muziek-instrumenttrombone, dank zij vier stuks elektrische draadspitsingen, voorzien van schroeven, en verkrijgbaar in elke elektricitshandel. De op te kleine schaal afgebeelde balun, is een 1:4 ferrietkern- of ijzerpoederkern-balun, uit kernmateriaal dat geschikt is voor VHF.

Links op de figuur wordt een goede kwaliteit 50 Ohm coaxiale kabel aangesloten, dat kan ook een binnengeleider- en buitenmantel-verzilverde kleurentelevisiekabel zijn onder witte isolatie, en rechts is de uitgang van de balun, dankzij de twee splitklemmen goed verschuifbaar binnen de universele stub, om het geheel af te regelen voor de kleinste SGV, tijdens een bekrachtiging door de TX in de shack, met een verminderd HF vermogen.

Het is aangewezen hierbij met twee personen te werken: in de shack+ op zolder of buiten, waar de antenne opgesteld wordt. De afregelende persoon kan overal aan, binnen zijn bereik, als er nog geen beschermende PVC -hoed aangebracht is rond het aanpassingsnetwerk.

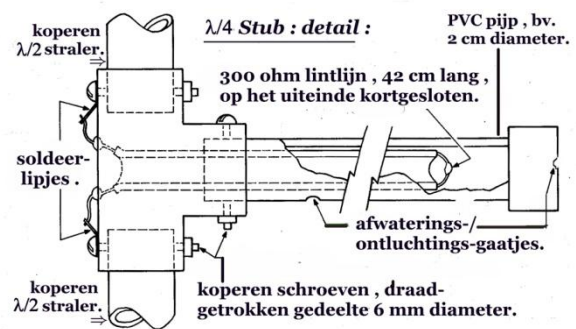


fig. 16

### Installatie en afregeling.

Als men beschikt over een stalen, aluminium of houten mast, waar bovenop een beam, grondvlakantenne of andere antenne gemonteerd werd, kan deze twee meter antenne loodrecht op de aslijn van deze mast opgesteld worden met een beetje vindingrijkheid met isolerende afstandstukken, bijvoorbeeld gecreosoteerde en geverniste bezemstelen, of wat men liggen heeft (pvc-buizen zijn niet goed geschikt voor deze toepassing, ze splijten bij windstoten; teflon is beter maar grotere lengten zijn duur; glasvezel pijpen zijn ook O.K. maar wie heeft deze liggen in de garage of in het tuinhuisje, of op zolder?). De 2 meter colineaire wordt stevig vastgeschroefd, zodat de antenne barre weersomstandigheden kan doorstaan, en wel zo hoog mogelijk, maar wel minstens 1 meter lager dan het laagste gedeelte van de beam of andere antenne die boven op de mast staat. De twee gaatjes die in elke stub PVC-pijp geboord werden, om eventueel condensatiewater af te voeren, moeten zo goed mogelijk naar beneden gericht zijn.

Indien de universele stubaanpassing of trombone nog niet afgeregeld werd, zoals hoger beschreven, kan dat nog gebeuren, terwijl de antenne voorlopig nog lager onderaan de mast, geïsoleerd daarvan opgesteld staat. Verschuif eerst het U stuk van de trombone om een zo klein mogelijke SGV te bekomen, in de shack gemeten bij een gering bekrachtigend HF vermogen aan de uitgang van de Tx op de gewenste frequentie, in dit geval 146 MHz, en verschuif daarna de uitgangsklemmen van de balun tot de SWR nog verbetert. Herhaling van deze procedure zal toelaten een zo gunstig mogelijke SGV in te stellen, waarna alle schroeven en spanklemmen definitief en goed spannend aangedraaid worden.

Degenen die een zeer precieze afregeling wensen, kunnen overwegen de twee halve golfstralers in het midden, uit te voeren met telescopische koperen of aluminium buizen die met metalen spanbandjes op ingezaagde groeven, kunnen vastgezet worden, na het langzaam verschuiven en aanpassen om een steeds betere SWR te bekomen op de gewenste centerfrequentie. Dit kan plaatsvinden met de twee buitenste halve golf stralers verwijderd. Deze worden na het bekomen van de beste SGV, aan de twee andere toegevoegd via de bijbehorende stubs, en perfectionisten kunnen dan ook nog de twee buitenste halve golf stralers telescopisch uitvoeren en ook deze nog bijtrimmen voor een allerlaatste beste resultaat.

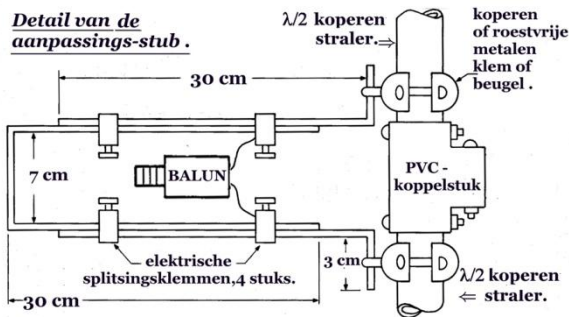


fig. 17

Deze antenne zet prima resultaten neer. Repeaters die op 100 kilometers afstand van de antenne staan, worden zonder moeite aangesproken met 10 watt HF vermogen.

## 6) Colineaire antenne met 5 halve golven in fase.

We bekijken de uitvoering van een twee meter antenne die bestaat uit vijf halve golf stralers, telkens gescheiden door een kwart golf stub, waardoor ze in fase gevoed worden.

Het voedingspunt is gekozen in het midden van de middelste halve golf dipool, waarop een symmetrische 300 Ohm of 450 Ohm lintlijn met grote gaten in de isolatie is aangesloten, die op deze VHF frequenties veel minder verliezen vertoont dan een voeding met coaxiale kabel, gevolgd door een balun.

De twin is niet rechtstreeks verbonden met de antenneklemmen, maar is afgetakt op een kwart golf impedantie-transformerende stub (kan met open uiteinde zijn of met kortgesloten uiteinde: zelf uitproberen voor het beste resultaat), waardoor het mogelijk is een SGV van 1:1 in te stellen. Zowel

deze stub, als de lintlijn, vertrekken vanaf een isolerende steun met de gepaste vorm, loodrecht op de lijn waarin de vijf stralers liggen, dus vertikaal naar beneden hangend.

Dieper kan de lintlijn onder een zekere hoek naar de Tx/Rx in de shack gevoerd worden en daarop aangesloten via een 1:4 of 1:6 balun. De antenne kan langs een gecreosoteerde en geverniste houten drager gemonteerd worden of een waterleidingspijp met dikke wand, via gewone goedkope afstandsisolatoren waarmee men televisieantennen op een mast op een dak monteert. Men kan de antenne uitvoeren voor een centerfrequentie van 145 MHz of misschien beter 146 MHz en omdat ze vrij breedbandig is, met 1 MHz aan weerszijden van deze frequentie, behoudt ze een goede, lage VSWR over de ganse 2 meter band, waardoor de antenne goed presteert van 145 MHz tot 147 MHz. Tot 148 MHz bedraagt de SGV dan 2:1, wat nog aanvaardbaar is. Als men de keuze heeft tussen een metalen mast waarlangs de antenne opgesteld wordt, of een houten mast, bijvoorbeeld een boom of een houten telefoonpaal, dan is de laatste verkiesbaar, omdat ongewild verliesstromen zullen geïnduceerd worden in het metaal van een draagmast.

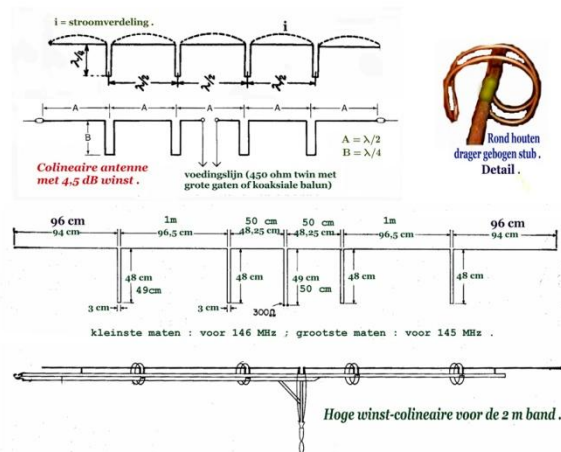


fig. 18

Wat de constructie betreft, spreken de afbeeldingen voor zich. De kwart golf faserende stubs, kunnen cirkelvormig rond de houten drager geplooid worden, zoals de foto het aangeeft, met een cirkeldiameter van ongeveer 15 cm of meer.

## II. De Super-J antenne.

### 1) Voorwoord:

Beginnen we met in het kort enkele eigenschappen van de klassieke J-antenne in herinnering te brengen, die ook gelden voor elke Super-J.

De J-antenne is een vertikaal gepolariseerde rondstraler, die men gemakkelijk zelf kan maken. De J straalt onder een lagere hoek dan een horizontale halve golf dipool, en is daardoor goed (zelfs voor Dx-verbindingen) bruikbaar als mobiele antenne op schepen.

Als rondstraler voor het zenden en ontvangen, kan de J gemonteerd worden op een zolder of op het balkon van een appartement, waarvan de huurder of eigenaar over weinig andere mogelijkheden beschikt om een antenne op te stellen.

De antenne is om praktische redenen (te lang wordende uitvoering) vooral bruikbaar op de 10 meter band en hogere frequenties, zoals de 2 meter en de 70 centimeter band, en is ook geschikt voor 2 meter repeaters en voor FM-DJ-radiostations. In het geval van een 10-meter uitvoering en eventueel lagere frequentiebanden zoals de 15 m, is een tuin aangewezen en hangt men het hoogste punt van de antenne op aan de tak van een boom. Het enige gereedschap dat men nodig heeft om een J te maken, is een ijzerzaag, een zware soldeerbout of beter een campingbrander, propaanbrander, of een zuurstof + acetyleen-gasinstallatie (en soudure + soldeer pasta) voor het solderen van koperen gasbuis. Voor de afregeling: een SWR= SGV -meter. Wie een laspost in huis heeft met koperen baguetten en 2 koolstaven om een vlamboog te trekken, kan natuurlijk ook een mooie en stevige gebraseerde constructie maken.

Alle aluminium- en/of -koperbuis-diameters tussen 1,25 cm en bijvoorbeeld 5 cm zijn bruikbaar. De diameter van de buizen kan men zelf kiezen in functie van de windsnelheden waaraan de antenne later zal blootgesteld zijn. Men kan ook twee of drie telescopisch in elkaar schuifbare (en vastzetbare) stukken pijp gebruiken voor het/(de) halve golf-gedeelte(n).

### 2) Een J-antenne met twee in fase gevoede $\lambda/2$ elementen= de eenvoudigste (collineaire) Super-J.

Wanneer we een J antenne uitvoeren als collineaire antenne, samengesteld uit twee of meer halve golf stralers die in fase werken, dan is de HF spanning in een bepaald punt van één der elementen, in fase met het gelijkaardig punt van een ander element.

Daardoor tellen de door deze HF spanningen en stromen veroorzaakte HF velden op, wat resulteert in een versterkt electromagnetisch veld.

De  $\lambda/4$  faserende lijnen tussen de elementen, werken als een soort vertraginglijn die maken dat elk volgend element voor de aankomende HF stroom, in fase werkt met het voorgaande.

Als men deze antenne ontwerpt voor de 2 meter band, is ze ongeveer 2,7 meter lang, en heeft 3 dB versterking boven deze van een gewone J-antenne.

Dat is het geval, indien deze antenne vervaardigd wordt uit koperen buis van  $\frac{1}{2}$  tot  $\frac{3}{4}$  (of 1 tot 2) duim, en de kwart golf faserende stub gemaakt wordt uit dezelfde soort koperen pijp of een  $\lambda/2$  lengte dikke koperdraad, die rond de hals van een fles gebogen wordt na in twee geplooid te zijn tot een U-vorm, en tot een cirkelvorm opgerold. Een glasvezel- of teflon- of nylonstaaf of -pijp met de gepaste diameter, kan dienen om de bovenste halve golf straler te scheiden van de onderste die met een kwart golf aanpassingssectie verlengd werd.

Een ronde houten staaf is voor dat doel ook bruikbaar, maar wel bedekt met een epoxylaag om de diëlectrische eigenschappen te verbeteren en deze isolator bestand te maken tegen vochtigheid.

Over de 3 tot 7 centimeter die dan zichtbaar blijft van dit isolatiemateriaal, worden de twee uiteinden van de kwart golf stub dan goed elektrisch geleidend bevestigd aan respectievelijk de onderzijde van de bovenste straler en de bovenzijde van de onderste.

De bovenste pijp wordt met een kurk, een rubberen stop of een plastieken kapje, waterdicht afgesloten om insijpelend water tegen te houden.

Men kan ook een metalen hoedje als afsluitdeksel bovenaan het topelement solderen.

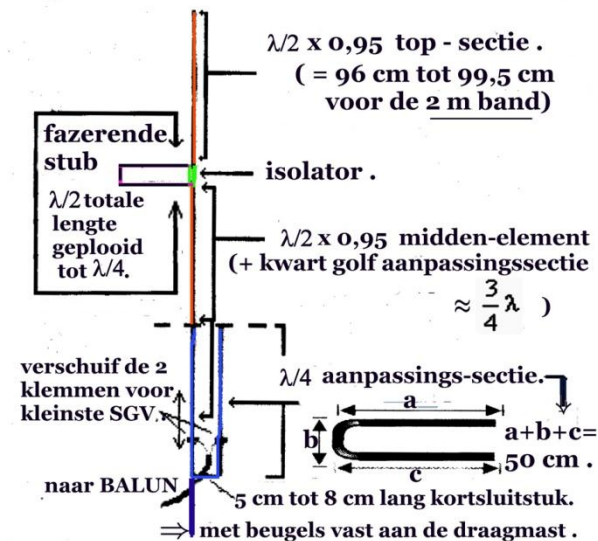


fig. a

### De lus-faserende methode.

Deze super-J is opgebouwd uit twee  $\lambda/2$  lange elementen, met elkaar verbonden d.m.v. een eveneens  $\lambda/2$  lange stub, die in twee geplooid is tot een kwart golf lengte, en zoals hierboven vermeld, nog eens gebogen in de vorm van een cirkelvormige lus. De HF velden op de lus zelf, heffen elkaar op, omdat ze even groot en tegengesteld in fase zijn. De stub in lusvorm, of ook gewoon recht en niet gebogen, straalt dus niet.

### Afregeling.

Eens dat de bouw van de antenne afgerond is, kunnen we ze installeren en afregelen voor een minimale SGV. Voedt ze met een 1:4 balun, met de twee metalen balun uitgang-spanklemmen te bevestigen op 3 cm tot 8 cm hoogte boven het kortgesloten voedingseinde van de antenne tot de SGV-meter in de shack de kleinste waarde aangeeft. Het zal mogelijk zijn op 146 MHz de SWR te doen dalen tot 1,1:1 door de balunklemmen op en neer te verschuiven langs de twee benen van de J-stub, ze op verschillende plaatsen losjes vast te draaien, de SGV aflezend, en de spanklemmen met een schroevendraaier stevig aan te draaien als de gunstigste plaats met de kleinste SWR gevonden is. Een MFJ antenna analyser kan daarbij behulpzaam zijn. Deze antenne zal omnidirectioneel stralen en ontvangen op de 2 meter band, maar als men ze voor de beste prestaties afregelt op 144 MHz i.p.v. op 146 of 145 MHz (waarop een halve golf praktisch gelijk is aan 1 meter), kan men ze ook gebruiken als een derde harmonische antenne op de

70 cm (432 MHz) band. Inderdaad,  $144 \times 3 = 432$ . Als dusdanig zal de antenne met een hogere opstraalhoek werken op 70 cm dan op 2 meters, zodat een verbinding met verafgelegen stations niet optimaal zal zijn, tenzij men deze probeert te werken via een 70 cm repeater.

In dit laatste geval (2m + 70 cm werking), zal men voor de voeding ook geen 2 m balun kunnen gebruiken, tenzij een zeer breedbandige zelfgewikkelde balun op ringkernmateriaal dat geschikt is voor de zeer hoge of de ultra hoge frequenties.

Men zou een rechtstreekse voeding met een goede kwaliteit coaxiale kabel kunnen proberen met zo kort mogelijk gesoldeerde verbindingen naar een SO239 connector, of beter een UHF connector, zoals zichtbaar op de volgende figuur, hoewel deze rechtstreekse voeding met een coaxiale kabel een oplossing is, die we aan niemand aanbevelen.

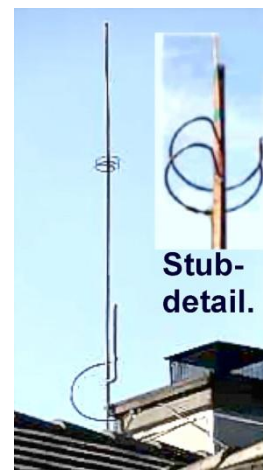


fig. b

3) Variante op de Super-J met twee halve golf stralers in fase.

In het 1988 ARRL Antenna Handbook werd een 'Marine antenne', voor het eerst 'Super J-pole' genoemd, hoewel de gewone J-antenne al bestaat van in de vroege jaren 1930.

Gereedschappen, nodig voor de bouw van de antenne waren een meetlat of een rolmeter, een ijzerzaag of een buizensnijder, een camping brandertje of propaanbrander, soldeer en soldeerpasta, isolerende plakband, badkuip afdichtingspasta, een schroevendraaier, een kleine bankschroef om de onderdelen in te spannen en gelijnd te houden tijdens het solderen, schuurpapier of staalwol om de koperen pijpen zuiver en blinkend te maken.

## Materialen.

3 meters M 1/2" (= halve duim) dunne koperen buis waaruit met een ijzerzaag, of een ronddraaiend snij apparaat de volgende lengten gesneden worden: 144 cm; 95 cm; 48 cm; en een stuk van 5 cm en 7 cm lang. Benodigd zijn ook (allen met afmetingen van een halve duim) een koperen elleboog, twee eindkapjes en een fitting met schroefdraad, een koperen T- fitting, een lengte # 14 gevlochten koperdraad, en twee stuks roestvrije spanbandjes. Tevens een 105 cm lang stuk roodkoperen buis, die na opwarming met de brander, in het midden rondgebogen wordt rond een rond stuk hout zoals een bezemsteel, of metaal met een diameter van 3 tot 5 cm. Eens dat de materialen verzameld zijn, kan de antenne in elkaar gezet worden in minder dan een uur.



Loise, K4LBD met de super-J.

fig. c

Om de twee stralers met een halve golflengte in het verlengde van elkaar op te stellen en daartussen de kwart golf aanpassingsstub te monteren, kan men een teflon isolator gebruiken, of bv. een 20 cm

lang stuk hardhout met ronde doorsnede, eerst gecreosoteerd, en daarna bedekt met drie lagen scheepsvernis.

Met schuurpapier of staalwol worden alle uiteinden van de aan elkaar te solderen en met elkaar te verbinden koperen buizen blank gemaakt.

Het aan elkaar solderen (of eventueel brazeren voor grotere sterkte) van de onderdelen.

Ontsteek het camping brandertje, en begin de montage van onderaan naar boven toe werkend. Wrijf alle te verbinden stukken in met soldeer pasta, die vloeiend zal worden, als een onderdeel verhit wordt met de steekvlam van de brander. Achteraf kan deze gesmolten flux verwijderd worden, door de gehele antenne te reinigen met een solvent oplosmiddel.

Soldeer de 1/2" elleboog (waar binnenin of aan de buitenkant eventueel schroefdraad kan getrokken zijn) aan de onderzijde van het korte, een kwart golf lange deel, van de aanpassingsstub, en de 1/2" T- fitting aan de onderkant van het andere deel, dat al verlengd is met een halve golf straler.

Ga dan verder met de 144 cm sectie, het 5 cm lange kruisstuk, en de 48 cm sectie die evenwijdig komt met het 144 cm deel. Nadat deze allen afgekoeld zijn, boor een gat door zowel de 144 cm sectie van de halve duim buis, de hardhouten isolator en de onderzijde van de 95 cm sectie. Soldeer dan de afsluitkapjes op hun plaats.

Nadat alle onderdelen afgekoeld zijn, buig de kwart golf aanpassingssectie tot een halve cirkel met ongeveer 16 cm diameter rond de antenne, zonder deze natuurlijk te raken, en zo loodrecht mogelijk op de aslijn van de antenne. Het niet buigen en gewoon recht laten van de stub, kan ook, zoals Loise deed op de bovenstaande foto.

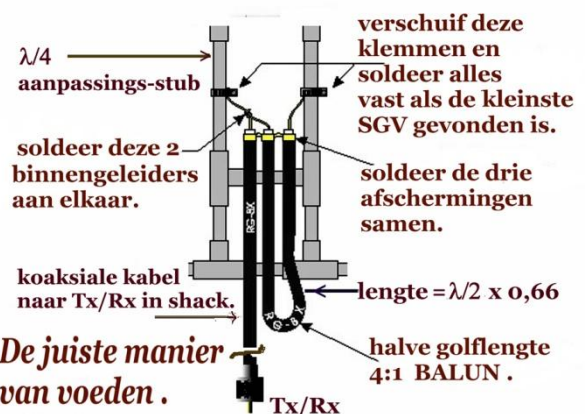


fig. d

De antenne wordt best gevoed via een halve golf coaxiale balun, waarvan de

uitgang om te beginnen op een 8-tal centimeters boven het kortsluitstuk van de voedingsstub, met metalen klemmen goed elektrisch geleidend aangesloten wordt op de twee benen van de stub. Door de balunklemmen op en neer te verschuiven, zoekt men dan de plaats die de geringste SGV oplevert in de shack bij gering uitgangsvermogen van de Tx, en schroeft de twee geleiders op die plaats vast.

Men kan werken met twee personen, in verbinding met elkaar via een gsm.

### Afwerking.

Nadat de antenne in haar geheel zuiver gemaakt is, ontvet met solvent, en afgeregeld voor de kleinste SGV, gebruik een spuitbus met groene verf, om ze volledig te schilderen in harmonie met de omringende natuur. (Ze kan natuurlijk ook op een zolder geïnstalleerd worden.

Dan hoeft ze niet geschilderd te worden, want de muizen die daar rondlopen zullen voor het verlaagde toch geen belangstelling hebben).



fig. e

Als laatste kan nog vloeibare rubber, voor het afdichten van badkuipen en dakgoten, over de kwart golf stub klemmen gespoten worden, zowel over de faserende kwart golf

tussen de twee halve golf stralers, als over de uitgangsklemmen van de balun, die contact maken met de kwart golf aanpassingsstub onderaan de antenne.

Het geheel is dan beschermd tegen regeninslag en corrosie.

Over de aldus beschermde delen, kan nog een waterbestendig plakband aangebracht worden.

### Steviger uitvoering.

Merken we op dat deze collineaire antenne ook samengesteld kan worden uit delen van een  $\frac{3}{4}$ " koperen pijp, misschien nog beter met 2,5 cm (=1") of zelfs een dikkere buis met een nog grotere diameter, om een sterkere (weerstand tegen stormwind) en een breedbandige antenne te verkrijgen dan met de dunnere soorten koperen (of aluminium) leidingen. Zelfs voor iemand die nog nooit met een camping brandertje of een andere soort propaan brander gewerkt heeft, is het een interessante oefening om dit eens te proberen. Hoe groter de diameter van de samenstellende delen gekozen wordt, des te wenselijker is het, de afstand tussen de bovenste en de onderste straler, waar een scheidingsisolator tussen zit en de kwart golf stub wordt aangesloten, te vergroten, van bv. 3 cm tot 5 cm of 7 cm. Wanneer de kwart golf stub onderaan de antenne gevoed wordt via een balun, zal het mogelijk zijn de SGV tot een lage waarde te herleiden, dichtbij 1:1.

Deze antenne levert prima resultaten af, zelfs wanneer ze op een zolder onder het dak geïnstalleerd wordt. Ook dan straalt ze nog onder een lage hoek, zoals gewenst voor dx-verbindingen, voor zover die mogelijk zijn op de 2 meter band.

Wanneer men ze buiten op het dak (bv. aan een schoorsteen vastgemaakt) of boven een metalen of houten mast of boom in de tuin installeert, kan men wel een beter rendement verwachten, tenminste als de (hoge kwaliteit-) voedingskabel tussen de shack en de balun+antenne daardoor niet overdreven lang wordt. De afregeling voor de geringste SWR wordt nog steeds bekomen door het op en neerschrijven van de uitgangsklemmen van de balun langs de twee benen van de aanpassingsstub.

Bij een op het dak montage wordt dit problematischer omdat de antenne dan moeilijker bereikbaar is. Ofwel zal het dan nodig zijn met twee personen te werken, ofwel neemt men een laagvermogen zender met bijbehorende SGV meter (of een MFJ

antenne analyser) mee op het dak om de afregeling daar ter plaatse uit te voeren. Zelfs met 5 watt HF, ook van op de zolder, zal het mogelijk zijn moeiteloos verbindingen te maken met een groot aantal tegenstations.

Een en ander hangt natuurlijk ook wel af van de weer- en voortplantings-omstandigheden. Om rekening te houden met eventueel onweer, kan men de antenne voorzien van een bliksemafleider.

## 2) De $(5/8)\lambda$ Super-J antenne.

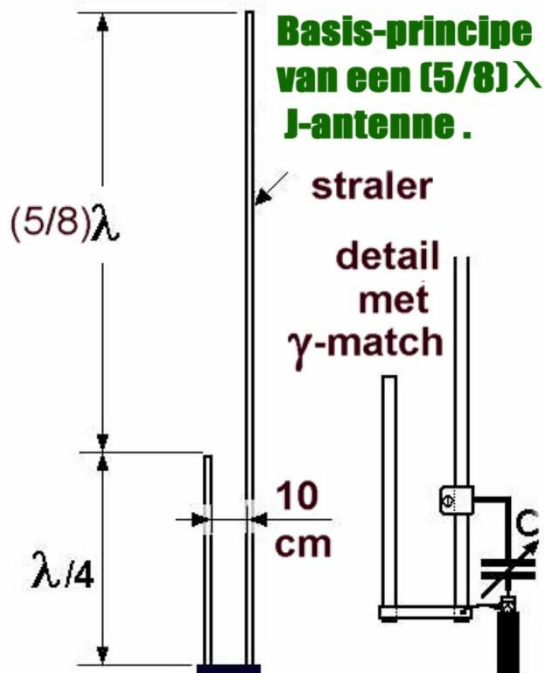


fig. f

De  $5/8 \lambda$  super J werd voor het eerst beschreven in het 1988 ARRL Antenna Handbook, waarin te lezen stond, dat deze antenne 6 dB gain zou hebben over een kwart golf grondvlak antenne. Dat zou het geval zijn, wanneer men een  $5/8 \lambda$  straler zou toevoegen bovenaan een gewone J-antenne, met als scheiding tussen beiden, een aanpassings- en faseverschuivingsstub met een totale lengte van een halve golf, geplooid tot een stub met lengte van een kwart golf.

De antenne wordt samengesteld uit koperen of aluminium pijpen met een diameter van minstens 1,25 cm, dus een halve 'duim'. De SGV zal dan dichtbij 1:1 liggen, en zal bij uitvoeringen met dunne koper- of aluminium draad, op de uiteinden van de gekozen frequentieband, oplopen tot 3:1. Hoe groter de diameter, des te groter wordt de -3 dB bandbreedte van de antenne, en ook het HF vermogen dat ze

aankan: voor buizen van 2,5 cm diameter, is dit 300 watt.

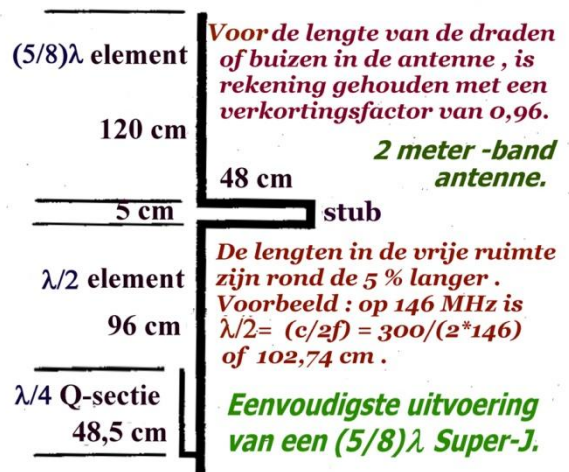


fig. g

5) 145 MHz super-J met drie halve golf stralers in fase.

Om deze super-J antenne te kunnen vervaardigen, kan men zich, indien men deze niet liggen heeft, twee 3 meter lange hardgetrokken koperen pijpen aanschaffen met een diameter van een halve duim of 1,27 cm of voor een sterkere uitvoering met een grotere bandbreedte het dubbele van deze diameter of 2,5 cm.

Eveneens: een koperen elleboog van 90 graden, een T stuk en twee plasticen afsluitkapjes voor de buizen, om het water uit het topelement te houden en uit het korte gedeelte van de aanpassingstub onderaan de antenne.

Verdeel de drie meter lange stukken in drie delen, elk 99 cm lang, die als verticale stralers zullen dienst doen.

De twee faserende lijnen worden met een ijzerzaag op maat 49,5 cm afgezaagd.

De kwart golf aanpassingssectie onderaan de antenne, wordt op maat 51 cm afgezaagd. Het onderste sluitstuk daarvan is 7 cm lang. Het is ook mogelijk, slechts tweemaal 99 cm af te zagen voor het topstuk en het middenstuk, en het onderste element 99+ 50 cm lang te maken, dus de onderste straler, verlengd met een been van de aanpassingsstub.

Wenst men de antenne uit te voeren als een  $(5/8) \lambda$  super-J, dan kan de bovenste straler vervangen worden door een stuk pijp dat 124 cm lang is. De volgende figuur toont een 146 MHz uitvoering van een dergelijke  $(5/8) \lambda$  super-J.



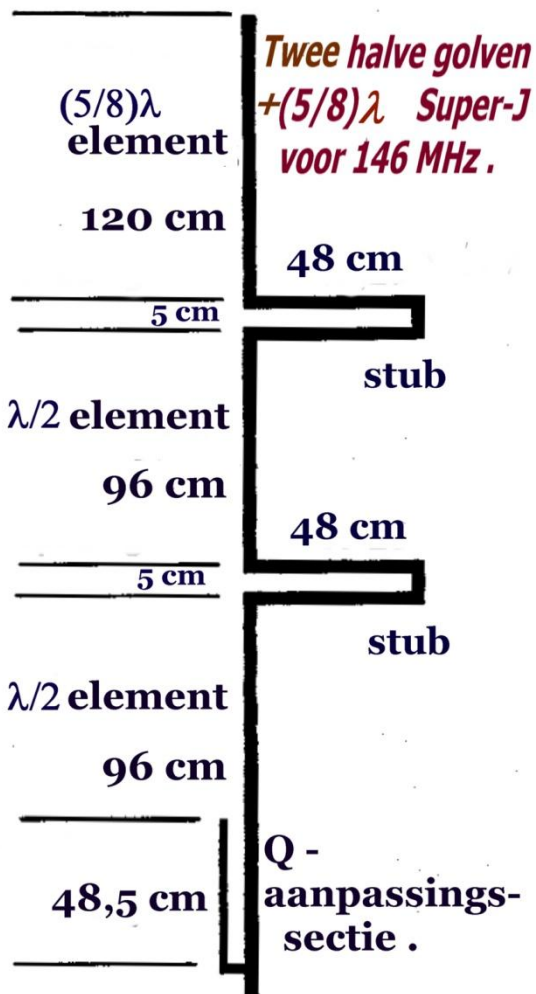


fig. h

Onderaan de antenne kan het verlengde T stuk eventueel geaard worden aan een metalen mast, om elke statisch opgebouwde elektriciteit af te voeren naar aarde.

### 6) Super J-antenne voor de 70 cm band (435MHz).

Deze super J-antenne voor 430 - 450MHz kan vervaardigd en gebruikt worden voor FM-simplex en repeaterdoeleinden.

In vergelijking met andere antenne-soorten en -opstellingen, zoals de grondvlak antenne en andere verticale antennen, die men bijna steeds moet voorzien van onder de antenne waaivormige in de grond gedolven radialen, wordt deze J praktisch niet beïnvloed door de toestand waarin de aarde onder de antenne zich bevindt.

Afmetingen van de antenne op 435 Mhz.

(A) hoofdelement:  $502 \text{ mm} = (0,75 \times 300/f) \times k$  (k is de verkortingsfactor =  $0,96 = k_v$ )

(B) Aanpassingsstub:  $167 \text{ mm} = (0,25 \times 300/f) \times k$

(C) Bovenste en middelste straler:  $344 \text{ mm} = (0,50 \times 300/f) \times k$

(D) Faserende stub:  $344 \text{ mm} = (0,50 \times 300/f) \times k$  (middendoor te plooiën)

(E) Voedingpunt, waarop de uitgangsklemmen van de 1:4 balun worden aangesloten: ongeveer 10 - tot 30 mm, gemeten vanaf het bodemkortsluitstuk (afhankelijk van de afregeling voor de kleinste VSWR).

### Praktische constructie.

Teneinde de bouw van de antenne zo eenvoudig mogelijk te houden, werd er voor gekozen alle onderdelen uit een enkele lengte dunne koperen buis of dikke volle koperdraad of aluminium draad te plooiën en deze langs een glasvezelbuis als isolator en steun te bevestigen.

Dit laatste kan gebeuren door ze op verschillende plaatsen vast te schroeven met U-klemmen die men in de handel vindt om uitlaatpijpen van auto's te bevestigen, of door ze op regelmatige afstanden te omwikkelen met waterbestendig plakband. De figuur geeft er de verwezenlijking van:

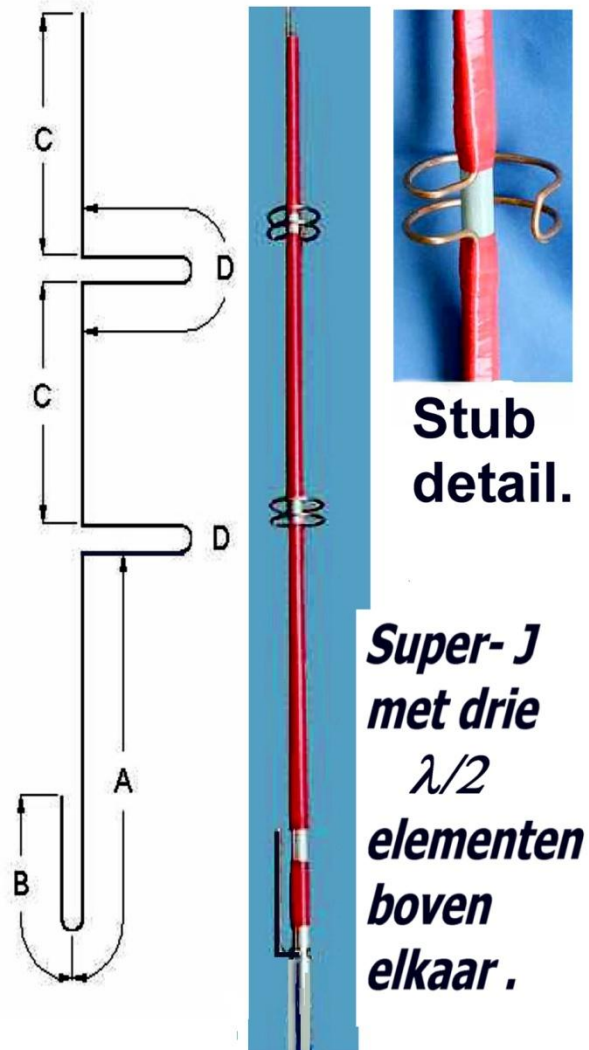
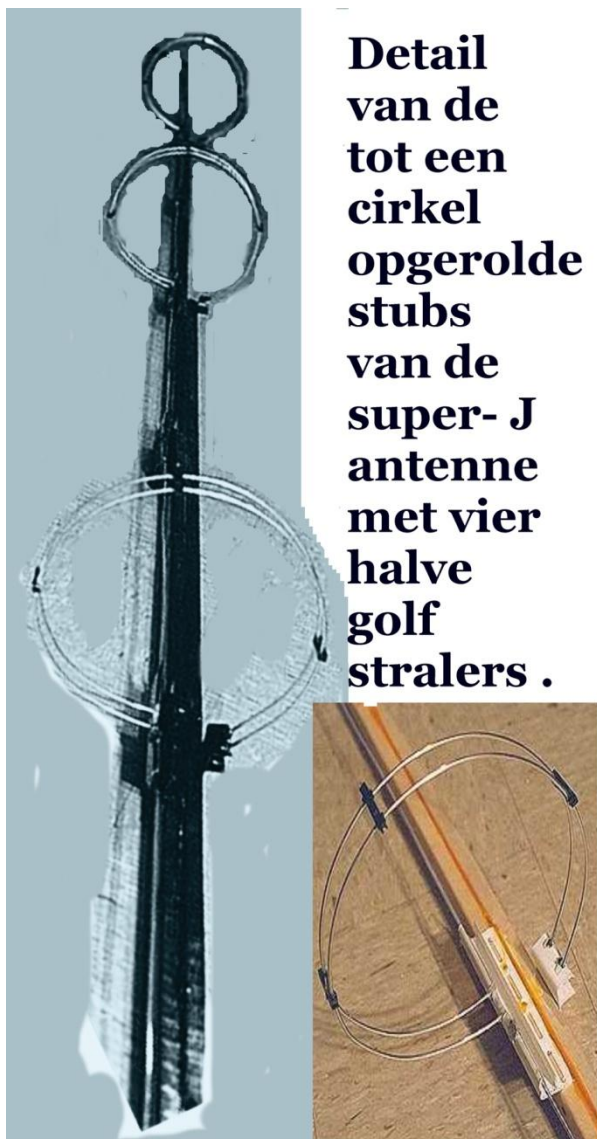


fig. i

De onderzijde van de afgewerkte antenne kan dan bv. geschroefd worden tegen een plastieken grijze of bruine regenpijp, verkrijgbaar in lengten tussen 3 en 6 meters, of tegen een sterke hardhouten drager, en dan zo hoog mogelijk opgesteld, afhankelijk van de ter plaatse aanwezige bevestigingspunten of steunen. Vooraleer ze definitief te installeren, kan men op een nog goed bereikbare hoogte de gunstigste plaats op de aanpassingsstub die de kleinste SGV oplevert zoeken, vooraleer de uitgangsklemmen van de balun vast te schroeven of te solderen. Degenen die het eerst zonder balun willen proberen, wat af te raden is, zullen vaststellen dat betere resultaten bereikt worden, dus een lagere SGV, wanneer de centergeleider van de coaxiale voedingskabel bevestigd wordt aan het hoofdelement, en de afscherming aan het korte kwart golf stuk van de aanpassingsstub. Dus niet omgekeerd.



**Detail van de tot een cirkel opgerolde stubs van de super- J antenne met vier halve golf stralers .**

fig. j

## 7) Super J- Antenna met vier halve golf stralers in fase.

De gewone J-antenne heeft een winst van ongeveer 2,5 dBi, vergelijkbaar met deze van een dipool, maar straalt omnidirectioneel, terwijl een dipool een 8-vormig directief stralingsdiagram heeft.

De hieronder beschreven antenne heeft 8,8 dBi gain, wat neerkomt op een drietot viervoudiging van het HF uitgangsvermogen dat door de zender op de antenne toegepast wordt.

De drie faserende kwart golf stubs, zijn cirkelvormig rond de antenne gebogen: (zie foto hiernaast)

Ze stralen niet en zijn dus te beschouwen als passieve stukken transmissielijn(en) op het gebied van zenden en ontvangen. Omdat bij de constructie van deze antenne gekozen werd voor een lichtgewicht uitvoering, werd een lange aluminium draad uit 1 stuk gebruikt met de dikte van 10 AWG, die op zodanig afgemeten plaatsen gebogen werd, dat er telkens een halve golf ontstond op de gekozen centerfrequentie. Ook de  $\lambda/4$  stubs werden uit deze  $\lambda/2$  stukken gemaakt, door deze laatste op de gepaste plaatsen in twee te plooiën.

Geverniste hardhouten rechthoekige isolatoren scheiden telkens twee actieve  $\lambda/2$  stralers, daar waar de stubs worden aangebracht.

Het vastzetten van één en ander hangt af van de beschikbare bandklemmen of ander beschikbaar montage materiaal en de verbeeldingskracht van de bouwer en uitvoerder.

De draadantenne kan gespannen worden tegen een donkerbruin gekleurde imitatiehouten plank (= in feite PVC, in latten gezaagd en geschroefd om de totale benodigde lengte te bereiken) zoals men ze kan verkrijgen voor het aanleggen van een terras achter of voor het huis, of een plastieken waterleidingsbuis verlengd door er een dunnere in te schuiven en vast te zetten met pvc-lijm, een dikke bamboe of een dik visriet (hengel), of een dunne boom, bijvoorbeeld een berk. Zilverberken kosten niets, ze zijn bijna te beschouwen als onkruid, en groeien snel tot 15 meters hoogte. Niemand zal er bezwaar tegen hebben als men 1 van de vele dunne berken in de vrije natuur omzaagt en er de takken afsnoeit.

De 9 meters lange, afgewerkte antenne weegt slechts 4 kg en kan gemakkelijk

door 1 persoon opgeheven worden, om ze ergens zo hoog mogelijk tegen een dikke boom of een andere, liefst geen metalen steun, bijvoorbeeld een houten telefoon- of spoorwegpaal, met enkele afstandsisolatoren te bevestigen (met een vochtwerende epoxylaag beschilderd).

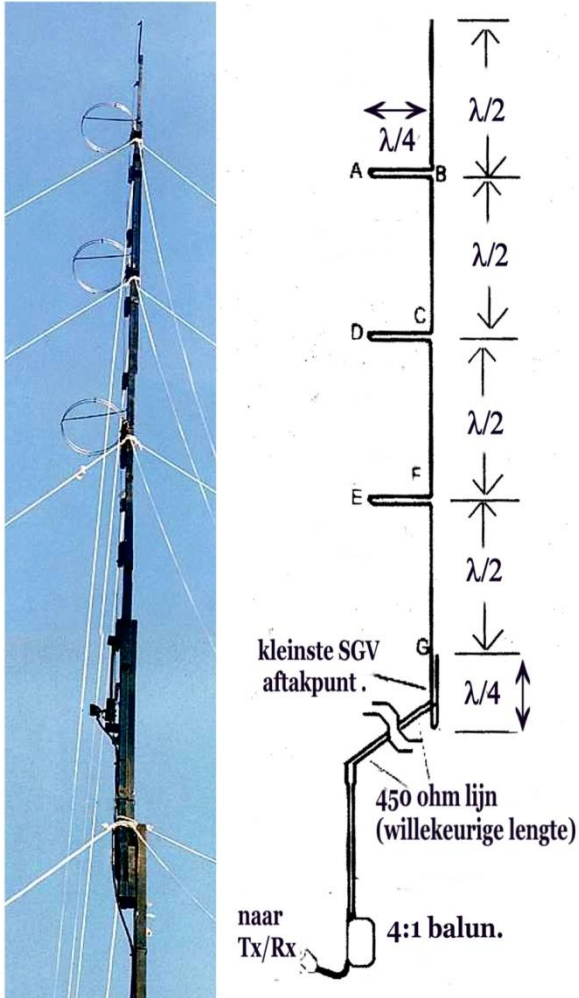


fig. k

De foto toont hoe men de antenne ook vrij kan opstellen, indien men niet over een boom of een houten paal of mast beschikt, maar ze bijvoorbeeld met spanbeugels kan vastschroeven tegen de schoorsteen op het dak van een huis.

De nuttige lengte van de stralende elementen bedraagt rond de 7 meters. Daardoor zijn er wel spandraden nodig, bijvoorbeeld stalen tuidraden, onderbroken door ei isolatoren, ofwel nylon koorden, en het aantal van deze touwen kan oplopen tot 16 stuks om de antenne enigszins bestand te maken tegen stormwinden. De voorgestelde antenne werd gevoed door een RG-11 coaxiale kabel, gevolgd door een 1:4 balun, die men met enige moeite onderaan de antenne kan onderscheiden,

ter plaatse van de kwart golf impedantie-aanpassing.

Deze antenne presteert veel beter met een enorme signaalsterkte voor de ontvangst of het bereiken van ver afgelegen stations, dan een super-J met 2 of met 3 halve golf stralers in fase. Ze is ook uitstekend geschikt voor DJ-'s die een lokaal radiostation zouden willen oprichten voor het op FM uitzenden van muziek.

### 8) Een 2 meter collineaire super J-antenne met 4 halve golf stralers boven elkaar.

Deze 2 m antenne kan voor draagbaar veldwerk, zodanig flexibel gebouwd worden op een drager met scharnieren, dat ze zelfs opgeplooid kan worden en meegenomen in de koffer van een auto. Ze heeft 8 dB winst. Tussen telkens twee van de vier  $\lambda/2$  elementen zit er een  $\lambda/2$  faserende stub, die 180 elektrische graden faseverschuiving invoert.

#### Bouw.

Als men 145 MHz als centerfrequentie van de antenne kiest, dan kan men beginnen met vier stukken van 1 meter ( $=\lambda/2$ ) draad van drie mm diameter, of (dunne) roodkoperen buis af te knippen of te zagen met een ijzerzaag. Sommigen verkiezen dikke geïsoleerde draad die uit meerdere in elkaar gevlochten vertinde draden bestaat, omdat deze soort geleider op de hoge frequenties beter rendeert wegens de geringere invloed van het huid- of skineffect op de VHF 2 meter band en de UHF 70 centimeter band.

Voor de faserende stubs die tussen de halve golf stralers worden aangebracht, kan men twin= lintlijn gebruiken.

Men snijdt drie stukken af van een halve meter  $= \lambda/2$ , die men op het uiteinde kortsluit, door de van isolatie ontdane twee draden op die plaats aan elkaar te solderen, en de twee draden aan het andere uiteinde worden dan aan het uiteinde van twee stralers in elkaars verlengde gesoldeerd. Vermits lintlijn polyethyleenisolatie tussen de twee geleiders bevat, zal het nodig zijn, rekening te houden met de verkortingsfactor (0,66 tot 0,88), en moeten deze stubs dus korter worden dan  $\lambda/2$  (in de lucht) op 145 MHz.

Normaal dus rond de  $0,7 \times 50 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$  (een mogelijke  $\lambda/2$  straler(s) afmeting voor deze super-J, werkend op 146 MHz, is 96 cm;  $\lambda/2 = 48 \text{ cm}$ ). De juiste lengte kan men bepalen door een grid-dip meter,



deze afmeting een paar centimeters in te korten als men op het hoger gedeelte van de frequentieband (147 tot 148 MHz) wenst te werken, omdat de director en de reflector door hun wederzijdse inductie met de straler, de neiging hebben deze zodanig te koppelen dat hij resoneert op een lager gelegen gedeelte van de band.

Wenst men echter op 144 MHz te werken, dan kan de halve golf verlengd worden tot 99 cm. De afmeting van de stub wordt niet beïnvloed door de aanwezigheid van de reflector en de director.

De onderlinge afstand tussen de straler en de director en reflector werd gelijk gekozen aan 40 cm, zodat dan de antenne in een goed mechanisch evenwicht verkeert.

Het is nochtans mogelijk een grotere winst te bereiken met dezelfde opstelling als men de afstand tot de reflector vergroot tot 45 cm en de afstand tot de director verkleint tot 35 cm.

In dat geval is het echter aan te raden een bijkomende mechanische steun te bevestigen onderaan de drager(s) van de elementen.

Door er een director en reflector aan toe te voegen, is de -3 dB bandbreedte van deze antenne niet zo groot als van een J zonder deze parasitaire elementen.

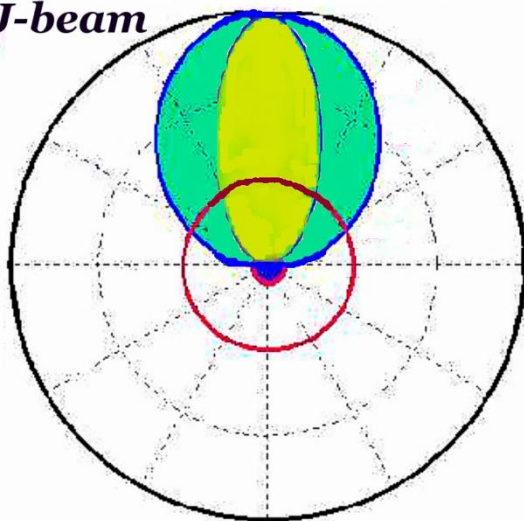
Daardoor vergroot de SGV naar de bandeinden toe. Een constructie met dikkere buizen zal deze toestand verhelpen. Afhankelijk van de afgebeelde opstelling, of de voorgestelde variante met andere tussenafmetingen, bedraagt de gain van deze super J-beam 13 dB (of 15 dB) met een 20 dB (of 25 dB) voor/achterwaartse rejectieverhouding.

De stubisolator wordt over een voldoende grote lengte in de pijpen geschoven, teneinde deze gelijnd te houden en is over een 7-tal cm zichtbaar. (hem vastzetten in de pijpen met boringen en koperen schroefjes).

Alle courante afmetingen zijn afleesbaar op de figuur.

Voor het aan elkaar solderen van de koperen pijpen, volstaat een gewone soldeerbout niet: een campinggas brander of andere vorm van propaan brander is vereist.

### ***J-beam***



**Met veldsterkte-meter  
gemeten stralingsdiagramma :  
rood : gewone J-antenne ,  
groen : J-beam (≅1 straler+D+R).  
geel : super J-beam .(rela-  
tieve veldsterkte,want de gele  
lob is langer dan de groene)**

fig.n

### Geraadpleegde werken, bibliografie.

- 1) Build your own high-performance two meter collinear antenna, door Lewis F. McIntyre KB6IC in CQ, juli 1990
- 2) A theory for a three element broadside array, door Charles W.Harrison, in Proceedings of the I.R.E., april 1963.
- 3) Raccordement électrique de groupements d' antennes, door C.Lima, in Radio et T élévision, juni 1971.
- 4) Multi-element directive arrays, in Radio Amateur Handbook 1988.
- 5) Harnessing the antenna, door R.Jones, Electronics World, april 1964.
- 6) 6 dB collinear VHF antenna, door BuSan, in HamUniverse, nov.2006.
- 7) The Collinear ressurected, door WA1DVB, in 73 magazine, aug.1968.
- 8) 144 MHz collinear, door VK2AXZ, in Telecommunication Journal, vol. 58 1991.
- 9) 147 MHz five half waves in phase, door VK2AXZ, in QST april 1972.
- 10) Radiotechniek en Antennen, Transmissieschool te Vilvoorde,1954.
- 11) Versione allungata del J-pole, door Gabriele Rizzi, in Radio Rivista,2-2001.
- 12) The 2 meter collinear J-pole Antenna Project door Sean M3FVB, in Ham Radio 2007.
- 13) Build the J-beam for 2 meters and up, door Ed. Bathate N3SDO, en N4UJW, in CQ VHF Magazine, juli 1988.
- 14) Copper cactus dual-band super-J Antenna Project, door N7QVC in Comcast Net.
- 15) The EZ-J high gain J-pole antenna, door Benson Smith KA4LBE in HamUniverse 2007.
- 16) 2 m J-Pole, door Saïd AD6IL, in Amateur Radio, mei 2009.
- 17) Super J-pole for 435 MHz, door VK6YSF, in The Australian Radio Amateur, nov. 2010.
- 18) Super J-pole antenna design, door Peter Miles, in Quick Zone.
- 19) 144 MHz super J-pole, door Aaron Smitz KB0YKI, in Enjoy the Ham, aug.1987.
- 20) A stacked J-pole, door Noël DU1KJA in Amateur Radio, mei 2003.
- 21) Super J-Pole VHF Antenna Design, op internet.



## De T-antenne.

door Willy Acke ON4AW.

### De T: een eenvoudige en performante antenne.

Volgens vele auteurs zijn de ontvangstsignalen sterker met een T-antenne vier S-punten beter, dan met een dipool op dezelfde frequentie. Vermits de reciprociteitwet voor antennen geldt, straalt deze antenne ook beter. Reden te over dus, om de onderstaande beschouwingen over T-antennen eens goed te bestuderen en zelf een T-antenne te installeren, bijvoorbeeld gebruik makend van de mast waarop de yagi staat.

#### Voorwoord.

#### Marconi.



Fig.1

De jaren 1880 zullen in de geschiedenis gekenmerkt blijven als een periode die grote uitvinders heeft voortgebracht zoals Thomas Alva Edison met zijn uitvindingen van onder meer de gloeilamp en de grammofoon, Graham Bell met de uitvinding van de telefoon.

Om het telefoonoctrooi/patent voor zich alleen te kunnen opeisen, had Bell daarvoor om zes uur's morgens in een duel wel een concurrent moeten doodschieten, die eveneens aanspraak maakte op de uitvinding van de telefoon. Dat waren dus nogal woelige tijden, waarin een verbeterde strijd geleverd werd om de oorspronkelijkheid van bepaalde uitvindingen voor zich op te

eisen, denken we aan Armstrong, de uitvinder van de frequentiemodulatie, en van een oscillator met een triode, die alle processen over deze laatste vinding verloor tegen Lee de Forest, de uitvinder van de triode, en daardoor geruïneerd en ontmoedigd, tenslotte zelfmoord pleegde.

Steunend op de opzoekingen en de daarmee bekomen gunstige resultaten van Heinrich Hertz (dipool), Branly (hoogfrequent detector) en de Rus Popoff (o.a.: vervolmaking van televisie met roterende Nipkowschijf), lukte het de Italiaan Guglielmo Marconi (25 april 1874-20 juli 1937) in 1896 als eerste, draadloze morsetekens over te seinen over een afstand van enkele kilometers. Daarvoor en voor zijn talrijke andere verwezenlijkingen, onder meer de verticale kwartgolf antenne, kreeg hij in 1909 de Nobelprijs in de fysica.

In 1901 was de Engelsman Alexander Fleming (uitvinder van de diode) er te Poldu in geslaagd, met een Marconi T-antenne en een 100 watt vonkenzender, morsesignalen over te sturen naar een ontvangststation enkele kilometers verder. Alexanderson was de uitvinder van de alternator als wisselstroomgenerator in een tijd waar alles nog op gelijkstroom draaide, een toestand waar Edison een hardnekkige voorstander van was.

Ernst F.W. Alexanderson (1878-1975) was in Zweden geboren, studeerde te Stockholm en Berlijn, en emigreerde als 23-jarige naar de USA, waar hij aangeworven werd door General Electric (dat later RCA= Radio Corporation of America) zou kopen. Spijtig, want onder de leiding van David Sarnoff, was RCA een uiterst interessant bedrijf, en niet alleen op het gebied van de productie en de talrijke toepassingen van de radiolampen van Lee de Forest, maar daarna ook als producent van vele soorten andere radiobuizen, halfgeleiders en integrated circuits. Alexanderson ontwierp bij G.E., hoogfrequent alternatoren met de bedoeling op de lange golf, radiouit-

zendingen te verwezenlijken op rond de 100 kHz, wat ook lukte. Het laatste radiostation, volledig door G.E. geïnstalleerd met HF-alternatoren en T-antennen, werd in gebruik genomen in 1924. Vermelding daarvan wordt gemaakt in het novemhernummer 1924 van het Italiaanse Radio per Tutti (nummer 10, eerste jaargang, kostte 1 lire), waarvan de voorpagina hier afgebeeld is:

## Radiotutti



Fig.2

In de verte kan men een ganse reeks verticale stalen masten ontwaren met een topcapaciteit, dus allen T-antennen. Wat men niet ziet, is dat daaronder een horizontaal netwerk van kwartgolf metalen radiale draden was aangebracht of beter ingegraven, het zogenaamd tegengewicht, dat een metalen spiegel moest vormen, waardoor de kwart golf mast boven de aardoppervlakte, ook binnen in de aarde gereflecteerd werd. Hierdoor ontstond er in feite onder de grond de helft van een halve golf antenne met de daarop staande typische stroomverdeling, namelijk met een stroombuik in het midden, dus onderaan de verticale mast die rustte op een grote isolator. De feeder, komende van de Tx/Rx,

werd met de ene geleider aangesloten op de onderkant van de mast juist boven de isolator, en met de andere, goed elektrisch geleidend, verbonden met het tegengewicht.

De topcapaciteitantenne met als speciaal geval de T, werd in 1909 gepatenteerd door Simon Eisenstein uit Kiev, Rusland.

Deze formuleerde de werking, als volgt:

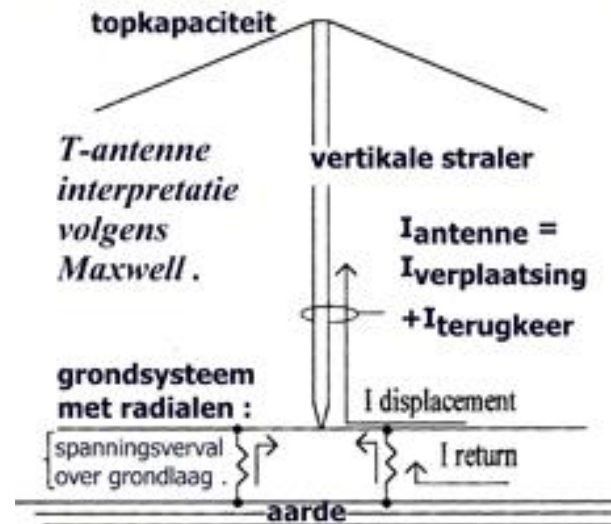


Fig 3

"De T-antenne straalt vooral energie uit via het vertikaal gedeelte en slechts heel weinig door de horizontale topcapaciteit, waarop de stroomverdeling een geringe waarde heeft. Wegens het symmetrisch karakter van het horizontaal gedeelte, waarin de stromen in de tegengestelde zin vloeien, heffen de twee stralingsvelden elkaar daar op, zodat straling naar de ionosfeer (dus een ruimtegolf) praktisch onbestaande is. De verticale mast rust aan de voet op een isolator en kan eventueel staande ondersteund worden door spandraden die op regelmatige afstanden onderbroken worden door isolatoren. De hoogte van de mast kan verkleind worden door bovenaan een soort van rijwielspaken aan te brengen als capacatieve hoed, die een verkortingsfactor invoert".

De elektromagnetische vergelijkingen van James Clerk Maxwell (1831-1879) verklaren de werking van dit geheel, als een hoogfrequente antennestroom, die bij de door de zender bekrachtigde antenne, op en neer oscilleert tussen het tegengewicht en de topcapaciteit, over het vertikaal stralend element heen.

Maxwell noemde de hoogfrequent stroom van dit type oscillatie, de "verplaatsingsstroom".



De geleidbaarheid van de grond speelt daarin een belangrijke rol, en de grondweerstand onder de voet van de verticale mast moet zo klein mogelijk zijn, om een grote "terugkeer-stroom" volgens Maxwell toe te laten, anders treden er te grote verliezen op, die het rendement van de antenne-installatie sterk reduceren.

### Maxwell

Dezelfde overwegingen gelden voor de later van de T-antenne afgeleide omgekeerde L-antenne, een kwart golf lang, waar zoals bij een T, het bovenste horizontaal gedeelte, en het tegengewicht onder de verticale mast, werken als twee platen van een condensator, waartussen de hoogfrequente trilling op en neer swingt.

We weten dat tussen de platen van een condensator dan een electromagnetisch veld ontstaat, waarbij de elektrische en de magnetische veldvector loodrecht op elkaar staan, en dat is precies de toestand die we nodig hebben bij een antenne om goed te kunnen stralen en ontvangen, daarbij nog rekening houdende met het feit dat het volledige antennesysteem een in resonantie afgestemde RLC-trikkring is.

Twee bijzondere vormen van een T:

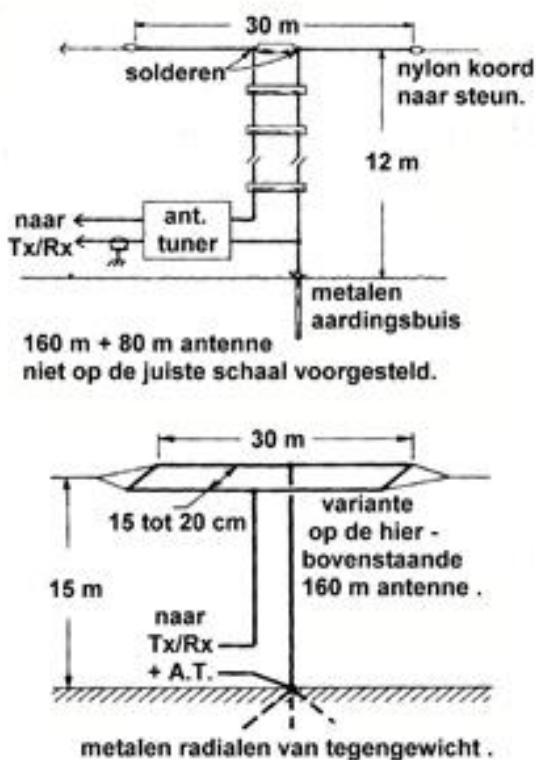


Fig.4

### Speciaal

#### "Tegengewicht" van "radialen".

Energieverliezen worden veroorzaakt, door het feit dat een elektromagnetische golf, vooral de grondgolf en niet de ruimtegolf (tenzij het op de ionosfeer weerkaatst gedeelte daarvan), elektrische stromen induceert in de aardkorst, die verloren lopen in de bodem.

Hoe hoger de frequentie is, des te groter de geïnduceerde stromen (wet van Faraday) en de energieverliezen zijn.

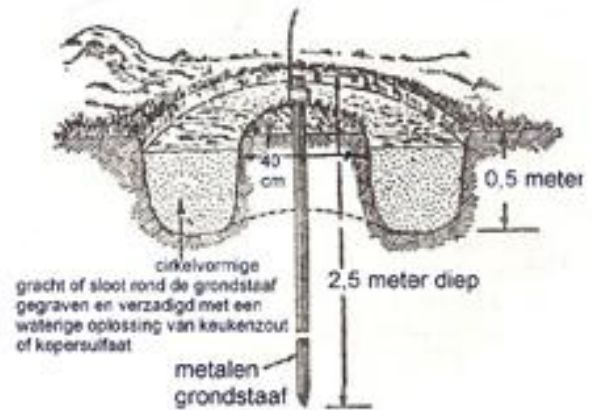


Fig.5

In gelijke omstandigheden van opstelling van zend- en ontvangstantenne en uitgestraald vermogen, is de draagwijdte over een (zoute) zee veel groter dan over land (slechte geleider). De verzwakking van de grond neemt toe met de frequentie. Op frequenties boven de 30 MHz zijn de verliezen in de grond zo groot dat de grondgolf niet meer bestaat, behalve in rechte lijn tot op een paar honderd meter of een paar kilometers. De voortplanting van deze radiogolven lijkt dan op die van lichtstralen en de overbrugbare afstanden beperken zich tot de zichtbare horizon. Hoe beter elektrisch geleidend de oppervlakte is, waarover de golf heenloopt, des te minder energie er van de eroverheen scherende golf zal afgenomen worden, om stromen te induceren. Daarom planten grondgolven zich veel verder voort over een zout water zee, en over land of grond, waarin het hierboven vermeld "tegengewicht" aangebracht is, dit is een net van goed geleidende metalen draden, die juist onder de antennemast in de grond zijn ingegraven.

De grondgesteldheid zal verbeterd worden, door er vrij dikke draden in onder te delven, ofwel staaldraad, best gegalva-

niseerd, ofwel koperdraad of geëmailleerde koperdraad, waarvan telkens één uiteinde gesoldeerd is, tot een bundel van het geheel. Twee tot vijf centimeters diepte volstaan al. Hoe slechter de geleidbaarheid van de bodem is, des te meer energie wordt er opgeslorpt, en des te groter wordt de verzwakking van de door de zendantenne ontvangen en/of uitgestraalde golf. Daarom moet men op hogere frequenties een antenne zo hoog mogelijk opstellen ofwel de toestand van de aarde verbeteren (of beiden) door ze beter geleidend te maken. Dit zou kunnen door de bodem te verzadigen met bv. keukenzout (oplossing in water) of het beter geschikte koper-sulfaat, dat goed werkt, maar duur is (men heeft minimum 25 kilogram nodig) en water- of gasleidingen kan aantasten die in die buurt in de grond zitten. In het midden van de aldus met zout verzadigde grond, wordt een lange metalen aardpin gedreven.

#### Ground rod

Ook waterpijpen of stalen peschelbuizen voor het leggen van elektriciteitsleidingen in appartementen en huizen, ingestreken met bitumenverf tegen roesten, of koperplaat, kunnen dienen.

Een goed aardingssysteem bestaat uit bijvoorbeeld 100 geleidende draden, een kwart golflengte tot een halve golflengte lang.



Op het uiteinde platgeslagen en doorboorde koperen buis waarin de blankgemaakte uiteinden van de radialen gebundeld samengesoldeerd worden.



klopboormachine inhameren v. grondstaaf

Fig.6

Een halve golflengte is beter, maar meestal is er plaatsgebrek (waardoor men zich tot kwart golflengten zal beperken) in de tuin om deze draden, radialen genoemd,

waaivormig te laten uitlopen, aan een van de uiteinden elektrisch goed geleidend gesoldeerd of samengebundeld in hetzelfde punt, onderaan de voet van de antennemast, waar ze op een goede elektrisch geleidende manier verbonden worden met een diep in het grondwater gedreven stalen of koperen aardpin of buis.



Fig.7

De meeste aardingspinnen of staven, zijn vervaardigd uit met koper bedekt staal. Het koper garandeert een betere elektrische geleidbaarheid en een betere bestandheid tegen corrosie. De staalkern staat er borg voor, dat men de staaf ook doorheen rotsachtige grond kan hameren, eventueel met een drillboormachine of slaghamer.

In dergelijke gevallen kan het uiteinde van de staaf voorzien zijn van een tungsteen-carbide punt. Sommige staven in de handel hebben 9 mm of 14 mm diameter, andere zijn enkele centimeters dik, met een afgeplatte kop bovenaan, om ze met een zware hamer in de grond te kunnen drijven. Op het uiteinde van de dunneren, ronde staven is schroefdraad getrokken, zodat men meerdere lengten via een verlengingsbus aan elkaar kan schroeven. Twee aan elkaar geschroefde elementen zijn in totaal meestal 2,4 meter lang.

Wanneer men op een te harde laag of steenachtige massa stoot bij het inhameren of boren met een slagboormachine, of een trilhamer, zoals gebruikt voor het trekken van sleuven in de muur van nieuwbouw-appartementen, kan men een emmer water gieten in de al geboorde opening als "smeermiddel", om toch door de harde laag heen te geraken.

Dat aanwezige water zal achteraf ook het elektrisch contact verbeteren van de aardingsstaaf met de hem omringende aarde. Eens dat de staaf diep in de grond geslagen is, kunnen de gesoldeerde uiteinden van het tegengewicht radiaal met een koperen schroef goed elektrisch verbonden en vastgeschroefd worden via een boring in de staaf, of met een hol koperen verbindings-stuk, waar de uiteinden van de ganse bundel draden in gesoldeerd zijn.

De draden zelf kunnen op een houten of plastieken drager afgerold worden.

De opening in de rol wordt over een stuk bezemsteel geschoven, gemonteerd op een grasmaaimachine, die men laat vooruitlopen in de gekozen richting, voor het leggen van de draad.

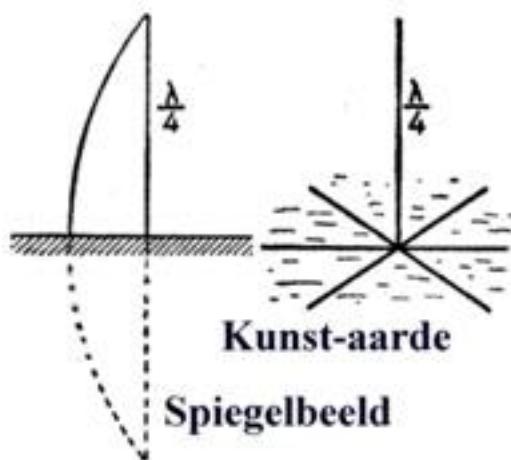


Fig.8

Een met een tegengewicht verbeterde aarde vergroot het rendement van de uitstraling met meerdere tientallen percenten, en vermindert de fading wanneer de antenne als ontvangstantenne gebruikt wordt.

Waterleidingen die 30 cm tot 60 cm diep in de grond zitten, betekenen ook al een grote verbetering. Wanneer men over niet veel mogelijkheden beschikt, kan men al een verbetering bekomen, door als tegengewicht slechts vier samenkomende, blanke koper-draden, een halve golf lang, of

slechts een kwart golf lang, 5 centimeter diep onder de aarde in te graven. Wanneer de aarde goed geleidend gemaakt is, dan vormt ze ter plaatse van de werkelijke antenne, zoals hierboven al vermeld, een spiegelbeeld daar-van in de bodem, ook van het elektromagnetisch veld, dat uitgestraald wordt door de antenne.

Daardoor wordt ook de stralingsweerstand van de antenne beïnvloed. Deze invloed is bijzonder groot, wanneer de afstand tussen de onderkant van de antennemast en de aarde klein is, en de aarde slecht geleidend. Men moet er dus voor zorgen dat de antenne niet te dicht tegen de aarde opgesteld wordt, om verliezen in de aarde te beperken, de stralingsweerstand en het stralingsdiagram van de antenne niet ongunstig te beïnvloeden. Deze opmerking geldt vooral voor horizontaal gespannen en horizontaal opgestelde en gepolariseerde antennen. In de praktijk zal dat echter voor courante uitvoeringen van verticale antennen moeilijk zijn, en zal de onderkant van de antennemast gewoon rusten op een grote isolator, of in bijzondere gevallen zelfs ingemetseld zitten in een in de grond gegoten betonnen blok.

#### De T-antenne: historiek.

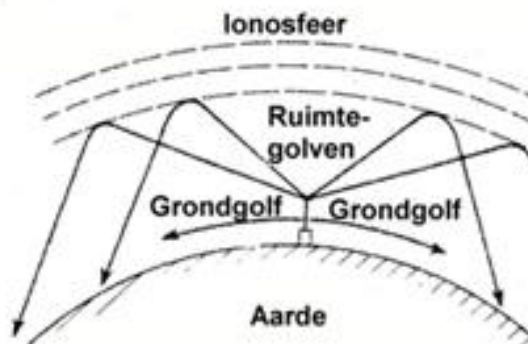


Fig.9

Wanneer men grondgolven wenst uit te zenden en te ontvangen, kiest men verticale antennen, omdat deze het grootste gedeelte van hun straling vertikaal gepolariseerd uitzenden en slechts een klein gedeelte ook horizontaal gepolariseerd (gecombineerd).

Voor het uitzenden en ontvangen van ruimtegolven kiest men horizontaal opgestelde antennen, zoals dipolen en yagi's, die vooral op de hogere frequenties van de banden beneden de 30 Mhz en hoger, opstralen naar de ionosferische lagen, en daar met veelvuldige sprongen terugge-

kaatst worden naar de aarde zodat dx-verbindingen kunnen tot stand komen. Toen de uitzending en de ontvangst van FM nog niet populair ingeburgerd was, dus rond 1950 en de jaren daarvoor na het einde (1945) van de tweede wereldoorlog, en vroeger, zond men radio-omroep uit op de middengolf: 510 kHz tot 1620 kHz (de 160 meter amateurband ligt met zijn 1850 kHz frequenties dichtbij de 1600 kHz van de nog maar weinig beluisterde middengolf), de lange golf, typisch rond de 100 kHz en de korte golven 1,8 MHz tot 30 MHz, alles in amplitudemodulatie. Dit deden ook de radioamateurs op de hun toegekende banden, met zelfgebouwde amplitudemodulatoren, een laagfrequent versterker met een kei van een uitgangstransformator en dito voeding voor anodemodulatie, schermroostermodulatie, of remrooster- en/of kathodemodulatie.

Op golflengten tussen de 3000 meter (=100 kHz) en de 6000 meter, had men voor het installeren van een (Marconi kwartgolf) antenne, houten of stalen steunmasten nodig, die tot 200 meter hoog konden zijn, wat te kort is, maar de verticale straler werd elektrisch verlengd met grote spoelen, meestal aan de basis van de verticale (rond-) straler. Om praktische redenen beperkte men de hoogte van de masten tot een tiende van de golflengte. Behalve een verlengingsspoel gebruikte men een capacatieve topbelasting, om de te korte antenne in resonantie te brengen op de werkfrequentie binnen een gekozen band.



Fig.10

Om het huid- of skineffekt, zelfs op deze lage frequenties, geen rol te laten spelen, koos men een verticale straler met een grote draad- of buisdiameter, waardoor de verlies-weerstand  $R$  daalde, maar dus ook de  $Q$  factor =  $(1/R) \cdot (L/C)^{1/2}$  vergrootte,

waardoor de antenne smalbandiger werd, niet zo gunstig wanneer er met een dergelijke antenne in amplitudemodulatie (met de dubbele bandbreedte van SSB=EZB) werd uitgezonden op de midden- en lange golven. Niet alleen de problemen die opdoken bij het installeren van antennen voor de lange golven en de middengolf omroepzenders, belangen ons aan, maar zelfs op de korte golven, toegekend aan de ham's, is het vaak onmogelijk om een verticale draad of buis van een kwart golf te installeren omdat deze te lang uitvalt tot aan een eventueel horizontaal opgehangen gedeelte.

Dan kan men zijn toevlucht nemen op een plaats waar een stroombuik staat, tot een verlengingsspoel in serie met de (verkorte)  $\lambda/4$  antenne, want een spoel werkt optimaal in een stroommaximum (en een condensator in een spanningsmaximum). De horizontale draad waaraan het geheel opgehangen kan worden, kan gespannen worden tussen twee bomen of schoorstenen, of als er niets in die aard voorhanden is, als een soort inverted V-antenne onder een schuine hoek naar zo hoog mogelijke in de grond geslagen houten paaltjes.

### Enkele bedenkingen over verlengingsspoelen.

Behalve een spoel onderaan een verticale mast, waarop de coaxiale voedingskabel via een LC-netwerkje of op een andere manier via een aftakking wordt aangesloten, kan er nog een belastingsspoel aangebracht worden, meestal in het midden van de antennemast, of op een derde van zijn lengte, van aan de isolator waarop hij eventueel rust, gemeten.

Men kan een mechanisch stevige spoel wikkelen, door dikke koperdraad onder isolatie te gebruiken, bv. VOB-draad, door electriciers doorheen de vroegere plasticen of stalen peschelbuizen getrokken, gefreesd in de muren bij de bedrading van een nieuwgebouwd huis of appartement.

Met deze draad kan men zelfs verschillende lagen boven elkaar wikkelen.

De uiteinden van de draad worden gestoken doorheen twee gaatjes die men boort in de kunststof spoelvorm, en de draad is stijf genoeg om hem daarna aan te trekken om een mooie aangespannen spoel te verwezenlijken met netjes naast elkaar liggende windingen.

### Voorbeeld van een 160 m antenne, met een spoel verlengt.

Een 9 meter hoge verticale die samengesteld is uit twee aluminium pijpen die elk 4,5 meter lang zijn, met 5 cm diameter, of wat men zelf in die aard liggen heeft in de garage, zijn via een teflon of nylon isolerend stuk in het midden met elkaar verbonden. Dat scheidingsstuk kan ook een stuk hard hout zijn, op een houtdraaibank tot de juiste diameter gedraaid, gecreosoteerd en met scheepsvernis bedekt.

Bovenop het isolerend tussenstuk is een spoel gewikkeld met 72 dicht tegen elkaar liggende windingen geëmailleerde draad nummer 12. (gebruik de lagerstaande grafiek om de draaddiameter op te zoeken).

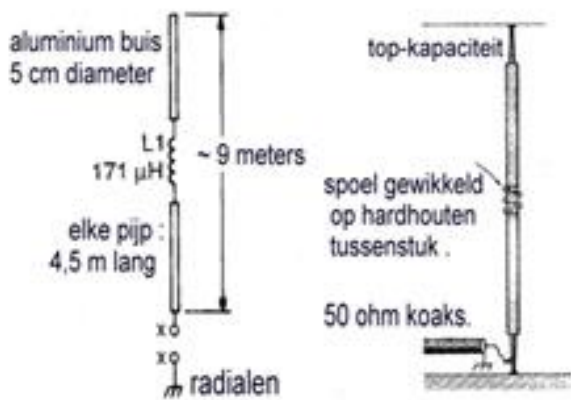


Fig.11

Afhankelijk van de centerfrequentie die men kiest in de 160 m band, zal de zelfinductie van de spoel moeten liggen tussen 106  $\mu$ H en 171  $\mu$ H.

Daarvoor kan het nodig zijn een spoel te wikkelen die tot 123 windingen geëmailleerde draad telt op een 4 cm diameter en 15 cm lange spoelvorm of isolerend tussenstuk tussen de twee aluminium buizen.

Aan de voet van de mast worden tot 16 radialen ingegraven met zo dik mogelijke blanke of geïsoleerde draad, elk 9 meter of langer. Als men oude stukken coaxiale kabel liggen heeft, of rollen telefoondraad of oude microfoonkabel, oude rotorkabel, prikkel-draad voor weideafspanningen, kan men deze ook gebruiken als radialen, zonder daarvoor extra geld uit te geven.

Alles kan dienen, maar bij overschotten van coaxiale kabel, is het aan te raden aan beide uiteinden van het stuk, steeds de binnen-geleider vast te solderen aan de afschermende buitenmantel. De voet van de mast rust op een isolator, en de twee volgende figuren geven aan, hoe de

antenne kan gevoed worden via een andere spoel waarop de coaxiale kabel wordt aangesloten.

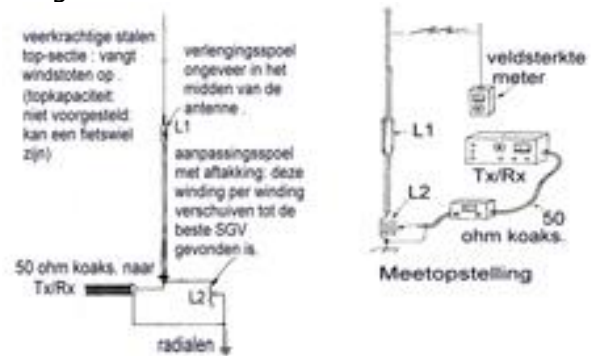


Fig.12

De voedingsspoel L2 is gewikkeld op een isolerende spoelvorm met 5 cm diameter. Wenst men de antenne ook op de 80 m band te laten werken, dan volstaan 18 windingen geëmailleerde draad nr. 14, in de meetopstelling afgetakt op 5 windingen van het gronduiteinde.

Het aantal windingen van L1 wordt, terwijl de antenne scheef opgesteld is, zodat men met een ladder nog tot bij het midden kan, bijgeknipt tot de SGV zo laag mogelijk is, terwijl men met de Tx de antenne bekrachtigt met een verlaagd vermogen.

De SGV kan op de gekozen frequentie nog verlaagd worden door een helper die op de plaats van de voeding, de aftakking op de spoel L1 winding per winding verschuift en telkens de waarde van de SGV afleest.

Een veldsterkte meter op enkele tientallen meters van de antenne verwijderd, zou dan de grootste veldsterkte moeten aangeven. Ook een MFJ259 antenne analyser kan dienen om de resonantie op een gekozen frequentie in te stellen en ook om na te gaan of dezelfde antenne niet alleen kan werken op 160 m, maar ook op 80, 40 en 20 meter, met een nog aanvaardbare SGV, kleiner dan 2.

### Verlengingsspoel op ferriet ringkern gewikkeld.

Men kan een verlengingsspoel wikkelen op een ferrietring.

In het voorgestelde voorbeeld, is dit gebeurd voor een verlengingsspoel van een 80 meter verticale, 12,3 meter lang en hoog, op ongeveer een derde van zijn hoogte (3,7 meter, anderen nemen 3,13 m) vanaf de onderkant gemeten, onderbroken voor de inschuiving van een cilindrische nylon isolator tussen de twee aluminium buishelften, waartegen de ringkern bevestigd wordt.

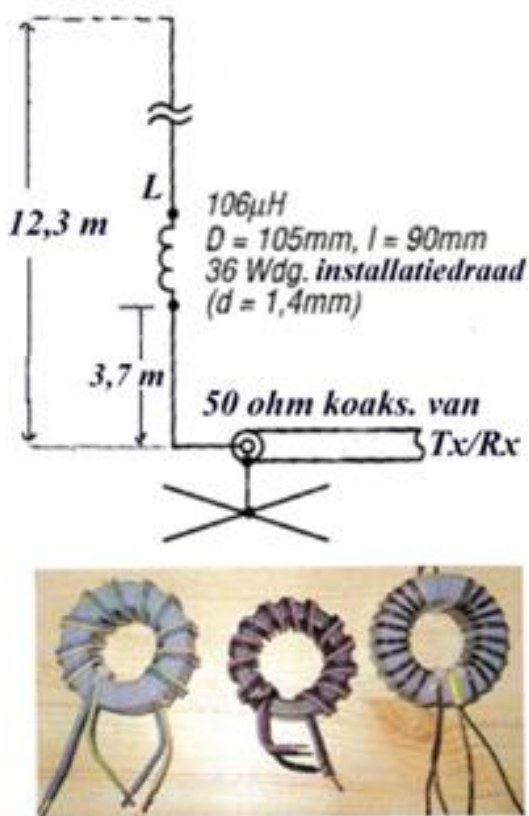


Fig.13

In plaats van over de isolator met 40 mm tot 60 mm diameter een spoel te wikkelen met 41 windingen isolatiedraad met 1,5 mm diameter, of zoals voorgesteld, 36 windingen geëmailleerde draad van 1 mm diameter op een spoelvorm met 105 mm diameter, kan men op een ringkern type T200-2 geëmailleerde koperdraad wikkelen van 1,5 mm diameter tot men met de digitale RLC meter, een zelfinductie meet van 25  $\mu\text{H}$ .

Wanneer men niet zeker is over het benodigde aantal windingen, legt men er enkele meer op, die men daarna centimeter per centimeter kan afknippen om een bepaalde gewenste zelfinductiewaarde te bekomen.

De uiteinden van de wikkeling, kunnen in het geval van geëmailleerde draad, met een aardappelmesje, schuurpapier of een zoet-vijltje afgeschraapt worden, of in de vlam van een spiritusbrandertje of camping brandertje afgebrand en vertind.

Voor kleine HF vermogens tot 100 watt, voldoen ook kernen van het type TI30-2, terwijl men voor grotere vermogens meerdere ringkernen boven elkaar kan stapelen en wikkelen, een techniek die we ook kennen uit het zelf vervaardigen van ferrietkern baluns. Men plakt ze samen met teflon tape, die een bijkomende isolatie

vertegenwoordigt voor de erop gewikkelde draad, waar de email soms kan afspringen door schuring tegen een scherpe rand van een kern. Samengebundelde ringkernen zullen niet opwarmen, wat wel eens kan voorkomen bij het gebruik van een enkele kern.

Bij een grotere permeabiliteit  $\mu_r$ , door de fabrikant soms aangegeven als  $A_L$  waarde, kan men voor eenzelfde nagestreefde waarde van de zelfinductie, het met minder windingen doen.

Hoe hoger men de verlengingsspoel verder van het voedingspunt onderaan de verticale straler installeert, des te meer windingen voor een bepaalde zelfinductie men nodig zal hebben, althans wanneer de antenne als kwart golf fungeert, mits in dat geval onderaan een stroombuik staat, en een spoel slechts goed werkt met stroom en niet met spanning.

Als algemene regel, die door veel ham's wordt toegepast, geldt als beste plaats voor een verlengingsspoel, een derde van de totale mastlengte, gemeten vanaf de onderzijde. Het zal achteraf nog nodig zijn, met een antenne analyser MFJ259 of 269, met de spoel aan de voet van de antenne gekoppeld, het geheel op de juiste gekozen frequentie af te regelen tot alle reactanties, uit het systeem verdwenen zijn, d.w.z. dat de capacitieve, de inductieve opgeheven zullen hebben en enkel de antenne stralingsweerstand  $R_A$  overblijft.

De analyser geeft dan  $X=0$  aan. Hiervoor kan het soms ook nodig blijken de zelfinductie van de verlengingsspoel te wijzigen. Men moet dus bereid en gemotiveerd zijn tot enig experimenteren met geduld, vooraleer men met goed resultaat in weer en wind kan dx-en.

### Nog enkele beschouwingen over spoelen.

Indien men het te moeilijk vindt om zelf verlengings- of/en belastingspoelen te wikkelen, dan wordt men in de handel om de oren geslagen met daar allerlei verkrijgbare commerciële uitvoeringen, gepromoot door meestal Amerikaanse, Duitse en Franse antenneconstructeurs, ondermeer de USA-Hustler, Hy-Gain, Cush-Craft, Butternut, Mosley, Fritzel in DL, enz. Degenen die nog een variometerspoel liggen hebben uit bijvoorbeeld de uitrusting die behoorde bij een Set19, kan deze ook als verlengspoel gebruiken.

De onderstaande figuren tonen een beperkt aantal voorbeelden:

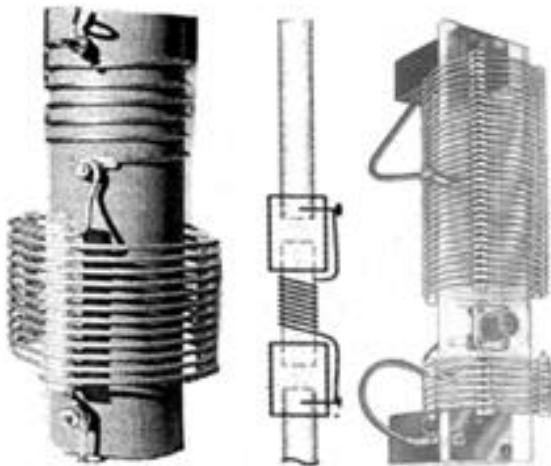


Fig.14

Als men zelf spoelen wikkelt, kunnen deze, zoals de commerciële, het best gemaakt worden uit dikke vertinde of verzilverde draad. De verticale antenne werkt als een  $\lambda/8$  antenne op 80 meter, als een  $\lambda/4$  op 40 m, als  $\lambda/2$  op 20 m en als  $(3/4)\lambda$  op 15 m. Op al deze banden wordt ze in een stroombuik gevoed juist boven de voet van de antenne, behalve op 20 m, waar ze wegens de  $\lambda/2$  lengte spanningsgevoed wordt in de spanningsbuik die op dat ogenblik tussen de voedingsklemmen staat. Dat gebeurt via de afgestemde parallelkring met  $C1 = 100$  pF variabel. De schakelaars S1, S2 en S3 kunnen op afstand bediende relaiscontacten zijn.

Voor de afregeling van de spoel kan een griddipper of een transistordipper dienst doen, voor de juiste aansluiting van de S1 aftakking en de bepaling van het aantal windingen om de antenne in resonantie te brengen op 3,6 MHz.

De volgende stap bestaat in het bepalen van het juiste aansluitpunt op de spoel van de centergeleider van de coax door een aftakpunt te zoeken, waar de SWR-meter bij bekrachtiging door de Tx met verlaagt vermogen, de geringste SGV aanduidt.

### Verticale antenne voor de 160 m en de 80 m banden.

De antenne is samengesteld uit 6 meter lange aluminium pijpen, en rust op een nylon isolerende voet, die geschroefd is op een dikwandige aluminium plaat die men via een scharnier, tussen twee ijzeren L-ijzers kan kantelen. De topcapaciteit bestaat uit een vijfzijdige aluminium plaat, 6 mm dik, waarop vijf radialen geschroefd

worden, bijvoorbeeld spaken van een fietswiel.

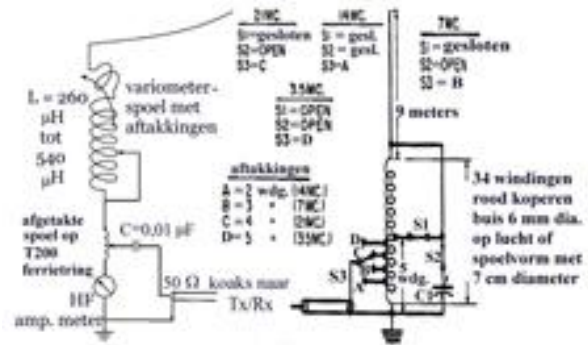


Fig.15

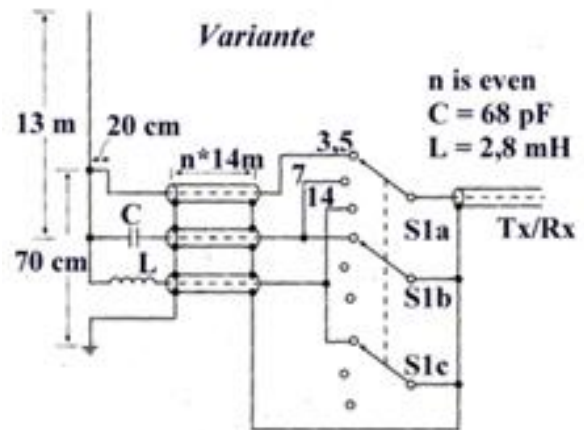
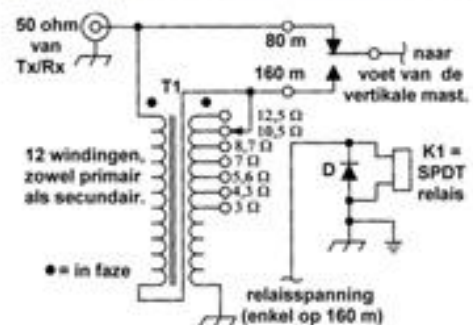


Fig.16



Aanpassingstransformator met aftakkingen, voor het werken op 160 meter. T1 is een FT140 kern waarop 12 bifilaire windingen draad nr.15 AWG gewikkeld zijn, parallel naast elkaar, dus niet gevlochten of getorsadeerd. K1 is een surplus relais, 12 V met contacten die 15 A stroom kunnen verwerken.

Fig.17

Als er een behoorlijk aantal radialen in de grond onder de antenne ingegraven

worden, bedraagt de voedingsweerstand 15 tot 20 ohm.

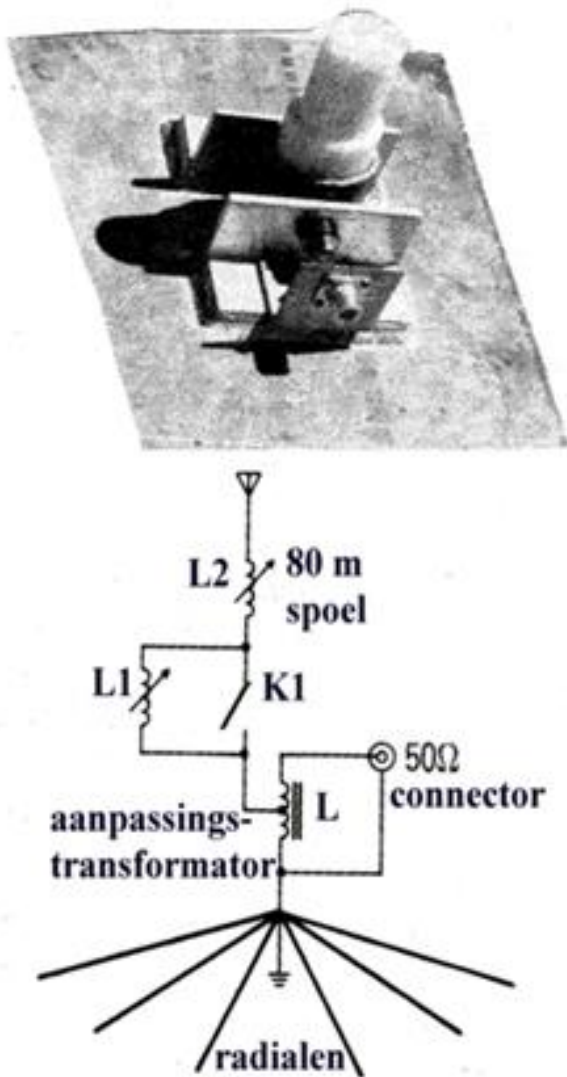


Fig.18

Daarom is een aanpassingsnetwerk tussen de coaxiale kabel en de voedingsklemmen aangewezen. Daartoe wordt een spaartrans-formator met 16 windingen draad nr. 12 gewikkeld op een ringkern T200. (variante: 12 windingen op een kern FT140). De 50 ohm voedingskabel wordt aangesloten over de volledige wikkeling, terwijl de onderkant van de antennemast loopt naar een aftakking op de spoel L als spaartransfo.

Om de antenne in resonantie te brengen op een gekozen werkfrequentie, wordt ze met een verlaagd HF vermogen vanuit de Tx/Rx bekrachtigd, terwijl de aftakking op L winding per winding verschoven wordt, van beneden naar boven, tot wanneer het minimum van de SGV gevonden wordt, en dat op de twee banden.

Op 160 m werken de verlengingsspoelen L1 en L2 in serie, en op 80 m wordt de spoel L1 kortgesloten door een afstandbediend relaiscontact K1. Gegevens over de waarden van L1 en L2 zijn niet voorhanden, maar we kunnen daarvoor misschien ten rade gaan bij de volgende schakeling van de Pool SP3PK, OM Kachlich, die in Funktechnik nr. 14 1957 een verticale bespreekt voor de 10, 15, 20 en 40 m banden.

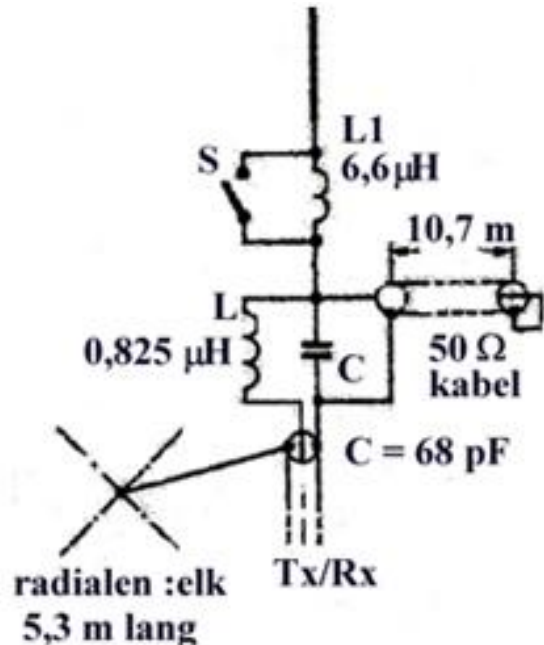


Fig.19

Hij gebruikt een parallelkring in combinatie met een  $\lambda/2$  stub. De stub bestaat uit een stuk coaxiale kabel en hij staat parallel met de trilkring, waarop ook de voedingskabel, komende van de Tx/Rx, aangesloten is. Op 21 MHz is de spoel samen met de condensator in resonantie.

De stub verstoort dit gedrag niet op 21 MHz omdat hij op die band een hoge impedantie heeft. Op 28 MHz gedraagt hij zich zoals een spoel die parallel staat met L2, waardoor de totale zelfinductie van de parallelkring verkleint en de eigen frequentie van deze kring vergroot.

Op 7 en 14 MHz is de stub capacitief (dit alles kan men aflezen uit de impedantie=functie van de kabellengte-cotangens diagram uit de transmissielijn theorie) en verkleint de eigen frequentie van de LC parallelkring.

De spoel L1 zorgt ervoor dat de antenne op 40 m kan werken.

Op de andere (10 m, 15 m en 20 m) banden kan L1 kortgesloten worden d.m.v. een relais contact.



**Verticale antenne voor 160 m, 80 m, 40 m (en 20 m).**

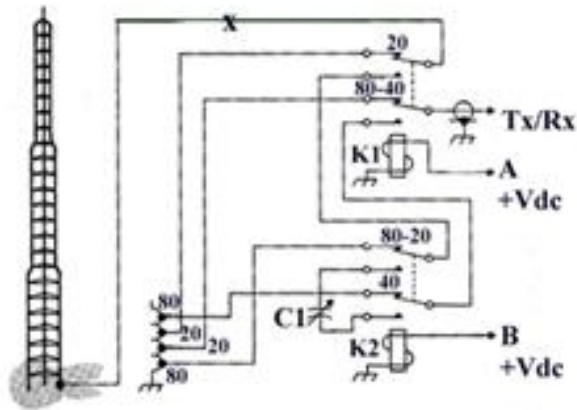


Fig.20

Op 160 m wordt de coaxiale kabel rechtstreeks aangesloten op een aftakking van de spoel aan de voet van de antenne.

Op 40 m en 80 m worden er reactanties via een afstandbediend relais tussen geschakeld, een spoel op 40 m en een condensator op 80 m.

Een daarop gelijkende oplossing vinden we in 73 magazine april 1966, onder de titel "vertical antenna band changing" door W7BWB, Henry Howe.

Deze gebruikt gewone relais met 5 ampère hoogfrequent kontakten voor de omschakeling tussen de 80 m, 40 m en 20 m banden op een 12 m tot 13,5 m hoge mast, waarvan de voet rust op een grote isolator.

Wanneer de relaisspoelen K1 en K2 niet bekrachtigd worden door de 12 V voeding (vanuit de shack via een in de grond ingegraven dubbele leiding onder dikke isolatie), is de coaxiale kabel die van de Tx/Rx komt, aangesloten op de 20 m aftakking van de spoel. Wordt K1 bekrachtigd, dan ligt de kabel naar de 80 m aftakking.

Indien zowel K1 als K2 tegelijkertijd ingeschakeld worden, dan ligt de coax naar 1 zijde van de condensator C en de antenne naar de andere elektrode van C.

De auteur vertelt er niet bij of we dan op de 40 m aftakking zitten.

In het punt X kan een hoogfrequente ampèremeter tussen gesoldeerd worden, zodat men elke aftakking op de spoel zo kan kiezen en instellen, dat de antenne de grootste stroom trekt op elke gekozen band.

**De 160 m verticale van W6PYK.**

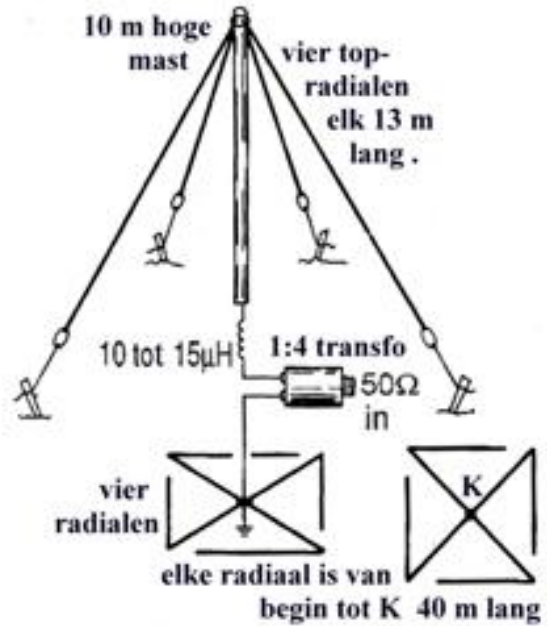


Fig.21

De 10 meter hoge antennemast is voorzien van een topcapaciteit, die bestaat uit vier 13 meter lange draden, die onder een hoek t.o.v. de verticale gespannen zijn naar vier zo hoog mogelijke houten paaltjes, minstens een meter hoog, langer en hoger is beter. Het systeem heeft dus het uitzicht van een omgekeerde V-antenne, maar is dat niet.

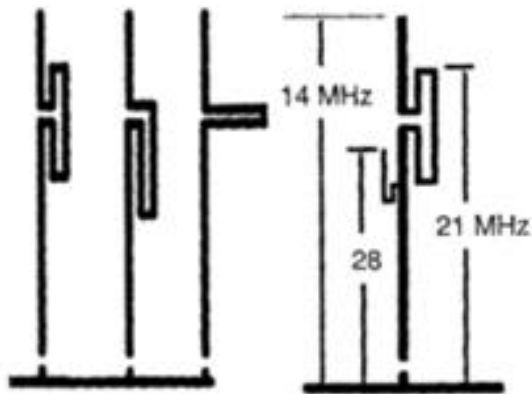
De vier draden kunnen tegelijkertijd dienen als spandraden om de verticale mast te haubanneren en rechtop te houden tegen weer en wind. Bij dit ontwerp was er slechts een kleine lap grond onder de antenne beschikbaar en daarom werden de radialen in een soort zigzag vorm ingegraven tot een vierkante of rechthoekige vorm. Elk van de radialen was tot 40 meter lang, met enkele afmetingen op de figuur aangegeven.

De onderzijde van de antenne rust op een grote isolator en maakt dus geen elektrisch contact met de aarde zodat er een spoel van 10  $\mu$ H tot 15  $\mu$ H kan op aangesloten worden, nodig om de antenne in resonantie te brengen op 1,83 MHz. Om het geheel via een 50 ohm coaxiale kabel te kunnen voeden, werd hier gebruik gemaakt van een gewone HF transfo met 2 gescheiden wikkelingen op een ferrietring gewikkeld, die de 12 ohm lage voedingspunt weerstand van de antenne optransformeert tot 50 ohm.

Details over het aantal windingen zijn niet gegeven, maar men kan hier de theorie van

de transformatoren toepassen:  $Z_1 = n^2 \cdot Z_2 \dots$

### Verkorten van een verticale antenne door ze lineair te belasten.



Verschiede soorten en vormen van lineaire antenne-belasting.

Fig.22

In plaats van een verlengingsspoel te gebruiken, kan men een verticale straler een zodanige vorm geven, dat er een lineaire belasting tot stand komt, die de antenne elektrisch verlengt.

Omdat de daartoe gebruikte vormen niet eenvoudig op een metalen mast zelf kunnen aangebracht worden, kan men hier zijn toevlucht nemen tot bomen waartegen een koperdraad met een bepaald gekromd uitzicht genageld wordt, of beter de gecreosoteerde houten telefoonpalen of spoorwegpalen die soms in groot aantal langs de spoorweg in opslagplaatsen liggen, en per opbod aan een miniprijs verkocht worden. Ze worden ook vaak per lot, als brandhout, geveild op plaatsen en data die men te weten komt via de advertentiebladen of van een spoorwegbediende of een ambtenaar die werkt in een nog niet volledig geautomatiseerde telefooncentrale.

De lineaire belasting werkt beter dan een verlengingsspoel omdat de verliezen kleiner zijn dan deze van een spoel, en de Q-factor kleiner, waardoor een bredere band van frequenties bestreken wordt voor een bepaalde lage waarde van de SGV.

Ook is de mechanische vorm en uitvoering beter bestand dan een spoel tegen vocht, regeninslag en stormen, zelfs wanneer de spoel in een plastieken of metalen behuizing ondergebracht is. De lusvorm van de lineaire belasting moet een zelfde zelfinductiewaarde invoeren als deze van een voor een bepaalde toepassing

geschikte spoel, bijvoorbeeld  $10 \mu\text{H}$  tot  $20 \mu\text{H}$  zoals in enkele van de bovenstaande voorbeelden. Maar nog steeds zijn aan de voet van de mast ingegraven of aan de bodemoppervlakte liggende radialen nodig, minimum vier tot vijf, een kwart golf lang op de werkfrequentie, die men kan afrollen van een bobijn met draad, bijvoorbeeld gemonteerd op een motor aangedreven grasmaaier, waar men achter loopt tijdens het leggen van de draad. De gesoldeerde uiteinden worden goed elektrisch verbonden met de afscherming van de voedende coaxiale kabel, maar dat wisten we ondertussen wel al.

### De T-antenne: aanvullende opmerkingen over de werking.

Hoewel men op het eerste zicht zou kunnen denken dat de T-antenne in haar geheel straalt of ontvangt, is ze veeleer een verticale antenne die verkort wordt door de hierboven vernoemde horizontale draad die werkt als topcapaciteit.

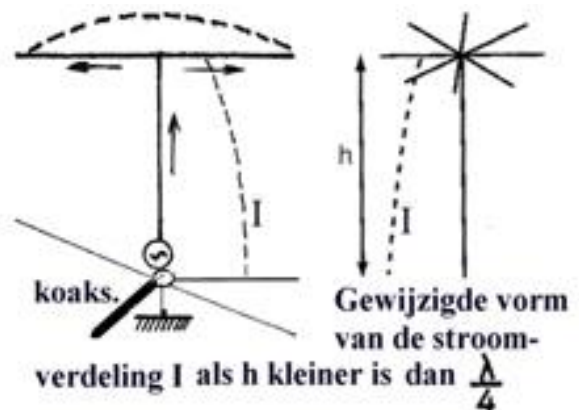


Fig.23

In tegenstelling tot andere (symmetrische) draadantennen, kan de T gevoed worden met een coaxiale kabel, typisch voor verticale antennen, zoals ook voor de grondvlakantenne of de groundplane.

Er bestaan twee verschillende opvattingen over de werking van de T.

De eerste is, dat er op het horizontaal gedeelte twee veldsterkteverdelingen staan, aan beide zijden van de middenaftakking, die elkaar opheffen, zodat enkel de verticale draad actief is. De tweede opvatting is, dat het vertikaal gedeelte samen met elk van de twee helften van het horizontaal, een kwart golf antenne vormt zoals bij de omgekeerde L-antenne.

Een verticale kwart golf antenne op de 160 meter band is ongeveer 40 meter hoog. Dit

is voor ons praktisch niet verwezenlijkbaar en bovendien zou de duur uitvallen een dergelijke antenne op te richten. Daarom gaat men vertikaal tot een hoogte van 15 tot 24 meter en voegt er dan bijkomend een horizontaal gedeelte aan toe om de totale lengte van 40 m te bekomen.



Fig.24

De lengte  $V + H$  is telkens gelijk aan  $\lambda/4$ . Teneinde een goede straling onder een lage hoek te bekomen, is een goed grondvlak als tegengewicht vereist. Een minimum van 4 radialen, elk  $\lambda/4$  lang, is essentieel en aanbevelenswaardig.

Hoe meer gronddraden, des te gunstiger, zeker nodig bij een slechte kwaliteit van de grond, bijvoorbeeld droge zandige of rotsachtige aarde.

De grondweerstand loopt in sommige gevallen op tot 30 ohm. Hij staat in serie met de stralingsweerstand van de antenne zelf en met de verliesweerstand van een eventueel gebruikte aanpasser of antenne-tuner. Alleen het vermogen dat aan de stralingsweerstand wordt toegevoerd, wordt nuttig uitgestraald. Het komt er dus op aan dat de stralingsweerstand zo groot mogelijk blijft t.o.v. de andere weerstanden, of anders uitgedrukt, dat de aard- en verliesweerstand zo klein mogelijk blijven, en dat kan door zowel voor de aarddraden als voor de verticale straler, zo dik mogelijke (koper-) draden te gebruiken of aluminium, koperen of zinken buizen.

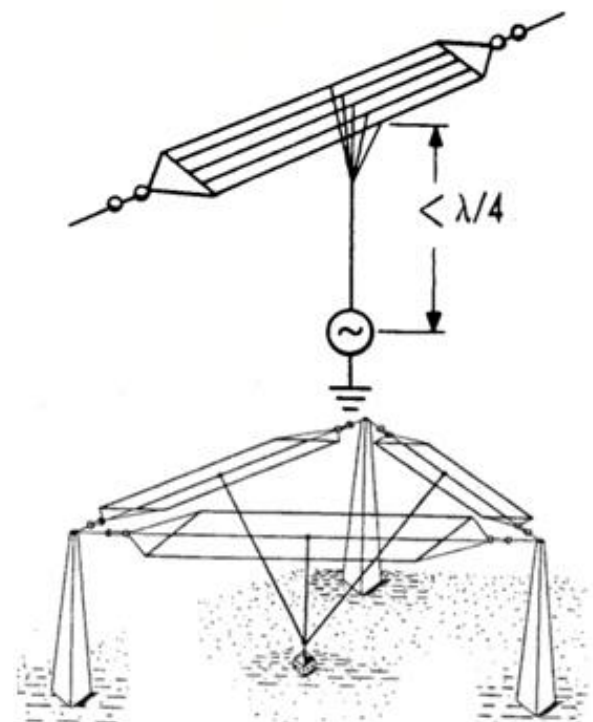


Fig.25

#### T-antenne voor 160 m en 80 m.

De antenne bestaat uit een dunne kantelmast (de Rohn 50 of elke bruikbare vervanging daarvan) die 15 meter lang of hoog is, maar evengoed kan samengesteld worden uit vijf, drie meter lange, aan elkaar gesoldeerde regenpijpen. Bovenaan de antenne zijn twee topcapaciteitsdraden gespannen die een elektrische verbinding



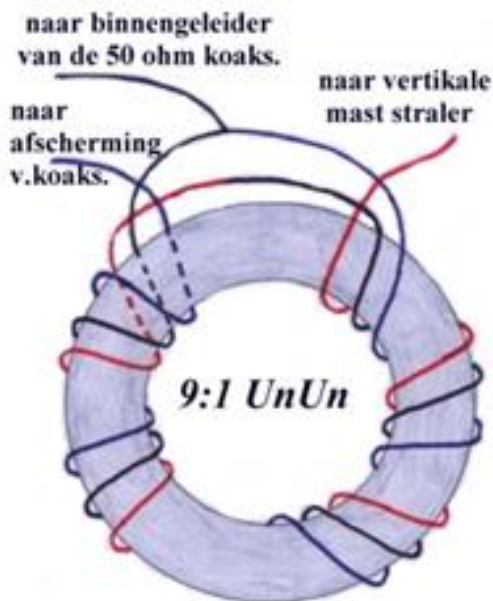


Fig.28

bv.35 ohm, zoals we in de bovenstaande

voorbeelden ook al ontmoet hebben, dan is de impedantie-verhouding  $50/35 = 1,43$  en volgt uit deze theorie en deze der gewone transformatoren:  $V_0/V_1 = (1,43)^{0,5} = 1,2$  als verhouding tussen de uitgangsspanning en de ingangsspanning.

#### Praktische verwezenlijking:

Als ringkern kan men bv. kiezen tussen de Amidon T130-2 en T130-6 of FT 140-43, die allen goed geschikt zijn voor breedband UnUn's of baluns. Drie wikkelingen van elk 8 tot 10 windingen dikke geëmailleerde koperdraad of dikke blanke koperdraad onder gekleurde isolatie, bijvoorbeeld rood, blauw en zwart, voldoen om de 1:9 of 9:1 UnUn te wikkelen volgens de nevenstaande figuren.

**Op de 80 meter band** is een kwart golf, bijvoorbeeld op 3600 kHz, gelijk aan:  $\lambda/4 = c/4 \cdot f = (300/4 \cdot 3,6)$  meter = 20,83 meter.

De 15 meter lange/hoge mast is dus ongeveer twee derden van deze afmeting. Maar als men de bovenkant daarvan elektrisch verbonden laat doorlopen over 5,83 meter (bij te regelen aan de Tx/Rx voor de beste SWR=SGV) tot aan een 3,6 MHz sperkring, dan geraakt men wel aan de 20,83 meter, en dat is het idee achter de bouw van deze kwart golf antenne, die men ook als omgekeerde L-antenne zou kunnen verwezenlijken bij ontoereikende plaats.

De auteur van deze opstelling (Thomas, AC7A) heeft deze beredenering doorgetrokken voor de 160 meter band, en de sperkring laten volgen door 20 meter (vrij lang!) dikke koperdraad onder isolatie (bijvoorbeeld VOB draad, te koop bij Gamma voor een paar euro's per 100 meter, met isolatie in verschillende kleuren waaronder natuurgroen). De draad eindigt op een ei-isolator. De totale lengte van de antenne wordt aldus:  $(15 + 5,83 + 20)$  meter = 40,83 meter, nog een beetje verlengd door de spoel van de sperkring die nu niet meer in resonantie is, maar waarvan de zelfinductie van de spoel nog wel verlengend werkt. (juiste afstemming met SGV-meter ter plaatse van de Tx/Rx). De rechtse figuur op vorige bladzijde stelt de sperkring en zijn constructie voor.

Een spoel met 9 windingen (over 2,5 cm tot 3 cm gespreid) geëmailleerde koperdraad of dikke blanke vertinde draad, op een bakelieten of andere isolerende spoelvorm (bv. porselein) van 5 cm buitendiameter gewikkeld, staat parallel met een 500 pF (2000 volt Wkg) gesoldeerd.

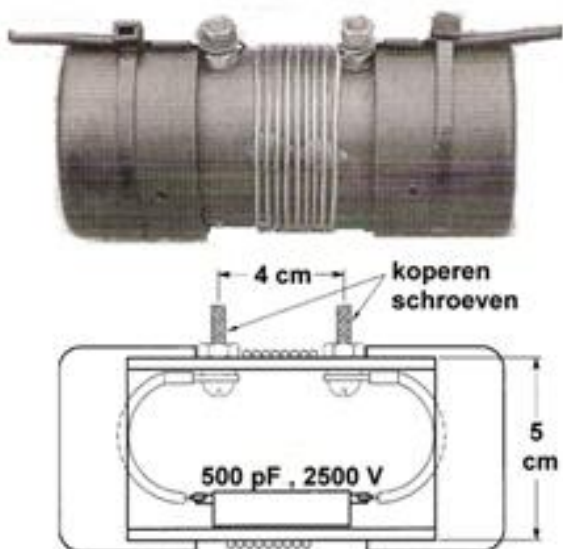


Fig.29

Deze condensator is ondergebracht binnen in de spoelvorm ter beschutting tegen gure weersomstandigheden. Wie een dergelijke hoogspanningscondensator niet in de shack heeft, kan vier zilvermica condensatoren van elk 2000 pF, 500 volt werkspanning, in serie solderen. De uiteinden van de sperkingspoel worden aan een grote soldeerlip gesoldeerd, die vastgeklemd zit onder een vrij grote koperen bout, waaronder nog een tweede grote soldeerlip zit, waarop de topcapaciteit-draad uitkomt. Dit dus aan weerszijden van de isolerende spoelvorm.

**Afregeling van de sperkring:** Vooraleer de traps buiten op te hangen, worden ze eerst afgeregeld met een MFJ 259 antenne analyser of een (bv. Heathkit) dipmeter, samen met de Rx in de shack voor een nauwkeuriger frequentieaanduiding dan deze op de griddipper of transistordipper. Een digitale frequentiemeter is natuurlijk nog beter dan de Rx. Wie vaak in CW werkt op 80 meter, kan als centerfrequentie bv. 3530 kHz kiezen, de Phone entoesiasten, bv. 3650 kHz. Schuift men de windingen van de spoel wat uiteen (met een pennemes), dan verkleint de zelfinductie en verhoogt de frequentie.

In het tegenovergestelde geval (of door het bijwikkelen van een winding), verlaagt de frequentie. Nadat de juiste waarde gevonden is, kan men de windingen van de spoel vastleggen door er gesmolten epoxy op te gieten, echter zonder te overdrijven, anders vergroot de eigen capaciteit die parallel komt met de spoel, door de  $\lambda_r$  van

de epoxy.

De waarde van de C kan eventueel aangepast worden door serie- of parallelcombinaties.

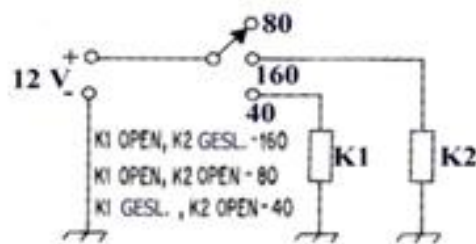
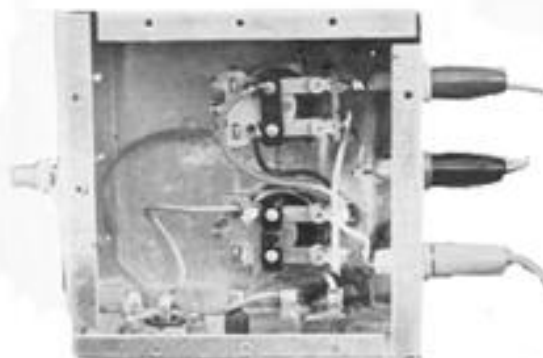
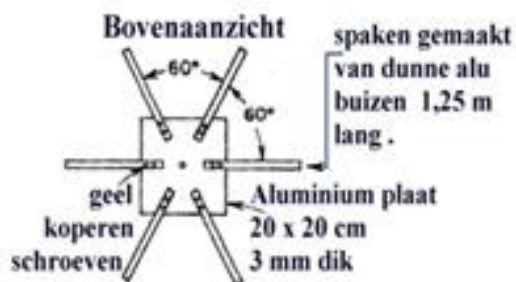


Fig.30

Het afstemmen van de antenne, gebeurt met een SWR= SGV-meter aan de uitgang van de Tx, die ingesteld is op een verminderd HF vermogen op de gekozen centerfrequentie. Op 160 m kan men de lengte van de topcapaciteitsdraden wat wijzigen, verkorten (vertrekkend van te lange draden) om de kleinst mogelijke,

dichtbij 1, SGV-waarde te bekomen. Volgens LA1IC kan men in plaats van een totale lengte van 40 tot 41 meter na te streven als topcapaciteitlengte (aan weerszijden van de mast), eens proberen met een totale lengte van 39 meter of zelfs van 37 meter.

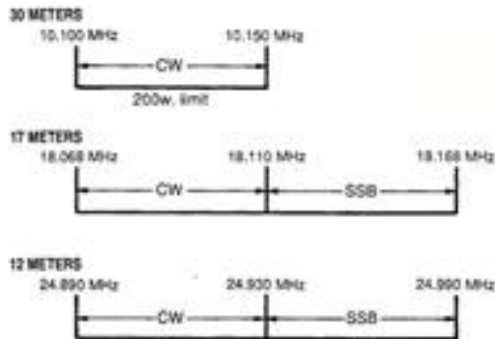


Fig.31

In die twee gevallen, kan men dezelfde antenne, zonder antennetuner, ook laten werken op andere banden en frequenties:

A) 39 meter lange topcapaciteit draden: 15 m: 21,055 MHz; 12 m: 24,9 MHz; 10 m: 28,75 MHz;

B) 37 meter lange draden: 30 m: 10,035 MHz; 20 m: 14,085 MHz; 17 m: 18,140 MHz.

De vraag is natuurlijk of de 160 meter band goed zal blijven presteren met een aanvaardbaar kleine SWR, als men bv. de lengte tot slechts 37 meter verkort.

Met een antennetuner zal dat wel lukken, maar de oorspronkelijke bedoeling was juist, een 160 m - 80 m antenne te bouwen, waarvoor geen afstemmer nodig was.

### Een 40, 80, 160 m multiband verticale antenne met topcapaciteit.

De antenne is samengesteld uit aluminium buizen van afgebroken TV-antenne masten, met een totale lengte van 18 meter. Wie de hand heeft kunnen leggen op een occasie kipmast uit twee delen, met deze totale lengte, heeft meer geluk en zal minder moeite hebben om, op de grond staande naast de geknikte mast, de top-capaciteit te installeren. Deze top bestaat uit zes aluminium spaken die op gelijke afstand van elkaar vastgeschroefd zijn op een aluminium plaat. Als de mast niet kan kantelen, is het aan te raden hem te haubanneren met spandraden, onderbroken door isolatoren op een halve meter tot een meter van de top, en ongeveer halweg op 10 meter hoogte. Onder de mast zijn 20

samenkomende radialen, bv. koperdraad nr. 12, ingegraven, elk 18 meter lang als compromis keuze voor een goede werking op de drie banden. Een groot aantal te korte radialen is verkieslijk boven een klein aantal lange.

### Het afregelen van de antenne.

De antenne wordt eerst afgeregeld om zo goed mogelijk te werken op de 40 meter band. Daartoe wordt een griddip meter gekoppeld met de onderzijde van de mast. Als de meter bijvoorbeeld 6,9 Mhz aangeeft, is de antenne langer dan een kwart golf, dus inductief zoals een open stuk transmissielijn.

Dan kan een condensator  $C1=300$  pF in serie geschakeld worden met de antenne om de inductieve component te compenseren. De 300 pF kan gemaakt worden van drie in serie geschakelde 1200 pF condensatoren, elk 500 V werkspanning.

Voor een andere mastlengte, zal een andere capaciteitswaarde voor  $C1$  nodig zijn. Op de 160 meter band is de antenne korter dan een kwart golf, dus capacitief. Daarom wordt op 160 m, een spoel  $L1$  in serie met de verticale geschakeld, tussen de onderkant van de mast en de aarde.

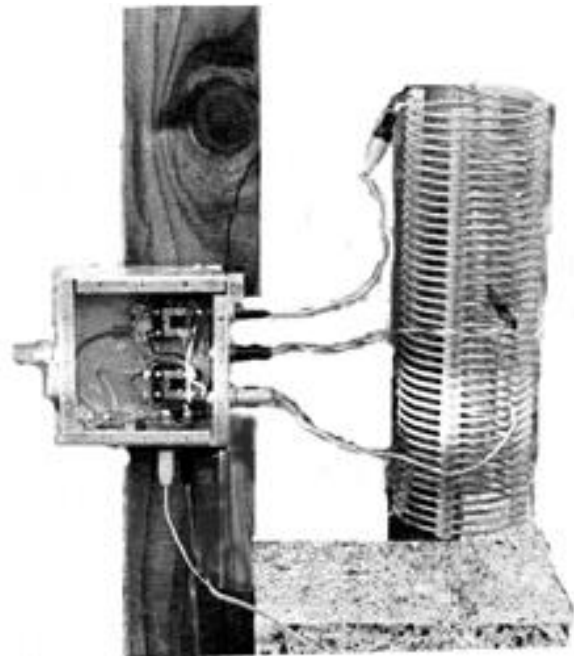


Fig.32

$L1$  bestaat uit 40 windingen dikke vertinde draad, gewikkeld op een keramische (of uit ander isolatiemateriaal bestaande) spoelvorm met 5 cm diameter. Aftakkingen op de spoel maken het mogelijk op 80 m te werken, want ook op deze band is de antenne korter dan een kwart golf, dus

capacitief, maar minder dan op 160 m, dus de waarde van de in serie geschakelde inductantie van de spoel L1 is kleiner dan op 160 m, zodat een aftakking op de spoel kan gezocht worden. Er zijn twee aftakkingen op aangebracht, 7 windingen van de top en 4 windingen van de onderzijde. Maar de beste aansluiting wordt gevonden door de antenne met een verlaagd vermogen van de Tx te bekrachtigen en de tap over de verzilverde of vernikkelde spoel te verschuiven tot de laagste waarde van de SGV gevonden is, waarna de aftakdraad op die plaats gesoldeerd wordt.

De 10 ampère hoogfrequent relaiscontacten K1 en K2 van twee 12 volt relais, schakelen het geheel volgens het schakelschema en de foto van de relaisopstelling, ondergebracht in een plastieken of metalen waterdichte behuizing, waarnaar vanuit de shack, twee draden lopen, bijvoorbeeld gewone 220 volt elektriciteitsdraad onder plastic.

Als gelijkspannings retourleiding kan de afscherming van de coaxiale voedingskabel dienen.

De 12 volt voedingsspanning voor het relais, hoeft niet gestabiliseerd te zijn. Het is vanzelfsprekend dat relais met een andere voedingsspanning evengoed voor deze toepassing kunnen dienen.

### Een 20, 40, 80 m multiband verticale antenne met topcapaciteit.

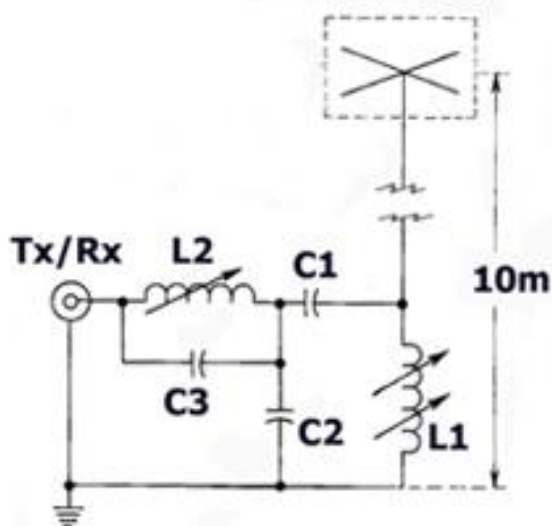


Fig.33

De in de handel verkrijgbare HV5 is een multiband verticale antenne met topcapaciteit. De juiste keuze van L1, C1 en L2 zorgt voor een goede aanpassing op 40 m

en 80 m.

De waarden van deze componenten zijn niet vermeld, maar men kan ze afleiden uit andere beschrijvingen van dergelijke netwerkjes in deze bespreking. Op de 20 m band, is de antenne langer dan een halve golf.

L2 wordt in resonantie afgestemd met de capaciteit van de condensatoren in het netwerk.

C2 en C3 beïnvloeden de resonantiefrequentie, en L1 heeft daarop vooral invloed op de 80 m band. Op 40 m en 20 m is de antennevoedingspuntweerstand groter dan de 50 ohm  $Z_0$  van de coaxiale voedingskabel. Hoe meer radialen men aan de voet van de antenne ingraaft, samen elektrisch verbonden met de afscherming van de coaxiaal, des te groter is het rendement van de antenne. Voor het met de kleinste moeite afregelen van de antenne, plaatst men een laagvermogen Tx/Rx, gevolgd door een SWR meter, buiten op een tafeltje naast de antennemast. Dan kan men de zelfinductie van de spoelen L1 en L2 wijzigen. In de HV5 commerciële uitvoering, zijn L1 en L2 spoelen met een ijzerpoederkern, die men met een schroevendraaier kan verdraaien en aldus verplaatsen binnen elke spoel. In een zelfbouw uitvoering kunnen dit spoelen met aftakkingen zijn.

### Een T-antenne voor de 40 meter band.

In het midden van een 12,2 meter lange horizontale draad is de binnengeleider van een coaxiale kabel RG58 (om het gewicht te reduceren, geen RG8) gesoldeerd. Deze laatste wordt bovenaan over 15 centimeter lengte ontdaan van zijn gevlochten metalen afscherming. Op een afstand A, vanaf die 15 centimeter naar beneden gerekend, wordt er een metalen pin of pen dwars doorheen de kabel gestoken, zodanig dat de binnen- en buitengeleider van deze laatste kortgesloten worden. Men kan dit natuurlijk ook op een andere, zekerder manier verwezenlijken door ter plaatse van dat punt de buitenmantel te verwijderen, en met een soldeerbout de isolatie weg te smelten en de afscherming vast te solderen aan de binnengeleider. Daarna het geheel omwikkelen met waterbestendig plakband.

De afstand A is gelijk aan een kwart golf van de centerfrequentie waarop men wil werken, hier gelijk gekozen aan 7050 kHz, vermenigvuldigd met de verkortingsfactor  $v_f$ , afhankelijk van de constructeur en van



de kabel, gelegen tussen 0,66 en 0,85.

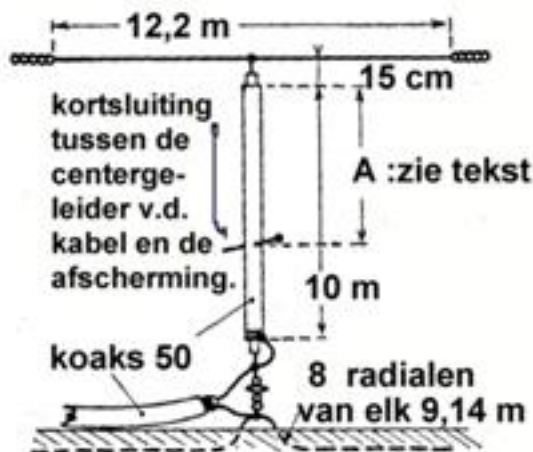


Fig.34

De beste manier om deze  $v_f$  te weten te komen, is hem meten. Een kwart golflengte op 7050 kHz is een vierde van de golflengte 42,55 meter, dus 10,64 meter.

Vermenigvuldigd met respectievelijk 0,68 en 0,85 levert dit voor A een lengte op van ofwel 7 meter of 9 meter.

Waarden daartussen zijn natuurlijk mogelijk bij een andere gemeten  $v_f$ . Onder het stuk A loopt de kabel nog gewoon door over een lengte van 10 meter. Onderaan de kabel wordt de afscherming en de binnengeleider gesoldeerd en verbonden met de voedende 50 ohm coaxiale kabel, waarvan de afscherming elektrisch goed geleidend verbonden wordt met een tegengewicht van minstens twee koperen of stalen draden, 10 centimeter onder de grondoppervlakte ingegraven, en een kwart golflengte lang, dus 10,64 meter. Voor een goede werking is het aangeraden 8 radialen te gebruiken, die waaivormig aan de voet van de antenne daaronder gespreid zijn.

De verticale is, zoals op de figuur zichtbaar is, op een vrij grote isolator opgesteld, ingegraven en met een cementblok verzwaaard.

De antennekabel kan ondersteund worden om te verhinderen dat hij bij hevige windstoten zou gaan slingeren. Het is de buitenmantel van de kabel die straalt en ontvangt, onmindirectioneel zoals elke verticale antenne. De horizontale draad draagt daar in niets toe bij, vermits die 12,2 meter ongeveer een kwart golf lang zijn, en de stroom- en spanningsverdeling daarop maken dat in het midden daarvan een vrij hoge impedantie gezien wordt, waardoor er een isolatie ontstaat tussen dat horizontaal gedeelte en de daaraan in het midden gesoldeerde verticale straler.

Op 7050 kHz is het deel A in resonantie, hetgeen niet meer het geval is, indien men deze antenne zou gebruiken op de 80 meter band, hetgeen ook goed werkt, omdat de antenne zich dan gedraagt als een  $\lambda/3$  omgekeerde L antenne op 80 meter, waarbij het vertikaal gedeelte samenwerkt met elk van de twee helften van de horizontale draad. Men berekent dit als volgt:  $10 \text{ m} + 10,64 \text{ m} + 12,2/2 \text{ m} = 26,74 \text{ m} = 80/3 \text{ meter}$ .

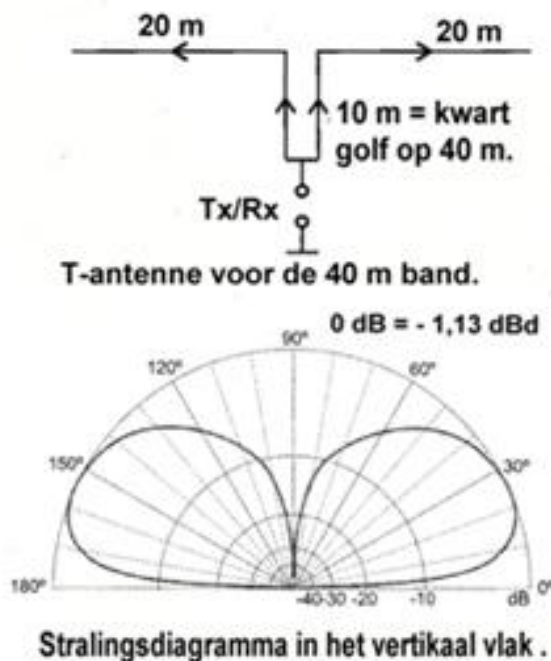


Fig.35

### Andere vorm van een 40 meter T-antenne.

Het horizontaal gedeelte is merkkelijk langer dan bij de vorige antenne.

In dit geval worden de twee onderste uiteinden van een 10 meter lange symmetrische voedingslijn die dus een kwart golflengte lang is op 40 meter, met elkaar samen verbonden, en tussen dat punt en een aardteggengewicht, gevoed met een 50 ohm coaxiale kabel.

De voedingslijn werkt als straler en de twee horizontale draden als capacitieve topbelasting, waarbij de stroom in de twee horizontale delen tegengesteld is, zodat de daaruit voortvloeiende stralingen elkaar opheffen.

De resulterende straling is vertikaal gepolariseerd met een stralings-diagram dat in een doorsnede door een vertikaal vlak, twee lobben vertoont.

Recht naar boven is er geen straling, en het maximum van deze laatste ligt bij een hoek van ongeveer 25 graden ten opzichte van het horizontaal vlak van de grond.



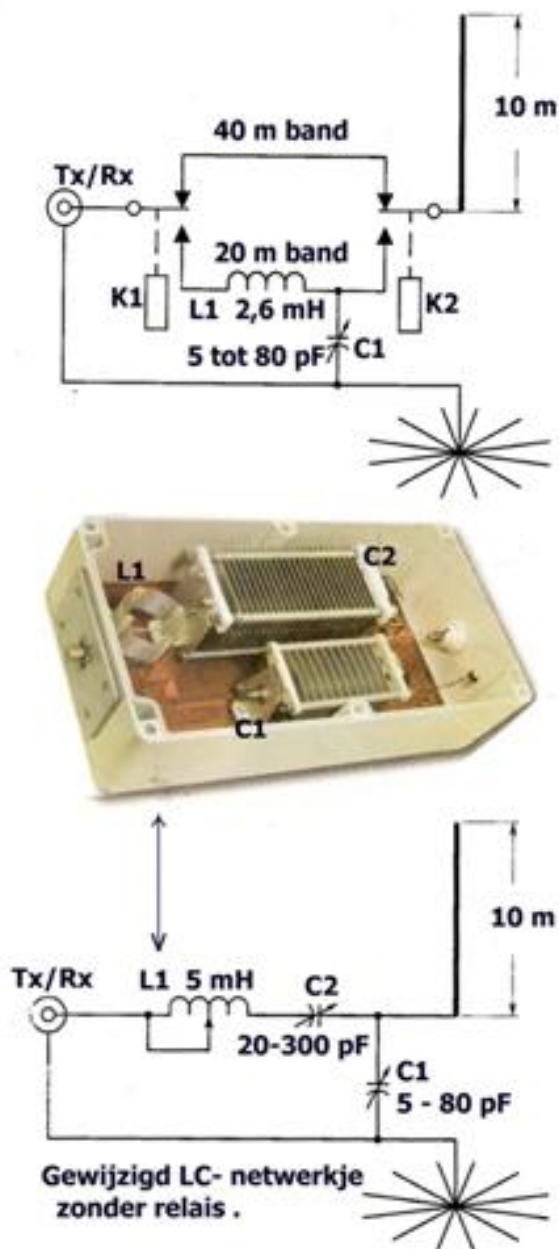


Fig.38

Een goede keuze bestaat erin het verticaal deel A gelijk te kiezen aan  $\frac{2}{3}$  van  $\lambda/4$  en het horizontaal deel B,  $\frac{1}{3}$  van  $\lambda/4$  lang te maken. Nemen we als voorbeeld de 20 meter band met als gekozen centerfrequentie 14,2 MHz. De waarde van de golflengte in meters volgt uit  $\lambda = c/f$  met  $c = 300$  en  $f$  in MHz, dus in dit geval  $300/14,2 = 21,13$  meter.

Rekening houdende met de capacatieve invloed van de omringende lucht, moet deze waarde nog vermenigvuldigd worden met 0,95. Dit geeft 20 meters, zodat een kwart golf 5 meters bedraagt. Neemt men hiervan  $\frac{2}{3}$  voor A en  $\frac{1}{3}$  voor B, dan wordt  $A = 3,3$  m en  $B = 1,7$  m. Dit wordt dus werkelijk een draagbare antenne voor

velddagwerk. Voor de 40 meter band zullen de afmetingen ongeveer verdubbelen, wat nog steeds schappelijk is voor een praktische opstelling te velde. Vermits de voeding met een coax.

Gebeurt, moet de buitenmantel daarvan geaard worden, en hiervoor zou men een stalen pin in de grond kunnen slaan, maar de betere oplossing bestaat er in een tegen-gewicht onder de antenne aan te brengen van enkele in de aarde ingegraven of bij een tijdelijke opstelling, enkele boven de grond liggende metalen draden, een kwart golflengte lang, in een gezamenlijk knooppunt samengebracht, waaraan dan de buitenmantel van de coaxiale kabel gesoldeerd of met een klem elektrisch goed geleidend verbonden wordt.

### Een andere 20 m en 40 m verticale.

De voedingsbondweerstand van de verticale is kleiner dan 40 ohm, wanneer de antenne als kwart golf werkt op de 40 m band, maar op 20 m is deze weerstand veel groter, rond de 1100 ohm, omdat de antenne dan een halve golf lang wordt.

Men kan dan niet meer rechtstreeks met een 50 ohm coaxiale kabel voeden en het voorgestelde L1C1 aanpassingsnetwerkje, wordt met de van op afstand gestuurde relaiscontacten K1 en K2, tussen geschakeld. Op deze wijze wordt de SGV zowel op 20 m als op 40 m aanvaardbaar klein.

Indien men geen relais wenst te gebruiken, dan is een andere oplossing mogelijk met een gewijzigd netwerkje. L1 en C2 vormen een serieresonantiekring, die een kortsluiting vertegenwoordigt op 40 m.

De reactantie van C1 is een tiental keren groter dan de voedingsweerstand aan de basis van de antenne waarmee hij parallel staat en daarom heeft hij daar weinig invloed op. Om op 20 m te kunnen werken, moeten L1 en C2 zodanig bijgeregeld worden, dat de inductieve reactantie even groot is als in het netwerkje, geschakeld met de relaiscontacten K1 en K2.

De waarde van C1 blijft ongewijzigd in de twee opstellingen.

Wanneer alle componenten L1, C1 en C2 goed ingesteld zijn, vertoont de onderkant van de verticale ten opzichte van massa, een hoge weerstand op de 20 m band en een lage op de 40 m band. Men kan de spoel L1 zelf wikkelen met 10 windingen

draad nr. 14 op een isolerende drager met 5 cm diameter.

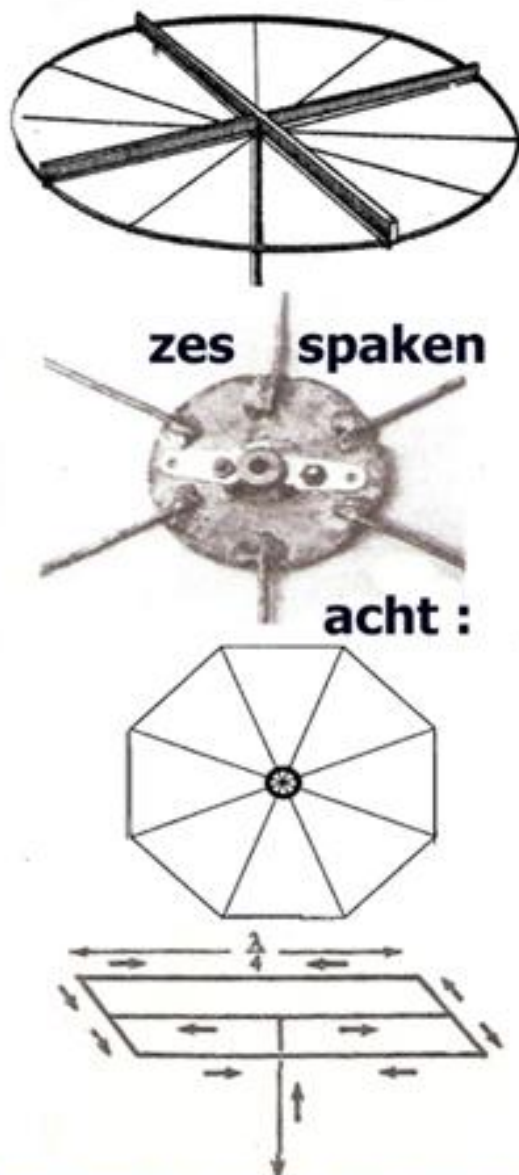


Fig.39

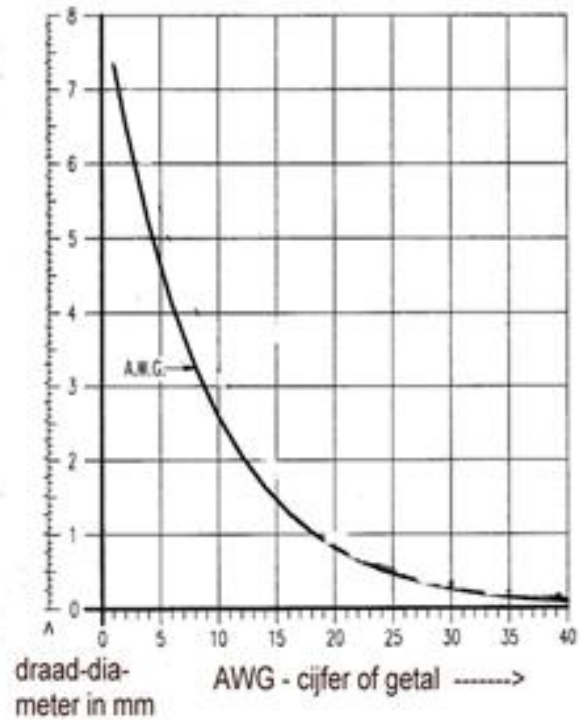


Fig.40

De condensatoren C1 en C2 hebben als capaciteitswaarden: C1= 100 pF variabel en C2= 500 pF, eveneens regelbaar.

De afstand tussen de platen van deze twee condensatoren met luchtdiëlectricum, moet voldoende groot zijn, bijvoorbeeld een halve centimeter, om aan 5 kV te kunnen weerstaan zonder overvonking of overslag.

Vacuum condensatoren komen voor deze toepassing in aanmerking, maar ze zijn te duur voor amateurgebruik.

Een antenne analyser MFJ259B is geschikt om de antenne af te regelen. De aftakking op de spoel wordt eerst zodanig gekozen, dat de zelfinductie van de spoel het grootst is, d.w.z. alle windingen. C2 wordt vervolgens bijgesteld tot de MFJ de kleinste waarde van de SGV aanduidt op de 40 m band, bijvoorbeeld op 7050 kHz.

Vervolgens wordt de frequentie van de analyser gewijzigd 14100 kHz en C1 wordt nu bijgesteld tot de MFJ opnieuw de kleinst mogelijke SGV aanwijst op de 20 m band.

Indien de SGV te hoog zou uitvallen, bijvoorbeeld groter dan 2, dan wordt de looper op de spoel verplaatst naar een andere aftakking, zodat een geringer aantal windingen in geschakeld wordt, met een kleinere zelfinductie. C1 wordt nu bijgesteld tot de SGV aannemelijk laag wordt.

**Iets meer over topcapaciteiten.**

In CQ-DL nr 6, 1978, vinden we van de hand van DL1VU, een antenne met een topcapaciteit met een zodanige vorm, als een op zichzelf teruggebogen draad met open uiteinde, dat met de in de figuur gegeven afmetingen, volgens de auteur, deze antenne zowel op de 7 MHz band als op de 14 werken.



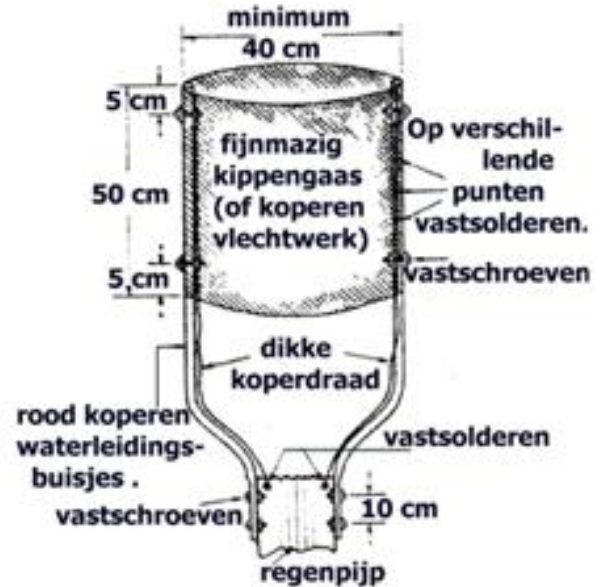
Fig.41

De volgende figuur geeft enkele vormen van capacatieve hoeden weer, waaronder de spakenhoed, maar ook niet voorgestelde vierkante of driehoekvormige topcapaciteiten zijn mogelijk, die wanneer ze asymmetrisch aangebracht worden, dan op de een of andere manier moeten ondersteund worden door vormen van isolatoren, bv. vertrekende van de verticale mast, om hun bundel horizontaal gespannen te houden, wat bij de cirkelvormige en spiraalvormige of bolvormige uitvoeringen niet nodig is.

Het materiaal waaruit de hoeden vervaardigd zijn, kan soldeerbare gele koperdraad zijn, of voor lichtgewicht uitvoeringen, aluminiumdraad of -gaas. Een voorbeeld van deze laatste uitvoering, is de hieronder voorgestelde 7 MHz verticale antenne, gemaakt uit drie aan elkaar gesoldeerde of gebraseerde zinken regenpijpen (lengten van 3 meter).

De antenne is korter dan een kwart golflengte (10 meter). Wenst men ze nog korter te maken dan de drie boven elkaar gesoldeerde stukken regenpijp van 3 meter, dan kan men tussen de bovenkant van de onderste pijp en de onderkant van de middelste pijp, een isolator aanbrengen, bijvoorbeeld een stuk bruingekleurde of grijs gekleurde plasticen regenpijp met

iets kleinere diameter, of een lange fles, of de metalen pijpstukken verwijderen met zaagsneden om ze beter over de isolator te kunnen schuiven (achteraf aanspannen met metalen klembandjes), en tussen de metalen delen een verlengingsspoel solderen.



Praktische uitvoering op het terrein :

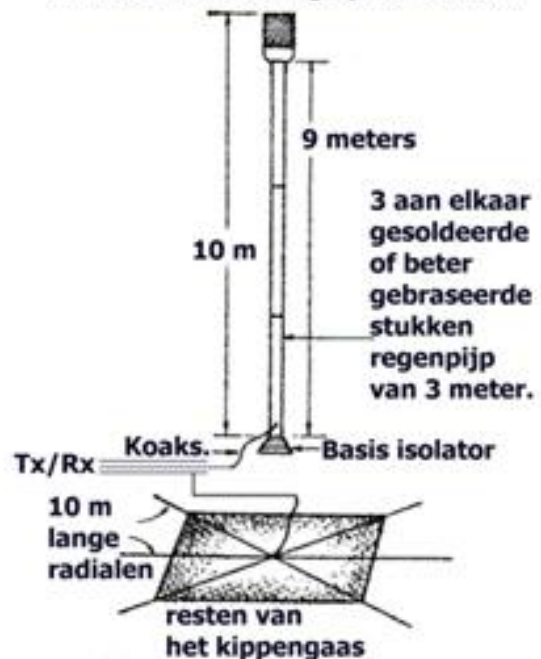


Fig.42

Door de capacatieve hoeduitvoering te combineren met een seriespoel, zal men de sterk verkorte antenne in resonantie kunnen afstemmen, zodat het vertikaal stralingsdiagram onveranderd hetzelfde blijft.

De antenne wordt aan de onderkant, juist

boven een steunende grote isolator (kan eventueel een grote groengekleurde [natuuraanpassing] fles zijn) gevoed via de binnengeleider van een 50 ohm coaxiale kabel, waarvan de afscherming gesoldeerd wordt naar een grondvlak of tegengewicht van enkele radialen onder de antenne. Indien men geen kleine SWR verkrijgt tijdens een afregeling achteraf, dan kan tussen de centergeleider van de coax en de regenpijp een seriekring geplaatst worden die bestaat uit een spoel in serie met een regelbare condensator, of beter, kan men de antenne onderaan voeden via een gammamaanpassing (lagerstaand beschreven) afgestemd op bv. 7050 kHz.

### Een T antenne voor dx op 160, 80, 40 en 30 meters.

De antenne is een  $3\lambda/8$  T op 160 m, een  $\lambda/4$  verticale op 80 m, een  $\lambda/2$  verticale op 40 m en een  $\lambda/2$  verticale op 30 m. De verticale straler is 13,5 meter lang en bovenaan mond hij uit op een kring die bestaat uit twee spoelen en een condensator.

De horizontale topdraad van de T bestaat uit twee delen die elk 10,5 meter lang zijn. Onder de antenne wordt een tegengewicht ingegraven van een aantal koperen of stalen draden (tot 16 stuks voor een goed resultaat op alle banden, elektrisch gesoldeerd op het uiteinde naar de aardverbinding van een relaaskast), elk 28 m lang, en 5 cm tot 10 cm ingegraven onder het zand. De relaaskast staat buiten aan de voet van de antenne.

Men kan op die plaats bovendien een zo lang mogelijke metalen staaf (elektrisch verbonden met de tegengewichtradianen) zo diep als het kan, in de grond slaan met de bedoeling zijn uiteinde onder te dompelen in het grondwater.

De parallelkring staat op 160 meter in serie tussen de verticale en de topcapaciteit die gemaakt is met een PVC-buis van 11,5 cm diameter, 25 cm lang, waarop de spoelen L1 en L2 gewikkeld worden. L1= 75  $\mu$ H en bestaat uit 21 windingen nr.17 AWG geëmailleerde draad, dicht tegen elkaar gewikkeld. L2= 63  $\mu$ H, telt 10 windingen.

Andere uitvoeringen voor deze soort trap, vermelden 6 cm diameter voor de PVC-buis en een ander aantal windingen.

De beste oplossing bestaat er dus in, uit te gaan van PVC-buis, die men thuis heeft

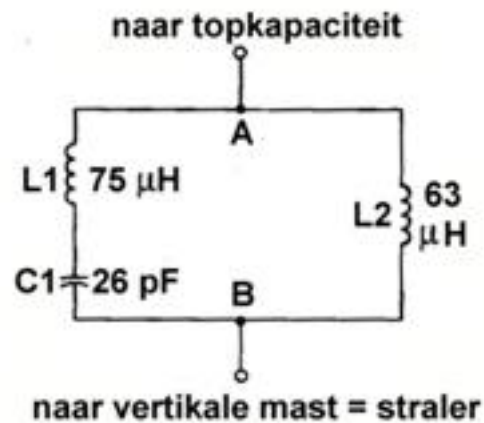


Fig.43

liggen, en daar de spoelen proefondervindelijk op te wikkelen, daarbij telkens de zelfinductie metend met een digitale RLC-meter (een draagbare kost weinig, en is een dankbaar accessoire voor de antenneninstrumentzelfbouwer).

De regelbare afstemcondensator C1 heeft een capaciteitswaarde, die men kan instellen tussen 20 pF en 100 pF, met niet te kleine afstand tussen de platen, waarover hoogfrequent komt te staan.

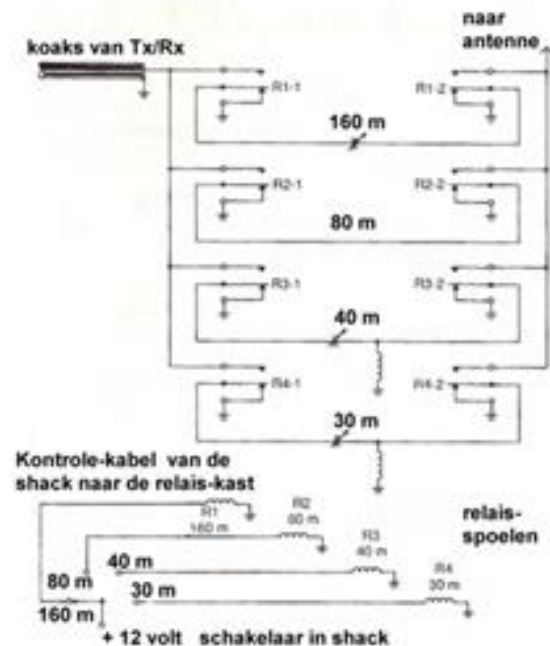


Fig.44

De 80 meter is het moeilijkst afstembaar en men begint dus best eerst met deze band: bijregeling van de CV= C1, waarbij men deze laatste ook kan maken met een stuk RG58U (zoals soms bij een gammamatch gebruikelijk is), als men over geen CV beschikt, die tegen een vrij hoge doorslagspanning tussen de platen bestand is, en zou kunnen vonken.

Ook hier weer, kan men de capaciteit van de kabel meten met een digitale RLC-meter. Bezit men die niet, maar kent men de capaciteit per lopende meter (bv. 100 pF/m), dan kan men een stuk kabel op een zekere lengte afknippen en trimmen, om de seriekring  $Z_1 = (j\omega L_1 + 1/j\omega C_1)$  in resonantie te brengen op de gekozen 80 meter centerfrequentie. Eens dat de 80 m band afgeregeld is, gaat men over naar de 160 m band, waarop  $L_2$  een rol speelt als  $Z_2 = j\omega L_2$ .

Indien men  $L_2 = 215 \mu\text{H}$  zou kiezen, dan zou de parallelkring werken als sperkring op de 160 m band, en dat is hier duidelijk niet de bedoeling, want dan zou de verticale straler afgescheiden worden van de topcapaciteit.

**Ander idee om sommige T-spoelen zelf te wikkelen:**



Fig.45

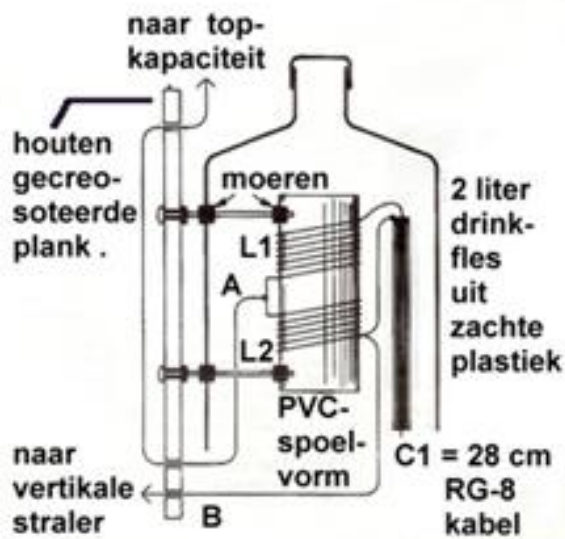


Fig.46

Inderdaad als we de resonantiefrequentie berekenen uit het feit dat de sperkring-impedantie  $Z = (Z_1 * Z_2) / (Z_1 + Z_2)$ , waarin de noemer nul moet worden om  $Z$  oneindig te maken, dan volgt daaruit:  $j\omega(L_1 + L_2) + 1/j\omega C_1 = 0$  of  $\omega^2 = 1 / (L_1 + L_2) \cdot C_1$ .  $C = 1 / [(75 + 215) * 10^{-6}] * (26 * 10^{-12})] = 1 / 290 * 26 * 10^{-18} = 1 / 7540 * 10^{-18}$  of door de vierkantswortel uit linker en rechterlid te trekken  $\omega = 10^9 / 86,83 = 11,516 * 10^6$  of  $f = (11,516 * 10^6) / (2 * \pi) = 1833 * 10^3 \text{ Hz} = 1833 \text{ kHz}$ , dus typisch de 160 meter band.

Maken we dezelfde berekening met de waarden die op de sperkring aangegeven zijn, dan volgt daaruit:  $j\omega(L_1 + L_2) + 1/j\omega C_1 = 0$  of  $\omega^2 = 1 / (L_1 + L_2) \cdot C_1$ .  $C = 1 / [(75 + 63) * 10^{-6}] * (26 * 10^{-12})] = 1 / 138 * 26 * 10^{-18} = 1 / 3588 * 10^{-18}$  of door de vierkantswortel uit linker en rechterlid te trekken:  $\omega = 10^9 / 59,9 = 16,7 * 10^6$  of  $f = (16,7 * 10^6) / (2 * \pi) = 2657 * 10^3 \text{ Hz} = 2657 \text{ kHz}$ .

Dit is een frequentie die in geen enkele van onze amateurbanden voorkomt, wat betekent dat de kring dan veeleer zal fungeren als verlengingsspoel  $L_2$ , vermits de reactantie van de 26 pF condensator zowel op de 80 meter band als op de 160 meter band vrij groot is en de seriekring  $L_1$  en  $C_1$  zal afscheiden van de rest, dus van  $L_2$ .

Waarom de auteur van deze trap voor  $L_2$  precies 63  $\mu\text{H}$  heeft gekozen, zal moeten blijken op het terrein, als men een dergelijke kring installeert, en dan de antenne in haar geheel afregelt voor de kleinste SGV, daarbij de lengten van de buizen en/of de draden aanpassend.

Door de verlenging, werkt op de 160 meter band, de antenne als  $3\lambda/8$  verticale, met een voedingsbondweerstand die dichtbij de 50 ohm ligt, namelijk  $50 + jX$ , dus iets inductief door de spoelwerking. Met een uitwendig aangebrachte condensator tijdens het voeden onderaan de antenne, kan de  $+jX$  opgeheven worden en de antenne in resonantie gedraaid.

Op de 80 meter band, werkt  $L_1$  in serie met  $C_1$  als afgestemde serieresonantiekring, en vertegenwoordigt een kortsluiting, waardoor de capacitieve hoed rechtstreeks met de verticale mast verbonden wordt en zich gedraagt als kwart golf antenne op 80 m.

De juiste frequentie waarop dit gebeurt, volgt uit:  $\omega^2 = 1 / (L_1) \cdot C_1$ .  $C = 1 / [(75 * 10^{-6}) * (26 * 10^{-12})] = 1 / 1950 * 10^{-18}$  of door de vierkantswortel uit linker en rechterlid te trekken  $\omega = 10^9 / 44,16 = 22,65 * 10^6$  of  $f =$

$(22,65 \cdot 10^6) / (2 \cdot \pi) = 3604 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 3604 \text{ kHz}$ . Op 40 meters heeft de sperkring een vrij hoge impedantie, zodat de top gescheiden wordt van de verticale straler en de antenne straalt en ontvangt als halve golf antenne.

Daardoor wordt de voedingsbondweerstand onderaan de verticale mast echter vrij hoog, en moet gevoed worden via een gepast LC-netwerk (kijk hieronder). Op de 30 meter band gelden ongeveer dezelfde opmerkingen als op 40 meter, en gedraagt de antenne zich quasi als halve golf antenne, met dezelfde opmerking over het voeden als bij de 40 meter werking.

### Een verticale multiband antenne voor 80, 40 en 20 meter.

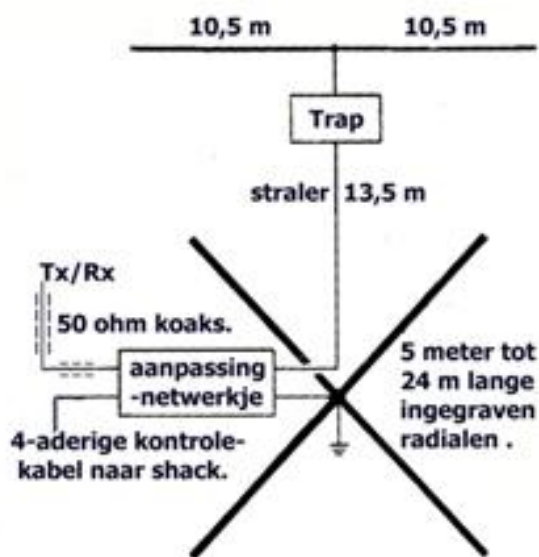


Fig.47

De antennemast is 13 meter hoog en rust op een grote isolator, die zelfs kan bestaan uit een blok hard hout, of de tronk van een omgezaagde boom. Grondradialen worden aan de voet van de mast ingegraven, naast een aanpassingsnetwerk, dat ondergebracht wordt in een plastieken of metalen regenbestendige doos.

De LC-netwerkjes onderdrukken eventuele harmonische, door het feit dat ze uitgevoerd zijn als laagdoorlaat filter.

Tegelijkertijd werken ze als aanpassing tussen de coaxiale kabel en de antenne voedingsklemmen. Op de 20 meter band is een 13 meter hoge mast  $0,63\lambda$  groot, en straalt onder een buitengewoon lage hoek, omdat hij werkt als een uitgebreide dubbele Zepp antenne.

Het bestaat uit zoveel mogelijk  $\lambda/4$  draden op de 20, 40 en 80 m band:

gegalvaniseerde ijzerdraad of koperdraad, 10 tot 20 cm onder de aardoppervlakte ingegraven.

Dit tegengewicht is belangrijk, omdat bij het ontbreken ervan of de slechte uitvoering ervan, het gelijkgesteld kan worden aan een weerstand, die in serie met de voedingskabel wordt ingevoerd.

De voedingskabel mag onder de grond ingegraven worden en zeker in gebieden waar het niet vaak regent.

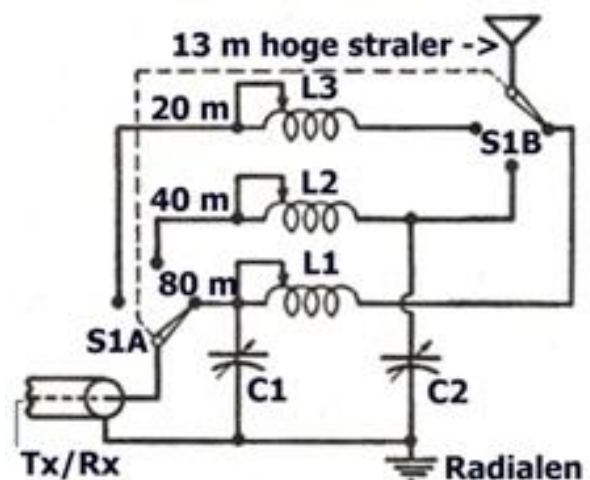
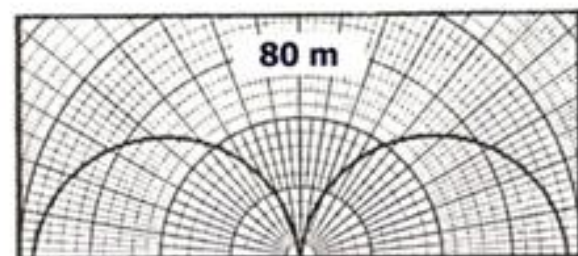
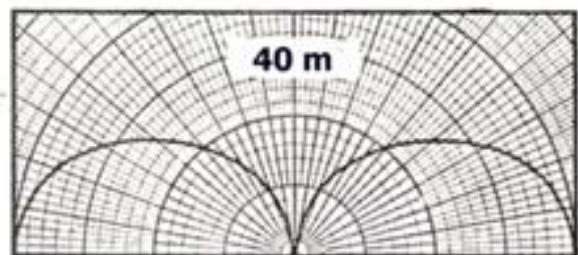


Fig.48

Het aanpassingsnetwerk, voorzien van een drie standen dubbelpolige draaischakelaar, bestaat voor de 40 m en 80 m uit een spoel en een regelbare condensator. Op 80 m is  $C1 = 1200 \text{ pF}$  en  $L1 = 10 \text{ }\mu\text{H}$  en op 40 m is  $L2 = 2,1 \text{ }\mu\text{H}$  en  $C2 = 215 \text{ pF}$ . Tenslotte is op 20 m,  $L3 = 0,6 \text{ }\mu\text{H}$  en behalve deze seriezelfinductie en haar inductantie, is hier geen bijkomende shunt condensator nodig, omdat de strooi-capaciteiten van de schakeling zelf reeds  $15 \text{ pF}$  bedragen. De spoelen uit geëmailleerde koperdraad nr. 12, kunnen gewikkeld worden op een



isolerende drager, een cilindrische spoelvorm. L1: 18 windingen op 6 cm diameter, L2: 20 windingen op 3 cm uitwendige diameter, 10 windingen eveneens op 3 cm diameter. De 40 meter C2 kan een 0 tot 250 pF afstemcondensator zijn uit een afbraak oude radio. De C1 op 80 meter wordt samengesteld uit een 1000 pF, 2500 V werkspanning, vaste mica condensator, parallel gesoldeerd met een 0 tot 250 pF regelbare condensator.

Wat deze afstemcondensatoren betreft, kiest men de afstand tussen de vaste en de draibare platen zo groot mogelijk om 1500 V overslagspanning aan te kunnen. Men kan er met een fijne bektang eventueel een aantal platen uittrekken om de tussenafstand tussen de platen te vergroten. Elke spoel en elke condensator in de LC-netwerkjes wordt geregeld voor de kleinste SGV op de SWR meter na de Tx/Rx in de shack. Men begint telkens eerst de C te verdraaien tot een stand die een zo laag mogelijke SGV oplevert, en vervolgens regelt men de aftakking op de spoelen bij. Deze bewerking wordt enkele keren herhaald tot de kleinste waarde van de SGV op alle banden gevonden is. Merken we op dat de C op de 80 m op een andere plaats aangesloten is dan deze op 40 m.

De reden is, dat de 80 m voedingspuntweerstand kleiner is dan de Zo van de voedingskabel, terwijl de toestand op 40 m, net omgekeerd is.

### Gamma aanpassing

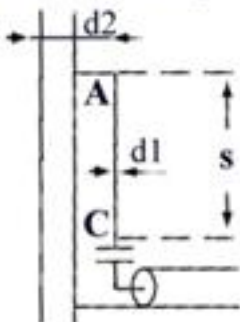


Fig.49

### Aanpassen met een gamma of omegamatch.

De gamma en omega aanpassingen zijn uitermate geschikt om een verticale antenne, met of zonder topcapaciteit, te voeden.

De diameter d1 van de gamma aanpassingsbuis of staaf, is in de meeste gevallen merkbaar kleiner dan de diameter d2 van de antenne. De capaciteit van de gamma condensator (met grote luchtaf-

stand tussen de platen, indien het een draaicondensator is) wordt vaak gelijkgesteld aan 7 pF meter golflengte.

Op de 20 meter band betekent dat dus 140 pF. Bij het afregelen van de antenne voor de kleinste SGV, kan men zowel de waarde van C als de lengte s wijzigen, en zelfs eventueel de onderlinge afstand A tussen de buizen hoewel deze meestal vast bepaald wordt door de gebruikte isolatoren (bv. voor de neerdaling van de kabel komende van een antenne).

De capacitieve reactantie van C, heft de inductieve reactantie op van het op het uiteinde kortgesloten stuk lijn met lengte s. De Zo van een dergelijk stuk lijn, dat bestaat uit twee evenwijdig lopende pijpen, is gegeven door:

$$Z_o = 276 \cdot \log_{10} [2A / (d_1 \cdot d_2)^{0,5}]$$

De ingangsimpedantie van het stuk kortgesloten lijn, gezien vanaf de rechterplaat van de condensator C, is:  $Z_i = j \cdot Z_o \cdot \tan \beta \pi s$  met de fazeconstante  $\beta = 2 \cdot \pi \cdot \lambda$ .

De twee uitdrukkingen (Zo en Zi) laten ons toe de optimale waarde te berekenen van de tussenafstand A tussen d1 en d2, maar proefondervindelijk gaat het ook, door bijvoorbeeld A gelijk te kiezen aan 10 cm of 20 cm, en dan C en s bij te regelen voor een minimum waarde van de SGV. Als men een gamma match instelt op slechts 1 centerfrequentie, dan kan men de condensator C ook maken uit een stuk RG58 coaxiale kabel met open uiteinde, die, na meting van zijn capaciteit met een digitale RLC-meter, opgerold wordt tot een lus, samengehouden met waterbestendig plakband.

RG58 is bestand tegen een overslagspanning van 1,9 kilovolt, hetgeen ruim voldoende is voor een 100 watt Tx/Rx.

De reactantie van een coaxiale condensator is:  $j \cdot X_c = -j \cdot Z_o \cdot \cot \beta \cdot s$ , waarin s de lengte van het stuk kabel is.

### Enkele voorbeelden van de gamma en de omega aanpassing.

De gamma aanpassing is vooral uitstekend geschikt voor antennen waarvan de voedingspuntweerstand kleiner is dan de karakteristieke impedantie Zo van de voedende coaxiale kabel, en dat is nu precies het geval bij de meeste hierboven beschreven T-antennen, en de meeste andere verticalen, afhankelijk van de

gekozen centerfrequentie waarmee men ze bedrijft.

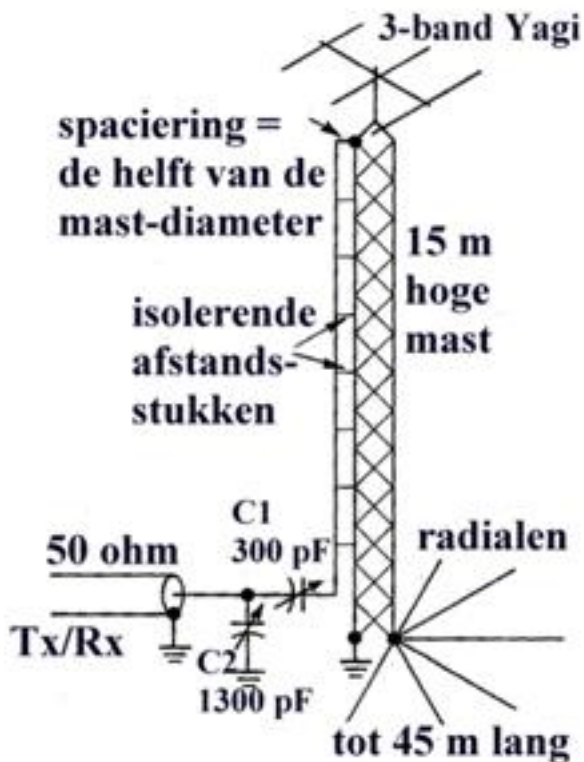


Fig.50

**1) De 160 meter verticale antenne van KJ6DL.**

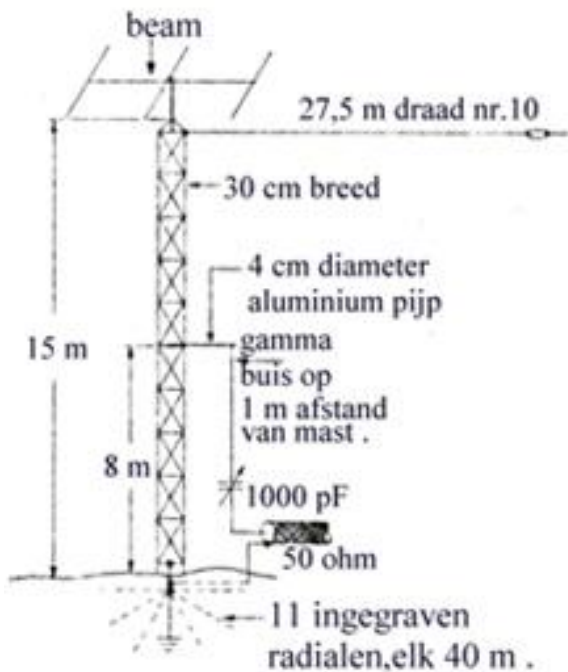


Fig.51

Zijn verticale antenne is een 15 meter hoge verzinkte stalen mast, waar bovenaan een drieband yagi gemonteerd is, die dienst doet als topcapaciteit voor de lagere frequentiebanden. Een goed tegengewicht

met zoveel mogelijk radialen, ingegraven aan de voet van de antenne, verbetert het rendement. De langste radialen zijn 40 meter lang, dat is een kwart golf op 160 m. De antenne wordt met een 50 ohm coaxiale kabel gevoed via een variatie op de gamma aanpassing, shunt voeding genoemd wegens de aanwezigheid van C2. C1 en C2 worden in een waterdichte plasticen doos ondergebracht aan de voet van de mast.

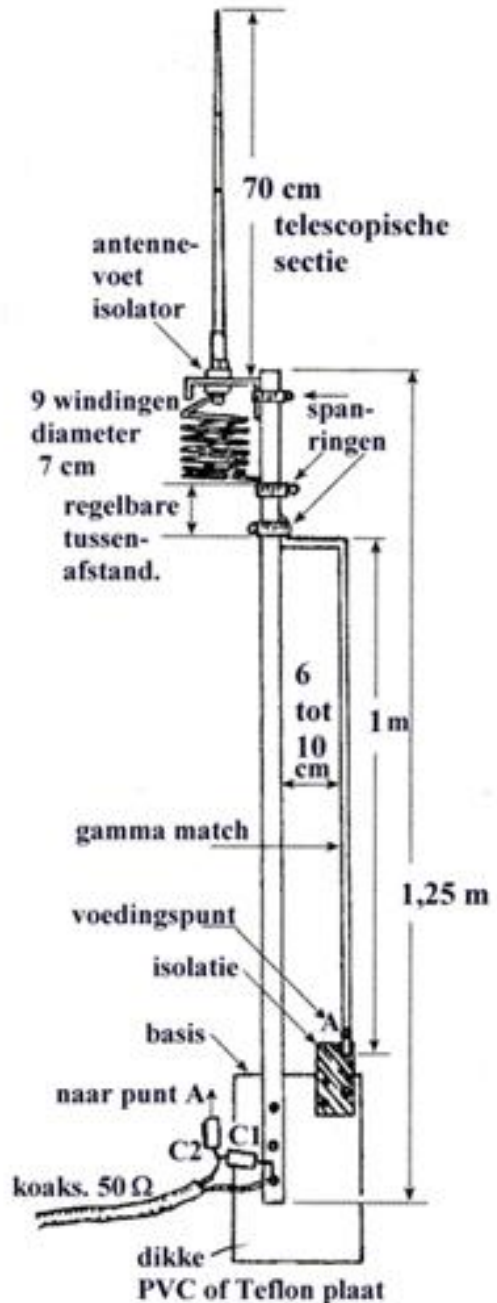


Fig.52

Door deze twee variabele condensatoren opeenvolgend bij te regelen, kan men over

de ganse 160 m band een SGV kleiner dan 1,2 bereiken.

De figuur 51 toont een variante op de eveneens 15 meter hoge antenne, waar bovenaan nog een 27,5 meter lange draad is toegevoegd, elektrisch goed geleidend aan de tot van de mast verbonden, als extra topcapaciteit, echter hier in omgekeerde L-uitvoering.

De figuur 52 beeldt een andere shunt gevoede verticale af, maar deze keer voor de twintig meter band, en dan nog speciaal als mobiele antenne voor montage op het balkon van een appartement, of eventueel zelfs op de achterbumper van een auto.

Deze antenne is in haar geheel ongeveer twee meter lang, maar wel voorzien van een verlengingsspoel L van 9 windingen geëmailleerde koperdraad 1 mm dik, gewikkeld op een 7 centimeter diameter spoelvorm. De bedoeling is de korte antenne te verlengen tot het equivalent van een kwart golf op de 20 meter band. Het nadeel van mobiel of balkongebruik, is dat het in beide gevallen onmogelijk zal zijn een tegengewicht met een aantal radialen te installeren.

Bij een montage op een auto, dient de metalen autocarosserie nog min of meer als reflecterend grondvlak, maar op een appartement kan men hoogstens 1 radiaal installeren, met een beetje geluk naar beneden hangend naast een metalen regenpijp.

Of zoals lager hieronder besproken, een enkele radiaal met een aardtuner.

De arm van de gamma aanpassing is vervaardigd uit koperen of aluminium buis van 1 cm diameter, parallel met de antennebuis van 5 cm diameter.  $C_1 = 200$  pF en  $C_2 = 150$  pF.

## 2) 80 m en 160 m verticaal.

De antennemast is 18 m hoog en samengesteld uit buizen van afgebroken antennemasten uit stadswijken, waar ieder een overgeschakeld is op teledistributie. Het tegengewicht bestaat uit zes kwart golf radialen voor de 160 m en zes andere  $\lambda/4$  voor de 80 m. De omega aanpassing kan door de waarden van  $C_1$  en  $C_2$  goed te kiezen, zodanig ingesteld worden dat ze goed presteert met een SGV die kleiner is dan 1,3 op de twee banden. Indien dat niet goed zou lukken, dan kan men  $C_1$  en  $C_2$

vervangen door variabele condensatoren waarvan men vanuit de shack op afstand de assen verdraait met stappenmotoren, of eenvoudiger met surplus selsyns voor degenen die deze elektrische assen nog liggen hebben uit surplus afbraak van na de tweede wereldoorlog.

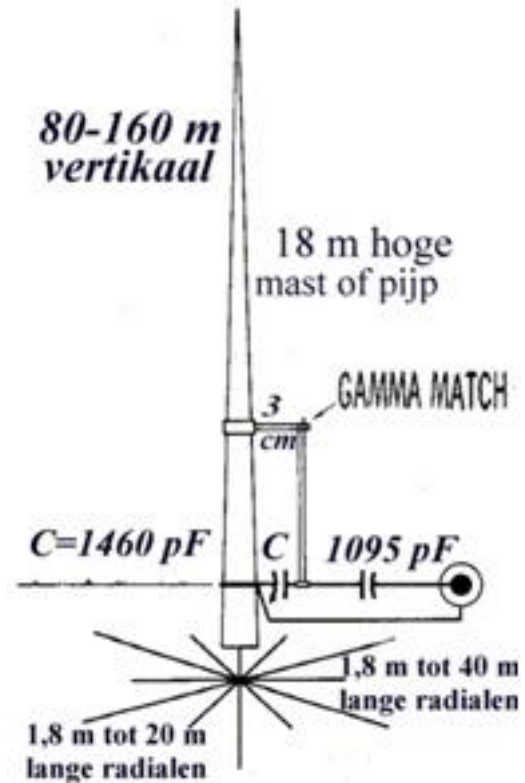


Fig.53

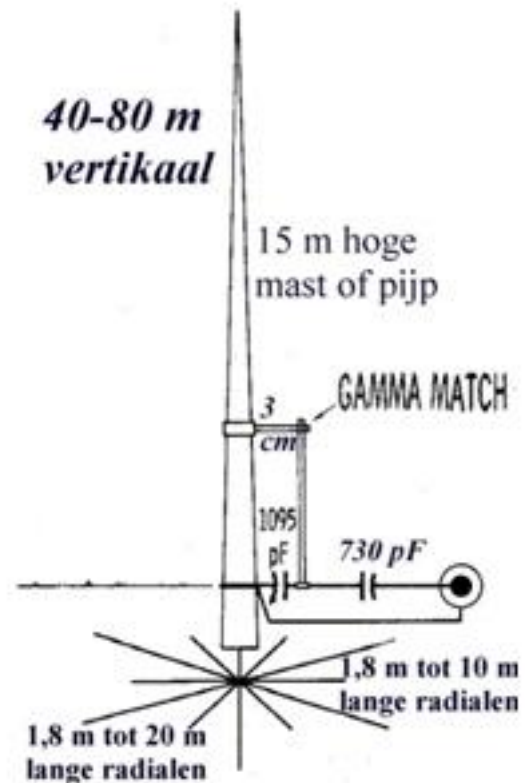
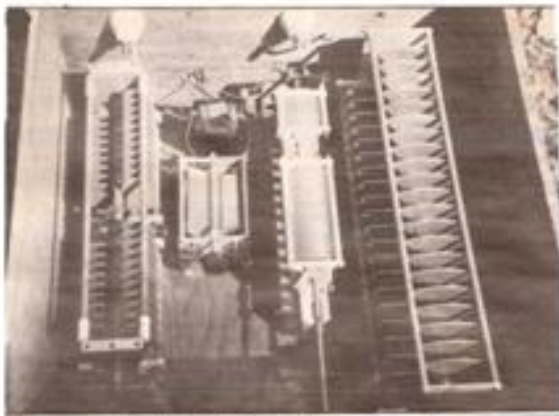


Fig.54

Met een gelijkaardige opstelling kan men de 40 m en 80 m band bestrijken. Daartoe hoeven enkel de C waarden gewijzigd te worden in de omega match en de lengte van de gamma/omega staaf gewijzigd te worden.

**3) Een andere 160 m verticale met omega aanpassing.**

De twee regelbare condensatoren van elk 150 pF van de omega match, worden ondergebracht in een waterdichte plastic behuizing.



*Geopende plasticen doos met de omega-aanpassing: links :160 m , rechts:80 m .*

Fig.55

Parallel daarmee kunnen nog twee vaste condensatoren met een doorslagspanning van 2 kV gesoldeerd worden. Onder de antennemast graaft men best een twaalftal op het uiteinde samen gesoldeerde radialen in, 20 tot 30 meter lang.



*160 m omega-aanpassing.*

Fig.56

De antenne wordt met een MFJ-antenne analyser voor de kleinste SGV afgeregeld op 1830 kHz, door het verdraaien van de assen der condensatoren Cs en Ca.

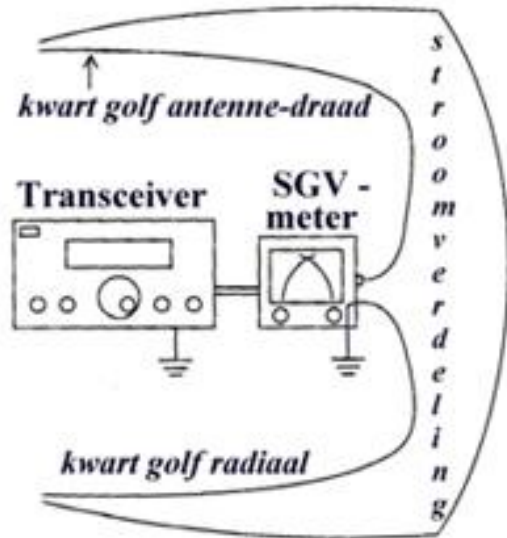


Fig.57

Waarschijnlijk zijn de best gekende analysers de MFJ259 en 269. Hiermee kan men op een bepaalde frequentie de SGV meten, de voedingspuntweerstand van een antenne, de verkortingsfactor van een coaxkabel bepalen, antenne stubs afregelen, de Zo van een transmissielijn meten.

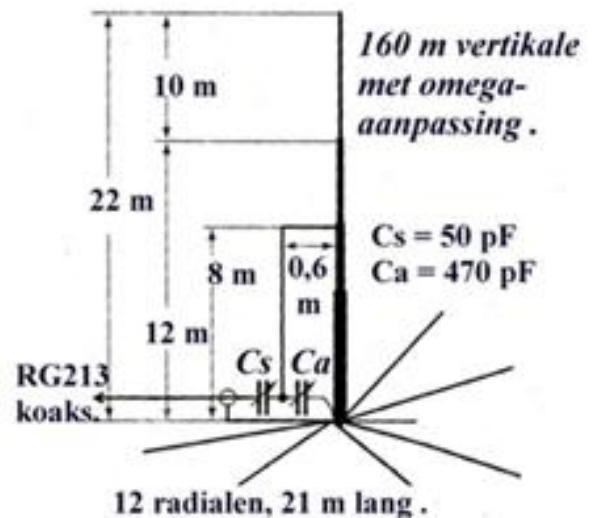


Fig.58

Wat de afregeling van een gamma match betreft, vergroot de voedingsimpedantie, als de gamma staaf verlengt wordt, en ook wanneer die staaf of buis verder weg van de antennebuis of mast opgesteld wordt d.m.v. langere isolatoren allerhande. Ook de verhouding van de diameters van de twee buizen of pijpen speelt een rol.

De gamma staaf mag korter worden, naarmate de verhouding van de antennebuisdiameter tot de gammastaafdiameter toeneemt. De gamma staaf kan ook een dikke koperdraad zijn of een platte aluminium lamel, die mooi past onder de schroefdop van een televisieantenne isolator. Eens dat de gamma of omega aanpassing met de antenne analyser ingesteld is, kunnen de regelbare condensatoren vervangen worden door vaste in parallel of in serie gesoldeerde hoogspanningsmica condensatoren.

### Hoe construeren we het best een tegengewicht voor kleinbehuide.

Een goede hoogfrequente aarding zal zoals elke HF-stroomvoerende geleider, elektromagnetisch stralen, vooral omdat de radialen van een tegengewicht meestal een kwart golflengte lang zijn op de laagste frequentie, dus als het ware dienst doen als een onder de grond ingegraven  $\lambda/4$  antenne. De beste manier om de resonantie van een radiaal te testen, is hem te verbinden met de aardingsklem van de Tx/Rx of van de eventueel erachter staande antennetuner, dan een lus te vormen in de radiaal draad en een griddip meter gebruiken om de resonantie op de gekozen frequentie vast te stellen.

Een andere werkwijze bestaat er in, een LC-seriekring te plaatsen tussen de Tx-aardingsklem en de radiaal of het totale tegengewicht van meerdere samengebundelde radiaaldraden, zoals beschreven door SM6AQR, GD4IEP en PA1HR. In de SM6AQR - schakeling is C1 een 300 pF regelbare condensator met een luchtspleet van minstens 1 mm tussen de vaste en de draaibare platen. Zowel de condensators als de vaste platen van C1 moet geïsoleerd opgesteld worden van een eventueel metalen kastje, waarin het geheel wordt ondergebracht.

De spoel L van 28 microhenry, kan een spoel zijn met verzilverde draad op een ronde keramische drager, die men kan ronddraaien, waardoor een rolwielje de ganse lengte van de spoeldraad aftast, een zogenaamde rollerspoel, of een spoel met veel aftak-kingen, gekozen door een draaischakelaar. Een transformator met ringkern, een gelijkrichter met afvlakfilter, en een gelijkstroom

De primaire van de ferrietringkern transformator is de radiaal zelf, die door het midden van de kern geleid wordt, of er met enkele windingen opgewikkeld ter

vergroting van de gevoeligheid. Het kan zijn dat de lengte van de radiaal moet gewijzigd worden om (op  $\lambda/4$ ) resonantie te bekomen.

Deze laatste toestand veroorzaakt de grootste meteruitslag. De secundaire van de transformator bestaat uit 20 windingen geëmailleerde draad.

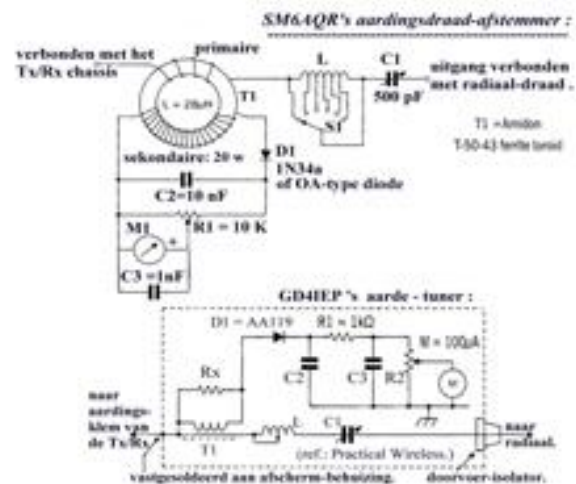


Fig.59

Bij de GD4IEP schakeling waarin eveneens een dergelijke transformator gebruikt wordt, is Rx een niet inductieve weerstand met weerstandswaarde tussen 22 en 100 ohm, zodanig gekozen dat met de potentiometer in de schakeling nog een behoorlijke meteruitslag kan ingesteld worden, op het ogenblik dat met de Tx wordt uitgezonden: eerst met laag vermogen en achteraf, als dit nodig blijkt voor een bijtrimming tot een juistere lengte, en vervolgens met een groter vermogen.

### Aarde tuner voor gebruik in een appartement.

In CQ-PA 2006 nr. 12, beschrijft John Scheepers PD7MAA een aarde tuner voor gebruik in een appartement onder het motto: "stel u voor dat u een asymmetrische antenne heeft, zoals een verticale straler die stringen veroorzaakt op de radio en TV, met vervormde modulatie, en op uw PC, dan is met zekerheid uw HF aarde ontoereikend".

Vaak wordt in een appartement teruggegrepen naar de radiatoren van de centrale verwarming of nog erger naar de randaarde van een stopcontact. In dit laatste geval worden de problemen alleen maar groter door instraling in het lichtnet.

Als voorgestelde oplossing vinden we een schema dat duidelijk geïnspireerd is op het bovenstaande van SM6AQR, maar met

enkele andere waarden van de componenten, en een rollerspoel zoals de Zweed oorspronkelijk ook gebruikte.

De potentiometer is een lineaire uitvoering, zoals dat in veel meetinstrumenten het geval is. (andere variatie: Ted, Pa3ATO heeft ook de SM6AQR schakeling nabouwd, en wikkelt op de ringkern, 12 windingen als secundaire, in plaats van 20).

De aardingsdraad, een enkele radiaal in dit geval (10 meter tot 40 meter lang als kwart golf, afhankelijk van de gekozen band) kan langs een regenpijp naar beneden gehangen worden, onzichtbaar voor kritische burens. (als men niet in een gelijkvloers appartement woont, en niet iedereen op een verdieping heeft een regenpijp). De enkele radiaal die hier doorheen de opening van de ringkern getrokken wordt, of er met twee tot drie windingen op gewikkeld, kan met de variabele condensator en met de spoel, op elke frequentie in resonantie gebracht worden. De spoel verlengt de radiaal elektrisch en de condensator verkort hem. De spoel en de regelbare condensator worden zodanig ingesteld, dat de stroommeter maximaal uitslaat.

Hierdoor verdwijnen de storingen omdat de ongewenste HF straling nu op de juiste manier geneutraliseerd wordt. PA3ATO voegt hieraan toe: "ik kan nu tenminste op 20 meter uitzenden, zonder de TV beneden te laten verkleuren".

De transceiver ontvangst verbetert en de zend/ontvangstantenne werkt met een beter rendement.

Er bestaan ook in de handel verkrijgbare "aardtuners" met als voorbeeld de MFJ, hieronder afgebeeld en waarschijnlijk niet meer verkrijgbaar, waardoor dit geen reclame is:



Fig.60

### Invloed van een radiaal (of beter, een tegengewicht dat uit zoveel mogelijk samenlopende radialen bestaat) op het stralingsrendement van een verticale antenne.

Slaat men een aardingsstaaf in de grond en verbindt men daar goed elektrisch geleidend, de op het uiteinde gesoldeerde radialen van het tegengewicht aan, dan heeft dit geheel zowel een eigen weerstand als een reactantie die in serie komen te staan met de stralingsweerstand van de antenne.

Dat betekent met andere woorden, dat de grondweerstand zo klein mogelijk moet gemaakt worden, iets wat we reeds wisten bij het aarden van sterkstroom installaties in elektrische centrales en de onderstations daarvan. Hoe meer koper men ingraaft, zelfs een koperen watertank onder de antennemast, of hoe groter de diameter is van de koperen of stalen radialen, des te kleiner de aardweerstand wordt. Anders uitgedrukt, hoe meer tegengewicht draden, en die mogen ook (veel) kleiner zijn dan een kwart golf, des te beter.

We hebben uit de hierboven staande besprekingen reeds vastgesteld, dat de stralingsweerstand  $R_s$  van een verkorte verticale antenne, klein is. Voor lengten kleiner dan  $\lambda/8$  geldt de uitdrukking:  $R_s = 10 \cdot (2 \cdot \pi \cdot L / \lambda)^2$ .

We hebben uit de hierboven staande besprekingen reeds vastgesteld, dat de stralingsweerstand  $R_s$  van een verkorte verticale antenne, klein is. Voor lengten kleiner dan  $\lambda/8$  geldt de uitdrukking:  $R_s = 10 \cdot (2 \cdot \pi \cdot L / \lambda)^2$ . Kiezen we als voorbeeld een tien meter hoge verticale mast, die we gebruiken op 3,6 MHz of 83,33 meter, dan wordt  $R_s = 10 \cdot (6,28 \cdot 10 / 83,33)^2 = 10 \cdot (0,7536)^2 = 5,68$  ohm.

Bij deze lage waarde moeten een aantal verliesweerstand in serie opgeteld worden, zoals de aardingsweerstand, de eigen weerstand van de antennemastbuis- of -draad, en de eigen weerstand van een eventuele verlengingsspoel. Nemen we aan dat deze laatste een zelfinductie heeft van 25  $\mu$ H en een Q-factor van 300 =  $Q = \omega L / R$ , dan volgt daaruit:  $R_{\text{spoel}} = \omega L / Q = (2 \cdot \pi \cdot 3,6 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-6}) / 300 = 1,88$  ohm.

De weerstand van de antenne, in de veronderstelling dat deze bestaat uit aan elkaar gesoldeerde zinken regenpijpen, wordt, het huid-(of skin-) effect inbegrepen, op  $R_D = 2$  ohm geschat.

De verliesweerstand  $R_B$  van een slechte aarde- of bodemkwaliteit kunnen we te weten komen met sterkstroom meetmethoden (o.a. een Meggermeter), en schatten we hier op 15 ohm (meestal nadeliger: tot 30 ohm).

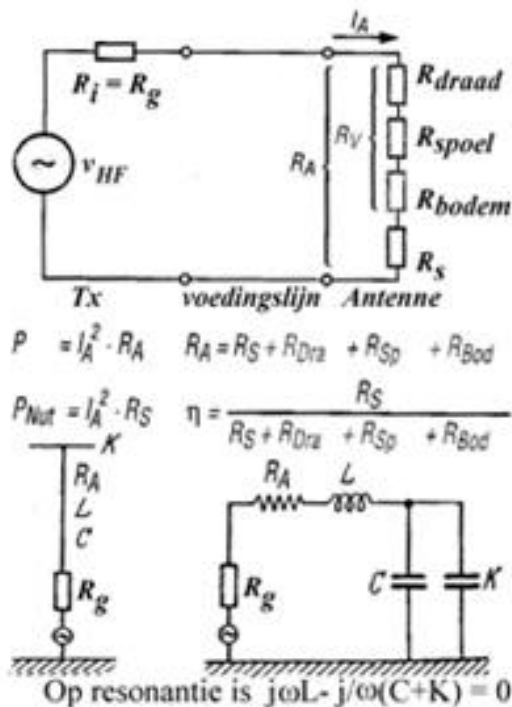


Fig.61

Het stralingsrendement van deze antenne bedraagt dan:  $\eta = R_S / (R_{spool} + R_D + R_B + R_S) = 5,68 / (1,86 + 2 + 15 + 5,68) = 5,68 / 24,56 = 0,23$  of 23 %.

Als de aardingsweerstand groter is, bijvoorbeeld bij een rotsachtige grond, dan zal dit rendement nog slechter worden en bijvoorbeeld dalen tot 15%, zodat het aantal hoogfrequente watts van de eindtrap van onze zender op een bedroevende manier verspild wordt, of niet uitgestraald. Het is duidelijk dat in de rendementuitdrukking  $R_B$  de grootste en neteligste factor is, die men kan verkleinen door zoveel mogelijk radialen onder de voet van de antenne aan te brengen. Daardoor kan men de twee parameters van de bodem verbeteren, namelijk de geleidbaarheid of conductantie  $\sigma$ , uitgedrukt in Siemens per meter en de diëlektrische constante  $\epsilon_r$ .

Op 80 meter worden 8 tot 10 radialen ingegraven als minimum en op 160 meter, slechts zes, omdat een kwart golf reeds 40 meter draad vergt. Als men niet genoeg plaats heeft aan de voet van de antenne, kan men de draden in een kringvorm leggen, of in een zigzag vorm of een

hakenkruis (!) vorm, enz., teneinde de (te kleine) oppervlakte van het grondstuk zo goed mogelijk te benutten.

Wie veel plaats heeft in een tuin met grote oppervlakte, kan tot honderd radialen leggen uit alle mogelijke soorten beschikbare draad en kabel, zelfs meeraderige onder een plasticen omhulsel.

### Voeden van de T-antenne met een eenvoudig LC-netwerk, een serieketen of een parallelkring.

We gaan even kort in op de hogerstaand gemaakte opmerking over het voeden van de T met een netwerkje. Uit het bovenstaande, is gebleken, dat men zich geplaatst kan zien voor twee mogelijke gevallen: onderaan de mast een lage voedingspuntweerstand: dan gebruikt men serievoeding met een L en een CV (variabele condensator) in serie, ofwel een hoge voedingspuntweerstand, en dan gebruikt men een L en CV in parallel. Deze twee mogelijkheden zijn hieronder voorgesteld, en kunnen mits een beetje vindingrijkheid, in de shack met een relais, of buiten met een handbediende omschakelaar, gekozen worden:

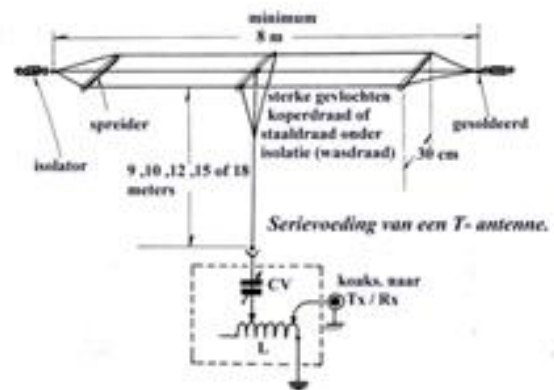


Fig.62

- 1) via een seriekring: wanneer de voedingspuntweerstand laag is: typisch voor een verticale die zich gedraagt als kwart golf antenne op de gekozen centerfrequentie.
- 2) via een parallelketen met afgetakte spoel: als de voedingspuntweerstand hoog is: typisch voor een verticale die zich gedraagt als halve golf antenne.

### De T-lambda (als variante op de grondvlakantenne).

Het idee komt van AL7KK in een artikel van 'Antennas ToGo', waarin hij de ingegraven draden van het tegengewicht onder de

verticale straler van een T-antenne, naar boven de aarde verplaatst in een hoek gelijkend op de Griekse kleine letter lambda, waardoor ook gedeeltelijk de vorm van een grondvlak antenne benaderd wordt, maar dan laag tegen de aarde opgesteld. Men kan een dergelijke antenne zowel voor HF als VHF ontwerpen en bouwen, en ze werkt als omnidirectionele rondstraler.

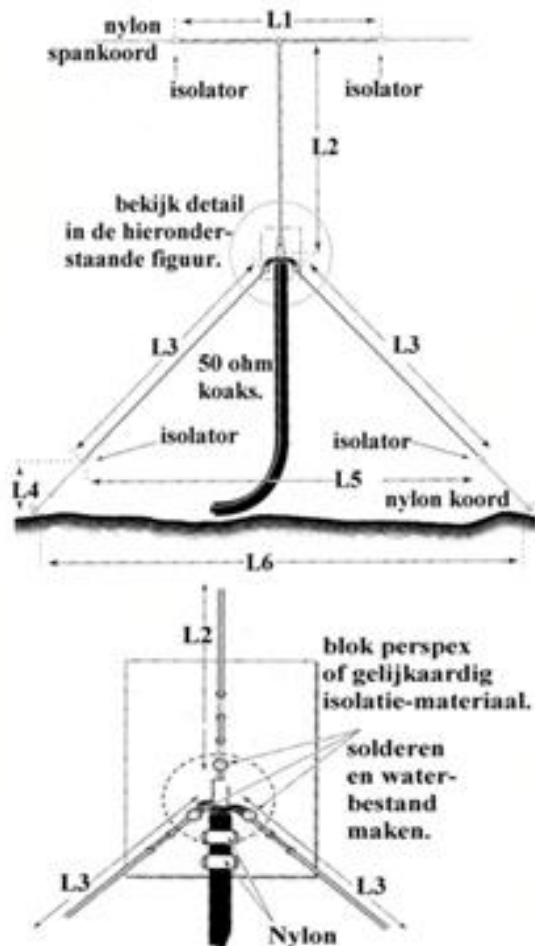


Fig.63

In plaats van een groot aantal in de aarde gegraven  $\lambda/4$  draden als tegengewicht te gebruiken heeft de auteur gekozen voor slechts twee geleiders onder een hoek van 45 graden t.o.v. de grond en met lengte L3. De horizontale topdraad met lengte L1 straalt niet omdat de hoogfrequente stromen in beide helften tegengesteld in fase, elkaar opheffen. De verticale draad met lengte L2 is de straler. Om het geheel met een 50 ohm coaxiale kabel te kunnen voeden, moet er een zekere afstand L4 van de onderkant van de draden L3 ten opzichte van de grond aangehouden worden.

Op de 40 meter band is L4 gelijk aan 0,74 meter en naarmate de antenne ontworpen wordt voor hogere frequenties, mag de L4 hoogte verkleinen.

Voedt men via een antennetuner, dan kunnen ook andere banden met succes bestreken worden. Zo zal deze antenne, ontworpen voor 28,5 MHz, ook nog zeer goed renderen op de 24 MHz band.

Op deze frequenties (en hoger) kan men voor de meeste elementen beter dunne aluminium buizen gebruiken dan koperdraad. De horizontale draad kan gespannen worden tussen twee bomen of twee masten, muren van huizen, e.d.

Voor alle amateurbanden, is een grootste ophanghoogte van 11 meter reeds voldoende.

L1=3,8 m op 28,5 MHz en 20 m op 3,5 MHz. L3= 4,8 m op 28,5 MHz en 13,5 m op 10 Mhz.

Voor de lengte van L2 kan men kiezen tussen  $5 \lambda/8$  zoals bij de betere uitvoering van een grondvlak antenne of  $\lambda/4$ . Wanneer men deze antenne bouwt voor de 2 meter band, heeft ze tussen 144 MHz en 146 MHz een SGV van slechts 1,3:1 en garandeert, zelfs opgesteld op de zolder van een huis, uitstekende ontvangsten zendprestaties.

In alle gevallen (buiten) is het best de elektrische verbindingen te bedekken met een waterafstotende silicone rubberlaag. Zoals bij grondvlak antennen, worden de twee draden L3, samenkomend, aangesloten op de metalen afscherming van de coaxiale kabel, en de centergeleider daarvan, wordt elektrisch goed geleidend verbonden met de straler L1 via een goede kwaliteit isolator.



### Geraadpleegde werken:

- 1) A DX antenna for 160, 80, 40 and 30 meters, door Carl J. Moreschi, N4PY, in CQ april 1997.
- 2) T-antenna, door K5FLU uit CQ juli 2002.
- 3) Une nouvelle antenne pour les bandes 40 et 80 metres, door Pete Czerwinsky, uit Toute la Radio, 1962.
- 4) Alleen maar draad als antenne? uit Electron van de Veron, dec. 2004.
- 5) T for Two: 2 meter mobile antenna, door Thomas M. Hart, AD1B, uit CQ juni 1997.
- 6) A short, two band vertical for 160 and 80 meters, door Paul Carr, N4PC, in CQ april 1977.
- 7) A convenient antennaswitching and transmatch unit, door Edward B. Noel, W8CS, uit QST, aug. 1972.
- 8) An efficient multiband vertical for 160 through 20 meters, door Thomas Kuehl, AC7A, in QST, oktober 1998.
- 9) T antenna with trap, in CQ, april 1995.
- 10) Low band HF antennas door G3LDO in Radcom, april 2008
- 11) Dave K4TWJ in CQ dec 2002 Outline of super performance antenna.
- 12) a 30 foot top-band vertical in CQ april 1965.
- 13) a loaded vertical antenna door K3RXK in 73 magazine mei 1966
- 14) In Radio Communications, augustus 1992, G3LNP, Tony Preedy, T op de 160 meter.
- 15) 3 bands vertical door William H. Harrison, W6ULD, in Radio and Television News, juni 1954.
- 16) Tegengewicht en Kunstaarde uit Radcom jan 2009, Antennas en The counterpoise door G3LDO in Radcom april 2007.
- 17) Bodo von der Ruhr, DC1DV, in Funk Amateur 3 /07.
- 18) Tegengewicht en Kunstaarde uit Radcom jan 2009, Antennas en The counterpoise door G3LDO in Radcom april 2007.
- 19) VLF-/LF - QTC door Holger Kinzel, DK8KW, in Funk Amateur nr 9 2006.
- 20) Funken mit kurzen vertikalen Antennen auf langen Bändern door DC1DV, Bodo von der Ruhr, in FA nr 8 2007.
- 21) The cliff dweller antenna door K.E. Hughes, W6CIS, in Radio and TV News, januari 1956.
- 22) Linear loading and tips on ground radials door Kent Britain, WA5VJB, in CQ november 2003.
- 23) W6PYK's 160 m back yard vertical door Paul Scholtz, W6PYK, in CQ april 1996.
- 24) 9:1 unun. Electronics 25 nov 1976
- 25) CB mit magnetischen Balun, door Jürgen Riemann van 24.12.2006 op internet.
- 26) A big signal from a small lot, door David S. Hollander, N7RK, in QST april 1979.
- 27) Electrospace Systems HV-5, 80-10 meter dual mode antenna and HP-2, 160 meter matching network, in QST maart 1979.
- 28) 160 m DX aus dem Garten, door Eike Barthels, DM3ML, in Funk Amateur 4/08.
- 29) Tools and Techniques for driving earth rods, door Ian White, GM3SEK, in Radcom oktober 2007.
- 30) A short vertical Antenna for 160 m and 80 m, door John Sublette, KX6DS, in CQ augustus 1986.
- 31) [www.remeeus.eu/amateurradio/antennes\\_en\\_antennetuners/aardetuner.html](http://www.remeeus.eu/amateurradio/antennes_en_antennetuners/aardetuner.html) door Hans Remeeus, PA1HR.
- 32) Antenne für 10, 15, 20 und 40 m, door M. Kachlich, SP3PK, in Funktechnik nr.14 1957.
- 33) Omega verticale per 14 MHz, door Mauro Mafnani, I4JEE, in Radio Revista 11-85.
- 34) The T-antenna, in Communications Quarterly, Spring 1996.
- 35) 7 and 14 MHz T Antenne, door DL1VC in Radio Communication september 1968.
- 36) Dipool geschakeld als T-antenne, in Electron februari 2004 door Ruud Cornet, F5VGB.
- 37) A 20 and 40 m vertical door Dan Richardson, K6MHE, in QST september 2005.
- 38) Aktiver Preselektor für 40m - Q-Multiplier, door Rudolf Wetzels, DK2AG.
- 39) 160 m vertical antenna, door Marvin Feldman in QST oktober 1977.



## Het Sterba-gordijn en het zelf wikkelen van enkele baluns.

door Willy Acke ON4AW.

Deze eenvoudige draadantenne is geschikt tuen hebben of een lange zolder waar ze kan opgehangen worden. De door de zendamateer meest gebruikte vorm van polarisatie is de horizontale, omdat deze dx-verbindingen toelaat op de decametrische banden tussen 10 m en 80 (of 160) m, en de Sterba voldoet daaraan. Het is een uitstekend presterende breedzijdig stralende vertikaal opgehangen gordijnantenne. Men kan ze op een eenvoudige manier uitbreiden tot gelijk welke afmeting.

Het vlak waarin de antenne hangt hoeft niet volledig vertikaal te zijn. Wanneer men beschikt over masten, bomen, bevestigings-punten in muren, e.d. zoals houten balken op een zolder, die het mogelijk maken de antenne met een zekere inclinatie, dus in een vlak onder een hoek van bv. 10 graden tot 30 graden... op te stellen, zal de antenne ook nog goed werken. De laagste delen van de antenne hoeven zich ook niet op een overdreven hoogte boven de grond te bevinden. Als men er op manshoogte nog aankan, is dat geen probleem en op een zolder hangt ze vanzelf al hoog genoeg t.o.v. de aarde.

### 1) Ontstaan/ kenmerken van de Sterba.

De benaming Sterba-gordijn komt van mijnheer E.J.Sterba van de Bell Telephone Laboratoria in de V.S.A. die ze indertijd ontworpen heeft en over deze antenne een eerste artikel publiceerde in Proceedings of the IRE (Institute of Radio Engineers), in het juli nummer van 1931. Tussen 1931 en 1940 werden Sterba-antennen gebruikt voor het overzee (trans-Atlantisch) versturen van telefoongesprekken die op een draaggolf gemoduleerd werden. Sterba is behalve een gordijn, ook een lusantenne omdat ze op een gesloten manier samengesteld is uit twee horizontale colineaire antennen met eenzelfde aantal elementen, die als het ware vertikaal (de onderste omgekeerd) tegen elkaar geplakt zijn. Daardoor wordt de tussenafstand tweemaal een kwart golf, dus een halve golflengte. Opdat de twee gedeelten (bidirectioneel broadside) in fase zouden stralen, moet men de twee draden van de  $\lambda/2$  verticale verbindingstukken 1 slag

kruisen, omdat we weten dat een  $\lambda/2$  lijn een fasedraaier is, maar door de kruising heffen we deze 180 graden ongewenste fasedraaiing op. Vermits de Sterba een colineaire antenne is, werkt ze volgens het gewone colineaire principe wat betekent dat indien men het aantal in fase gevoede elementen van de antenne vergroot, de openingshoek of de -3 dB bundelbreedte van het stralingsdiagram verkleint, en de winst vergroot.

Een Sterba antenne kan vervaardigd worden uit een enkele lengte koper- of bronsdraad (uitgespreid op het grasveld van de tuin om er de juiste vorm aan te geven en isolatoren aan te brengen), slechts onderbroken op de plaats waar het voedingspunt komt.

Bronsdraad is geschikter dan aluminiumdraad omdat deze laatste minder goed plooibaar en bewerkbaar is, en vooral slechts met speciale technieken soldeerbaar.

Aluminiumdraad is ook niet direct in grote lengten verkrijgbaar, terwijl rollen bronsdraad overal te koop zijn.

Hier volgen enkele voorbeelden van Sterba gordijnen, die bidirectioneel breedzijdig stralen:

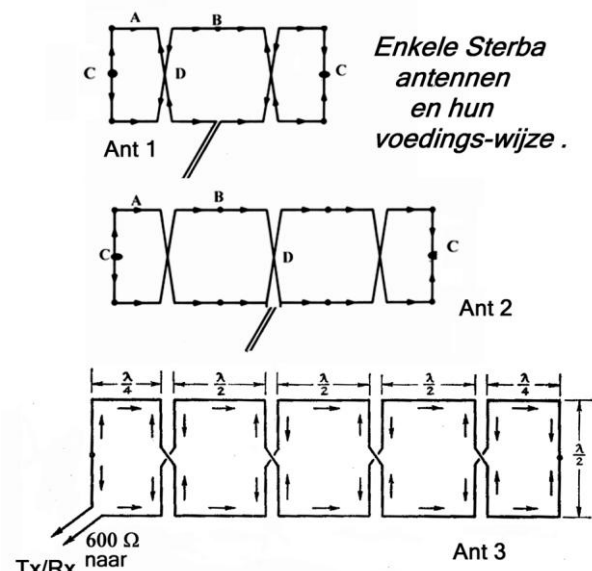


Fig.1

Stroomverdeling op Ant 1:

1. De voedingslijn is verbonden met het midden van de laagste  $\lambda/2$  dipool sectie. Op de uiteinden van deze dipool staat er een hoge spanning.

2. De verticale secties D zijn  $\lambda/2$  faserende lijnen. Een klem daarvan wordt bekrachtigd door de spanning die staat op het uiteinde van de laagste dipool.

3. De sectie A (top) wordt gevoed door de hoge spanning die staat op de draad van de voedingslijn D die verbonden is met de dipool onderaan.

De grootste stroom in de sectie A staat op het gebogen uiteinde, waar dit overgaat naar de verticale secties C.

4. De verticale sectie C vertoont de grootste stroom en daardoor de grootste straling in de gebogen gedeelten. De stroom neemt geleidelijk af tot in het punt waar de spanning hoogst is, aangegeven door een zwarte stip in het midden van de sectie C.

Op de onderzijde van de verticale sectie C staat de grootste stroom in het gebogen gedeelte dat overgaat naar de onderste horizontale sectie  $\lambda/4$  - A.

5. Het bovenste uiteinde van de tweede geleider van de voedingslijn D, voedt het buitenste uiteinde van de bovenste en middelste  $\lambda/2$  dipool B.

Men kan zoveel  $\lambda/2$  elementen horizontaal naast elkaar installeren als men wenst, maar de twee  $\lambda/4$  secties moeten er op de uiteinden steeds aan toegevoegd worden. Voorbeelden hiervan zijn Ant 2 en Ant 3.

Theoretisch zou de laagste rij colineaire antennen van een Sterba een halve golflengte boven de grond gehangen moeten worden, maar wanneer men niet voldoende hoge bomen of masten ter beschikking heeft werkt deze antenne ook nog goed bij lagere ophanging, en vooral wanneer men dan enkele radialen van een kwart golf, als tegengewicht in de grond onder de antenne ingraaft. Een unieke (voordelige) eigenschap van een Sterba antenne, is dat ze zowel een gesloten stroomkring vormt voor hoogfrequentstromen als voor gelijkstroom. Bij barre winterse weersomstandigheden kan men, door tijdelijk een gelijkspanning via een symmetrische voedingslijn toe te voeren naar de Sterba, deze opwarmen zodat eventuele ijsvorming die de draden verzwaart, wegsmelt. Dit voordeel verdwijnt, wanneer men de antenne voedt via een coaxiale kabel die eindigt op een balun naar het voedingspunt.

De horizontaal geplaatste elementen van een Sterba zorgen voor de nuttige straling. De gekruiste verbindingstukken stralen niet omdat ze even grote en tegengestelde

stromen voeren die even grote en tegengestelde velden voortbrengen die elkaar opheffen. Ook de twee halve golf verbindingstukken op de uiteinden stralen niet omdat de stroom in het bovenste deel even groot en tegengesteld is aan de stroom in het onderste gedeelte. Een Sterba met het equivalent van drie horizontale dipolen in de bovenste colineaire, heeft meer dan 3 dB winst. Door de onderste reeks daaraan toe te voegen, wordt daar 4 dB bijgeteld, zodat de totale winst van het ganse vlak, 7 dB is. Het beste voedingspunt voor deze soort opstelling, ligt in de onderste hoek van een halve sectie, waar de voedingspuntweerstand 600 ohm bedraagt. Indien men tussen de uiteinden van twee onderste colineaire halve golf dipolen voedt, dan stijgt de voedingspuntweerstand tot meer dan 1000 ohm. In het midden van een dergelijke dipool, kan men met een 600 ohm lijn voeden.

## 2) 10 meterband Sterba.

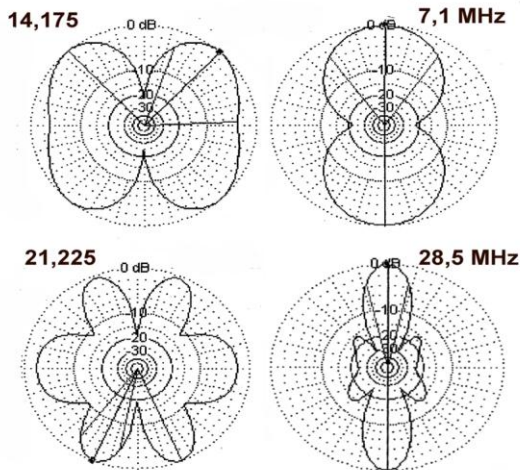
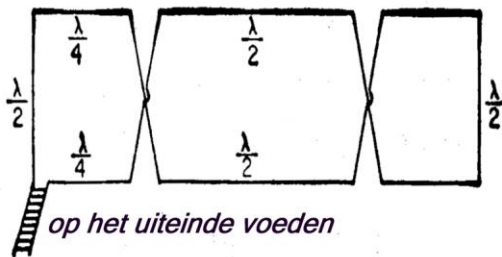
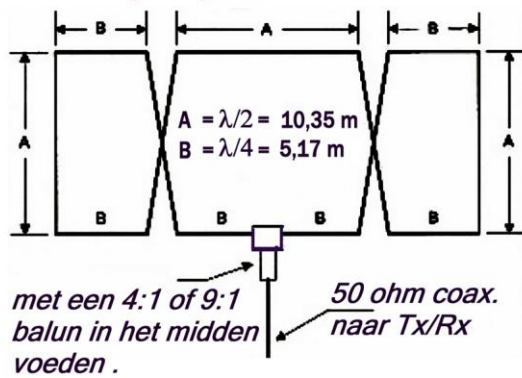
Wanneer de burens het zicht van een draibare yagi niet verdragen, is deze Sterba een goede keuze.

Zie figuur volgende pagina.

De hier bekeken Sterba gordijnantenne voor de 10 meter band is 20,7 meter lang en 10,35 meter hoog. De beste hoogte boven de grond is een halve golf indien dat praktisch verwezenlijkbaar is. De uiteinden van de gekruiste draden liggen op 2 tot 3 cm van elkaar of op een afstand die gelijk is aan de lengte van een pyrexisolator of een ei-isolator. Met een antennetuner kan men deze antenne laten werken op de 10 m tot 80 m banden. Op de 10 m band heeft deze Sterba een grotere winst dan een 5 element yagi.

Gebruikt men deze Sterba als multiband antenne, dan zijn de voor de 10 meter band bemeeten halve golf draden niet meer in resonantie op de zend/ontvangstfrequentie en zal het geheel zich als een lang draadraam gedragen, waardoor de gain geringer zal zijn dan op de 10 meter band.

### Sterba-gordijn voor de 10 m band :



Enkele stralingsdiagramma's van een Sterba gordijn voor de 10 m band , met een ATU afstembaar op de 10 m tot 80 m banden .

Fig.2

Enkele gegevens over deze antenne (bron: W4RNL):

F in MHz	Winst in dBi	polarisatie	R ± TjX Ohms
28,5	10,41	hor	$570 \pm j 20$
24,94	5,43	veert	$930 + j 170$
21,225	4,29	vert	$2300 - j1700$
18,118	2,17	gemengd	$20 + j 80$
14,175	2,32	vert	$3700 + j 1800$
7,1	2,30	hor	$250 + j 1800$
3,75	1,73	hor	$95 - j 180$

### 3)Zelfbouw van een 15 m -band Sterba.

### A) Eerste opstelling.

Laten we een Sterba -antenne bouwen voor de 15 meter band, omdat dit een echte dx-band is, wanneer de ionosferische voortplantingsomstandigheden niet te zeer verstoord worden door een lage activiteit van de 11-jarige zonnecyclus. Zowel op 15 m als op 10 m, kan men spreken over redelijke antenneaftmetingen. Men kan ze ophangen tussen twee bomen of twee verticale masten. Een van de bomen of masten kan vervangen worden door een hoge gevel van een huis, of een schoorsteen daarop.

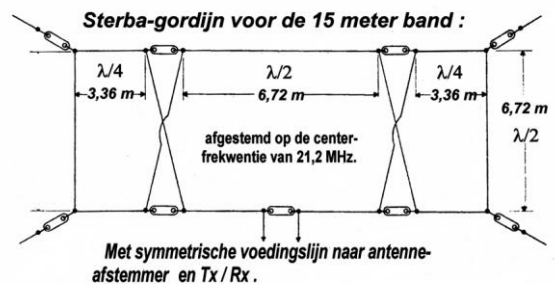


Fig. 3

De koperdraad kan een nummer 12, 14 of 18 zijn of gewoon dikke koper- of bronsdraad uit een afgebroken gelijkstroom-motor of een dynamo met bekrachtiging-spoelen. Stalen waslijn onder isolatie is ook bruikbaar of koperdraad met een stalen kern, maar deze laatste is moeilijker te vinden en duurder.

De isolatoren kunnen uit porselein of glas bestaan, of wanneer men deze niet heeft, uit in olie gedrenkt hard hout. De faseringslijnen tussen de twee colineaire gedeelten kunnen voor de eenvoud, getwiste 300 ohm televisielintlijnen hebben, of als men zich meer moeite wil getroosten, zelfgemaakte 600 ohm kippenladders (deze verwerken grotere vermogens dan de 300 ohm twin als ze gemaakt zijn met 2 mm of 3 mm dikke koperdraad ).

Met de 600 ohm lijn kan men de gehele antenne voeden, want haar voedingspuntweerstand is hoogohmig.

Wanneer men aan 450 ohm twin met grote tussenafstand en grote gaten in de isolatie tussen de geleiders kan geraken, is deze ook bruikbaar als lintvoedingslijn. De (450 ohm of de) 600 ohm lijn wordt aan haar uiteinde aangesloten op een zelfgebouwde, eenvoudige afstemmer van (450 of) 600 ohm symmetrisch naar 50 ohm asymmetrisch.

Hieronder volgt een voorbeeld van een dergelijke tuner, die men natuurlijk ook kan vervangen door een commerciële uitvoering, indien deze in de shack beschikbaar is.

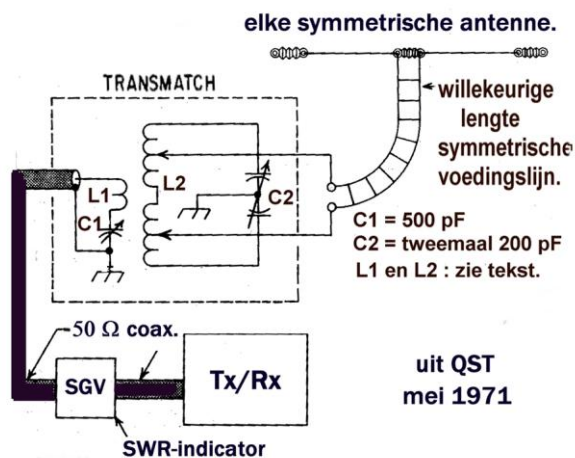


Fig. 4

Tussen de uitgang van de zender/ontvanger en de tuner staat een staande golf meter, die zoals steeds, door verdraaien van de twee regelbare condensatoren in de afstemmer, op minimum S.G.V./S.W.R. geregeld wordt, dit bij een gereduceerd uitgangsvermogen van de zender.

De afmetingen van de antenne zijn niet kritisch. Men zorgt er wel voor, dat elke halve golf straler  $0,95 \cdot \lambda/2$  is, om zoals steeds, rekening te houden met de capacatieve verkortingsfactor van de omgevende lucht aan de uiteinden van de antenne.

Gebruikt men twin voor de  $\lambda/2$  verbindingsstukken, dan geldt daar eveneens dat deze met de verkortingsfactor voor de polyethyleenisolatie moeten vermenigvuldigd worden, dus  $(0,66 \text{ tot } 0,82) \cdot \lambda/2$ . Dit maakt de antenne minder hoog of kleiner en is dus een gunstige factor. Men trekt na afwerking, de antenne zo hoog mogelijk op aan de bomen of masten met een katrol, of met nylonkoorden over een boomtak geworpen. Indien het onderste horizontaal gedeelte van de antenne op 1,5 meter boven de grond hangt, zal de antenne nog goed werken.

Hoger is natuurlijk beter en men kan er in de praktijk naar streven, dat het onderste gedeelte van de Sterba op een hoogte van een halve golflengte boven de grond hangt, als men er de masten of bomen voor beschikbaar heeft om ze aan te bevestigen.

Bij de bouw van bijvoorbeeld een Sterba gordijn voor de 2 meter band, stelt dit probleem zich niet.

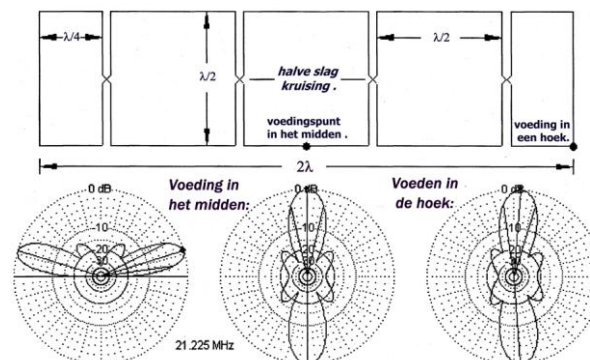
Deze 15 m band antenne heeft op 21,2 MHz een winst van 4 dB, en ze straalt onder een lage hoek, wat fb DX garandeert.

#### B) Tweede opstelling.

De volgende afbeelding toont een 3-sectie Sterba gordijn, waarin de twee meest gebruikelijke voedingspunten aangegeven zijn: in het midden van het laagste element, en op de hoek.

Op beiden kan een 600 ohm lijn aangesloten worden. Wanneer in het midden gevoed wordt, ontstaat er een bidirectioneel stralingsdiagram, dat breedzijdig op het vlak van de antenne staat. Indien de antenne op een hoek gevoed wordt, verbuigt het stralingsdiagram  $5^\circ$  in de richting van het voedingspunt.

Dit wordt duidelijk als men de bijbehorende stralingsdiagram bekijkt.



Tweede uitvoering van een Sterba-gordijn voor de 15 m band. De  $\lambda/2$  en  $\lambda/4$  afmetingen zijn dezelfde als in de 1e uitvoering.

Fig. 5

#### 4) De VK4SS Sterba.

Deze Sterba antenne werkt goed op de 14,21 en 28 MHz banden. Ze straalt onder een lage hoek. Wanneer de uitgestrektheid van de tuin niet toelaat, de antenne over de volledige lengte uit te voeren, kan men de twee meter afstand tussen de uiteinden van de gekruiste voedingslijnen, verkleinen.

Daardoor zal wel de versterking van deze antenne afnemen. Wenst men ook te DX-en op de 3,5 en 7 MHz banden, dan moeten de onderste draden minstens 9 meter boven de grond hangen. Voor DX op 14 tot 28 MHz, mag de antenne lager opgehangen worden, 6 meter boven de grond. Tussen 3,5 MHz en 21 MHz is de straling broadside en horizontaal gepolariseerd.

Op 21 MHz is het stralingsdiagram het scherpst, dus best gebundeld. Op 14 MHz is het breder, met drie klaverbladen. Deze antenne is in elk geval een veel betere straler en ontvanger dan andere draadantennen zoals Beverage, Zepp, enz. De voedingslijn kan voor gemakkelijke bereikbaarheid van het voedingspunt, aangesloten worden op een laag antenne-uiteinde en vertrekt uit een breedband antennetuner in de shack.

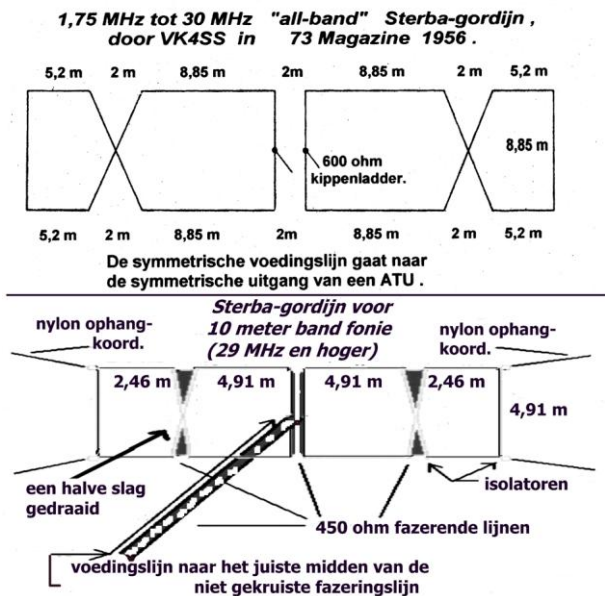


Fig. 6

5) **De NOKHJ 1,8 MHz tot 30 MHz Sterba.** (werkt vooral goed op het segment 28,5 MHz tot 31 MHz als 10 meterband antenne).

Dit Sterbagordijn bestaat uit drie halve golflengten, de twee kwart golf afsluitstukken op de uiteinden inbegrepen. De uiteinden van de gekruiste faserende lijnen liggen op 8 tot 20 cm van elkaar. Hun verticale hoogte bedraagt 4,9 meter. (bekijk a.u.b. de onderste afbeelding van de bovenstaande figuur).

Wanneer men de antenne vergroot tot vier halve golflengten met drie horizontale delen van 5 meter en twee uiteinden van 2,5 meter (= typische 10 meterband Sterba), dan kan men met een 600 ohm voedingslijn en een antennetuner werken op alle banden tussen 80 m en 10 m. Volgens NOKHJ werkt deze antenne even goed als een rhombic met vergelijkbare afmetingen van de vier benen. Hij meent dat ook de hierboven voorgestelde antenne goed presteert tot op de 160 m band,

wanneer men een 450 ohm lintvoedingslijn aansluit in het midden (2,45 m) van de middelste verticale draden. In de shack mondt de lintlijn uit op een 4:1 of beter een 9:1 balun. Vandaar vertrekt een 50 ohm coaxiale kabel naar de antennetuner die vlak bij de Tx/Rx staat.

Bij deze uitvoering van de Sterba, meet men 1000 ohm in het midden tussen twee van de onderste  $\lambda/2$  secties. Daar kan men nochtans ook, indien gewenst, voeden met een 600 ohm open ladderlijn.

**Verskillende manieren om de Sterba te voeden:**

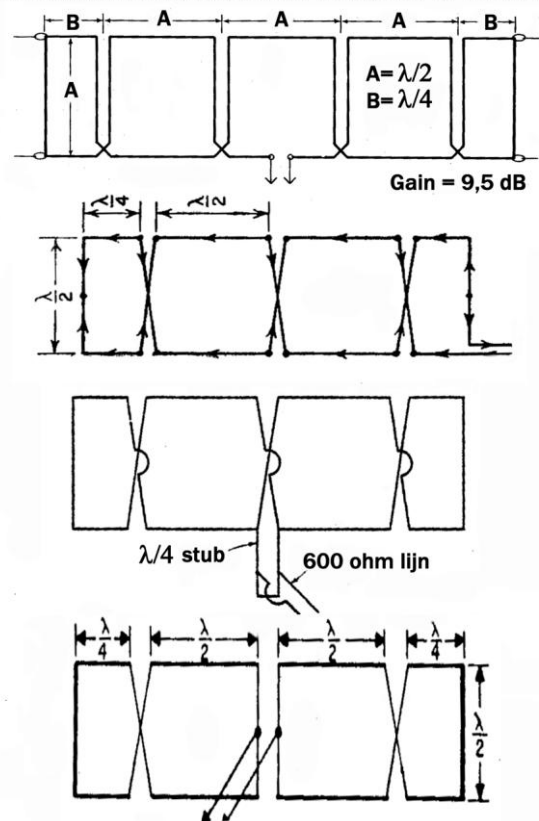


Fig. 7

Ook dan zijn de stromen in de top- en bodemsecties in fase en in de verticale gedeelten zijn ze even groot en tegengesteld in fase en ze heffen elkaar op, waardoor deze antenne breed-stralend horizontaal gepolariseerd is. De beste hoogte boven de grond bedraagt een halve golflengte, gemeten vanaf de onderste horizontale elementen tot aan de aardoppervlakte. Vermits de verticale faserende elementen  $\lambda/2$  groot zijn, zullen in deze ideale omstandigheden van opstelling, de bovenste horizontale draden zich dan op 1 golflengte boven de grond bevinden.

6) **Ontwerp en constructie van een Sterba gordijn voor de 20 m of de 40 m band.**

Men begint met de ruimte af te meten waarover men in de breedte beschikt in de tuin of op een hoge zolder. Is dit bv. 20

meters in rechte lijn, dan kan men daarin op 14 MHz een halve golf en twee kwart golven in onderbrengen.

Op de 14 MHz CW band, bedraagt een halve golf afmeting 10 meters, en een kwart golf dus 5 meters. Wie over 30 meter beschikt, kan twee halve golven en twee kwart golven installeren, enz.

De antenne kan gevoed worden via een 600 ohm zelfgemaakte kippenladder of een 450 ohm lintlijn met grote gaten in de isolatie, en een antenne afstemmer.

De 450 ohm lijn kunnen we zelf vervaardigen met twee evenwijdige geleiders uit dikke koperdraad met 3 mm diameter, op een onderlinge afstand van 6,4 cm.

Inderdaad:

$Z_0 = 276 \cdot \log(2D/d) = 276 \cdot \log(128/3) = 276 \cdot 1,63 = 445 \text{ ohm}$ . Wenst men zelf een 600 ohm kippenladder te vervaardigen, dan kan dat met (de nodige isolerende spacers tussen) twee evenwijdige koperen geleiders van elk 2 mm diameter op een onderlinge afstand van 15 cm. Inderdaad, dan is  $Z_0 = 276 \cdot \log(300/2) = 276 \cdot 2,176 = 600 \text{ ohm}$ .

Men kan tussen de horizontale delen ei-isolatoren gebruiken of langwerpiger pyrex isolatoren. Wie daar niet over beschikt, kan eventueel gebruik maken van 15 cm lange stukken hardhout, waarin op de uiteinden gaten geboord worden waardoorheen de draden zullen getrokken worden, en die men gedurende een half uur laat koken in gesmolten paraffine, teneinde ze bestand te maken tegen regen en hun isolerende eigenschappen te verbeteren.

De te gebruiken koperdraad is best niet te dun, en een diameter van 2 tot 3 mm is aan te raden, in elk geval sterk genoeg om het gewicht van de antenne zelf gedurende lange tijd te dragen.

Aluminium draad is lichter, maar zal binnen niet te lange tijd bedekt worden met een wit poeder van aluminiumoxide  $Al_2O_3$ .

Men kan ook waskoord gebruiken, dat is gevlochten ijzerdraad onder isolatie (roest na een aantal jaren en breekt dan door). Gevlochten of volle koperdraad onder isolatie is ook een mogelijkheid.

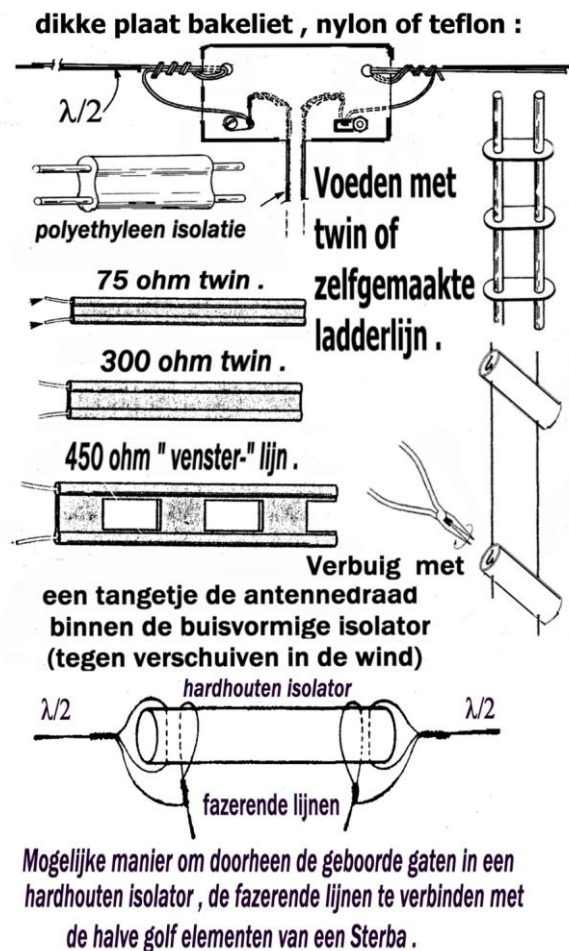


Fig. 8

De figuur toont een manier om de faserende lijnen te verbinden met de horizontale draden. Ze worden door de openingen in de isolator gestoken, eenmaal rond de isolator gewikkeld, en gesoldeerd aan de elementen.

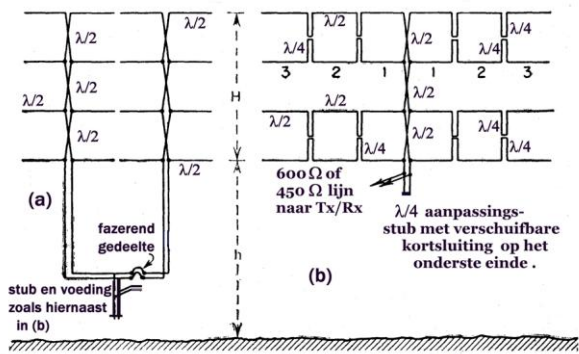
Gebruik propyleen koorden die niet veranderen van lengte met de weersomstandigheden of rotten in de regen, om de rij bovenste elementen van de antenne naar omhoog te trekken over een katrol in een boom of steunmast. De onderste rij elementen hoeft niet hoger dan 1,8 meter tot 3 meter boven de grond te hangen.

Voeden: gebeurt met de 600 ohm of 450 ohm lijn op haar uiteinde aangesloten op een antenne tuner zoals men er zelf een kan bouwen volgens de volgende figuur.

Met een dergelijke antenne afstemmer is het mogelijk, eerst bij gereduceerd HF vermogen, de SGV tot een waarde van praktisch 1:1 te herleiden. Bij de afstemmer uit de figuur, wordt op de 80m en de 40 m banden, als uitgang de spoel L3 gekozen en op 20 m, ofwel L3 of L4. Men regelt dan de stand van de condensatoren bij tot de laagste waarde







Twee soorten hoge winst - gordijn antennen met in fase gevoede collineaire antennen samengesteld uit horizontale halve golf dipolen.

Fig. 11

**Antennetuners die we zelf kunnen bouwen voor Sterba, Bruce en rhombic-antennen (of andere symmetrische antennen).**

Een antennetuner of antennetuner (ATU) of transmatch kan men in de meeste gevallen vermijden door een (symmetrische) antenne op de juiste manier aan te passen met symmetrische voedingslijn of een balun gevoed door een goede kwaliteit coaxiale kabel. In ons (Sterba-, Bruce-...) geval is een ATU, zelfs bij het juiste gebruik van een balun, een noodzakelijk kwaad om de energieoverdracht optimaal te maken, en de uitgang van de zender een resistieve belasting te laten zien, omdat het onmogelijk is de zender een vermogen te laten afleveren aan de reactieve belasting die sommige van de besproken antennen op bepaalde frequenties vertonen.

Een aantal commerciële antennetuners heeft geen symmetrische in- of -uitgang (meer), en dan kunnen we zelf een ATU maken. Hieronder volgt een voorbeeld van dergelijke afstemsystemen, regelbaar tussen 1,5 MHz en 30 MHz. Tussen de uitgang van de zender/ontvanger en de transmatch staat een staande golf meter, waarvan de uitslag door het verdraaien van de twee regelbare condensatoren in de afstemmer, op minimum S.G.V./S.W.R. geregeld wordt, dit bij een gereduceerd uitgangsvermogen van de zender.

Het antenne koppelnetwerk bestaat uit eenvoudige afgestemde kringen. L1, C1 is een serie-resonantieketen, ontworpen om aangesloten te worden op een 50 ohm asymmetrische impedantie zoals een coaxiale kabel.

De resonerende parallelkring L2, C2 is op de werkfrequentie afgestemd. Dit netwerk dient om de reactantie die de zender naar de antenne toe ziet, op te heffen, en een op- of neertransformatie toe te passen om

de uitgangsweerstand van de zender aan te passen aan het geheel van de karakteristieke impedantie van de voedingslijn en de stralingsweerstand van de antenne (in een aantal gevallen via een balun).

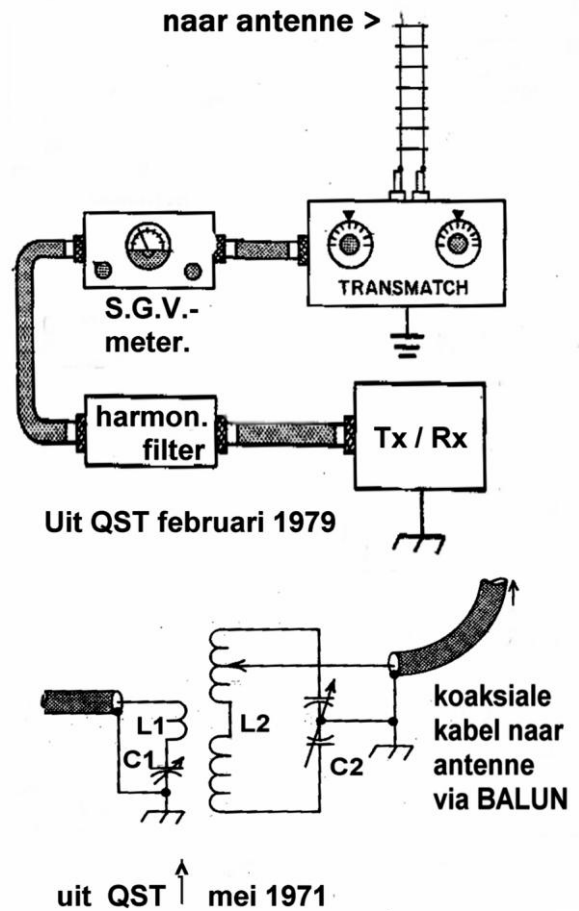


Fig. 12

Indien men een balun gebruikt in de shack, dicht bij de zender, dan is het raadzaam de lengte van de coaxiale kabel tussen de transmatch en deze balun, zo kort mogelijk te houden omdat daar een hoge waarde van de SGV kan op voorkomen, met hoogfrequente (over-)spanningen die soms oplopen tot 5000 volt en/of grote H.F. stromen. Een dunne coaxiale kabel zoals de RG58U kan op die plaats dan ook niet gebruikt worden.

Wanneer de uitgangsspanning van de zender nog een aantal harmonische frequenties bevat, zullen deze de afgelezen waarde van de SGV vervalsen. Het is dan ook aan te raden een laagfrequent filter te voorzien tussen de Tx/Rx en de SGV-meter zoals op de volgende figuur is voorgesteld. Een dergelijk filter moet dan de band tussen 1,5 MHz en 30 MHz binnen de 3 dB doorlaten, en alle frequenties boven de 30 MHz sperren of sterk verzwakken. De filter in- en uitgangsimpedantie moet zodanig

berekend worden dat ze gelijk is aan de 50 ohm van dat gedeelte van de zend/ontvangst-installatie.

Op de tekening (en ook op de vorige) is een variabele splitstator condensator aangegeven, in het midden afgetakt naar een aardingsaansluiting.

600 ohm kippenladder of 450 ohm of 300 ohm hoge kwaliteit lintlijn met grote gaten tussen de isolatie.

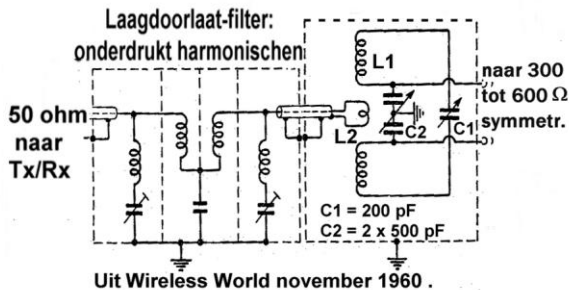
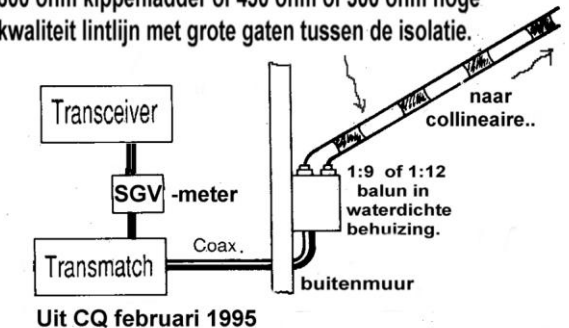


Fig. 13

Dit hoeft echter niet. Men mag de aarding zelfs weglaten en de ATU zelf zijn midden laten zoeken.

Men kan in plaats van de splitstator twee gewone regelbare condensatoren gebruiken met elk een capaciteit van 200 pF tot 500 pF, uit surplus- (BC-sets: legerunits van na de tweede wereldoorlog) apparatuur, of uit de afbraak van oude radio-ontvangers waar nog grote regelbare condensatoren inzitten met een maximum capaciteit van 450 tot 500 pF. Door met een smalle bektang platen te trekken uit de rotor en/of stator van deze condensatoren, kan men de afstand tussen de platen vergroten tegen eventueel vonken van hoogfrequent bij het toepassen van redelijke vermogens.

### Een eenvoudige antenne Z-aanpasser.

Een Z-match tuner is er bekend voor dat hij zowat alle symmetrische en asymmetrische antennen kan aanpassen aan de in- en uitgang van elke Tx/Rx.

De volgende schakeling voldoet daaraan.

De spoelen L1 (57 mm diameter) en L2 (67 mm) zijn gewikkeld met #16 SWG (= ongeveer dezelfde als AWG) geëmailleerde koperdraad. Dikkere draad levert een beter

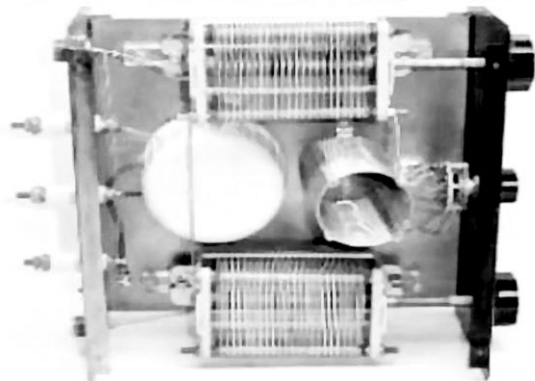
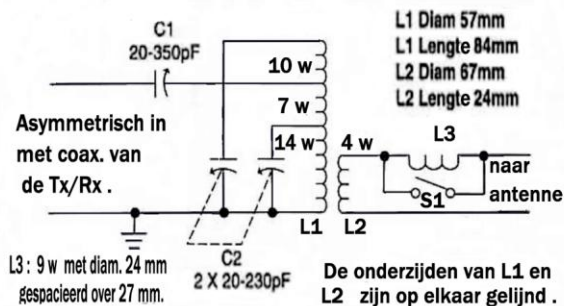
rendement op, en draad #14 of #12 zal dus beter presteren en ook grotere HF stromen toelaten. De draad wordt gestoken doorheen gaatjes die in een perspex plaat geboord zijn, daar telkens doorheen getrokken over de lengte die toelaat er een spoel met cirkelvormig uitzicht mee te wikkelen (een rond stuk hout of karton zal dit vergemakkelijken), zoals de figuur met mal en foto het aantonen.

Doorheen de binnenste gaatjes wordt L1 met 14 windingen gewikkeld en doorheen de buitenste L2.

L2 zal boven L1 uitkomen, vermits L1 een diameter heeft van 5,7 cm en L2 (doorheen de buitenste gaatjes) groter is met 6,7 cm diameter.

Het geheel van de twee spoelen kan op het dragerchassis gemonteerd worden met een stukje L-ijzer, waarop met boutjes en moertjes de perspex plaat vastgeschroefd wordt. Tussen de spoelaansluitingen en de condensatoroklemmen worden dikke vertinde draden gesoldeerd, die mede de spoelen kunnen ondersteunen, als de condensatoren goed vastgeschroefd zijn op een chassisplaat met C1 geïsoleerd daarvan opgesteld.

In een aantal gevallen van antenneaanpassing, is de spoel L3 er niet nodig, en kan ze met de schakelaar S1 kortgesloten worden. L3 zal wel goede diensten bewijzen, indien bij het voeden van een antenne, deze geen zuivere weerstand in het voedingspunt vertoont, maar een  $R \pm jX$  combinatie, die in dit beschouwd geval zich capaciteef gedraagt. Dan zal L3 ertoe bijdragen, de capaciteve component op te heffen. Als men er dus niet in slaagt een goede afstemming te verkrijgen, die toelaat de SGV tot praktisch 1:1 te reduceren door aan C1 en C2 te draaien, schakel dan L3 in of uit en probeer opnieuw. De zelfinductiewaarde van L3 is niet kritisch. Ze ligt rond de 1,2  $\mu\text{H}$ , en ze wordt rechtstreeks gesoldeerd aan en op de schakelcontacten van een keramische schakelaar S1, waardoor ze zelfdragend wordt.



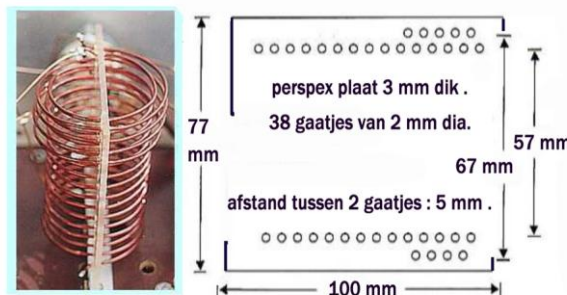
Voorbeeld van een mogelijke praktische uitvoering van een zelfgebouwde antenne-afstemmer , door K5LAD.(= niet dezelfde als besproken in de tekst: C's=verschillend).

Fig. 14

De regelbare condensatoren C1 en C2 zijn afstemcondensatoren, zoals men ze aantreft in oude radio-ontvangers, met 0,25 mm afstand tussen de vaste platen en de verdraaibare - of rotorplaten. Die condensatoren zijn nog verkrijgbaar in de handel of op amateurbeurzen- en tentoonstellingen allerhande. Voor een 100 watt Tx/Rx voldoet de 0,25 mm afstand. Indien men de afstemmer wil gebruiken voor grotere vermogens, zal het nodig zijn met een fijne bektang enkele platen uit de condensatorconstructie te verwijderen, teneinde de onderlinge afstand tussen stator- en rotorplaten te vergroten, anders kan daar HF spanningvonk plaatsgrijpen. De assen van de draaibare condensatoren worden het best vastgeschroefd in de ashouder van regelknoppen die voorzien zijn van een fijnregeling, die toelaat de condensatoren in een bepaalde stand op een stabiele capaciteitswaarde in te stellen.

Deze antenne afstemmer werkt goed op alle 3.5 tot 28 MHz radioamateurbanden en de 'naar antenne' uitgang kan zowel op de voedingsklemmen van symmetrische als asymmetrische antennen aangesloten worden.

Het rendement van de tuner is het best op de 3,5 tot 14 MHz banden bij belastingsweerstand tot 200 ohm. Voor grotere weerstanden daalt het rendement een weinig. De symmetrie is goed voor belastingsweerstand tot 1000 ohms.



De spoel L3 gemonteerd op schakelaar S1 .



Fig. 15

### Staande Golf Verhouding (SGV-) meter (gecombineerd met V-Ω-A-meter).

Het hart van een staande golf detector, is een stuk RG-58/U coaxiale kabel, 60 centimeter lang.

De uitwendige plastieken mantel is verwijderd, en een lengte geëmailleerde koperdraad is onder de afscherming gestoken en evenwijdig met de geïsoleerde binnengeleider, over de gehele lengte doorgetrokken.

Het midden en de twee uiteinden van de geïsoleerde koperdraad, worden doorheen de afscherming naar buiten getrokken, en ontdaan van de isolatie.

Aan het midden wordt een weerstand R1 gesoldeerd met het andere einde naar massa, en aan de twee uiteinden van de koperdraad worden de dioden D1 en D2 gesoldeerd.

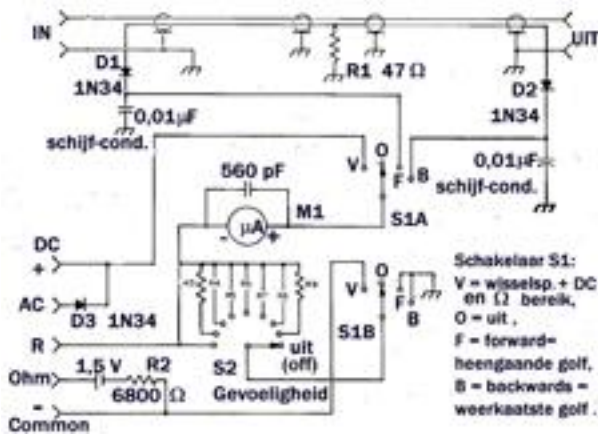


Fig. 16

Daarna wordt het 60 cm lang stuk kabel opgerold, en met plakband in deze ronde vorm, gekleefd en samengehouden, teneinde er het volume van te verkleinen tot een praktische waarde, monteerbaar in een kastje.

Op het ogenblik dat de zender hoog-frequente energie aflevert, wordt de schakelaar S1 in de stand F (forward = voorwaartse of invallende golf) geplaatst, en de naald van de microampère meterschaal laat men dan ver naar rechts uitslaan, door met de schakelaar S2 een geschikt weerstandsbereik te kiezen.

Men vertrekt daarbij steeds met S2 in de minst gevoelige stand, namelijk op het contact onderaan R9. Men noemt A de waarde van deze naalduitwijking op de schaal. Vervolgens wordt de schakelaar S1 in de stand B (backward wave= de terugkerende, weerkaatste of gereflecteerde golf) geplaatst. De naalduitslag, die de meter nu aangeeft, met de ongewijzigde positie van de schakelaar S2, wordt C genoemd.

De reflectiecoëfficiënt van het systeem is dan gelijk aan C/A en de staande golf verhouding is:

$$\frac{A + C}{A - C}$$

### Antennetuner.

De schakeling bestaat vooral uit een pi-filter en een LC-combinatie, voorafgegaan door een staandegolf meetbrug.

Het antenne aanpassingsgedeelte zelf laat toe de eventuele reactantie van een antenne op haar resonantiefrequentie te compenseren, en de ingangsimpedantie van de antenne om te zetten naar een 50 ohm ohmse weerstand, althans wanneer

men de assymetrische uitgang van deze tuner gebruikt.

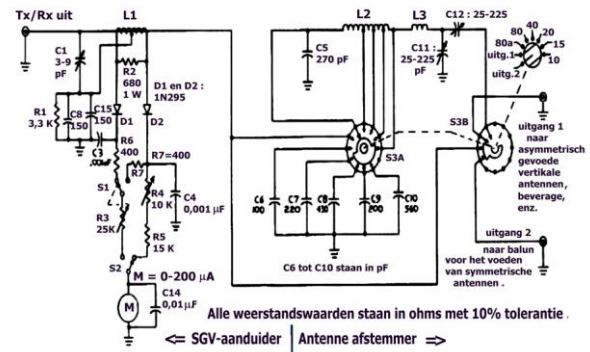


Fig. 17

Onderaan rechts van het schema is nog een tweede uitgang voorgesteld, en de bedoeling is deze te laten volgen door een 1:n balun, waarbij n afhangt van het type te voeden antenne.

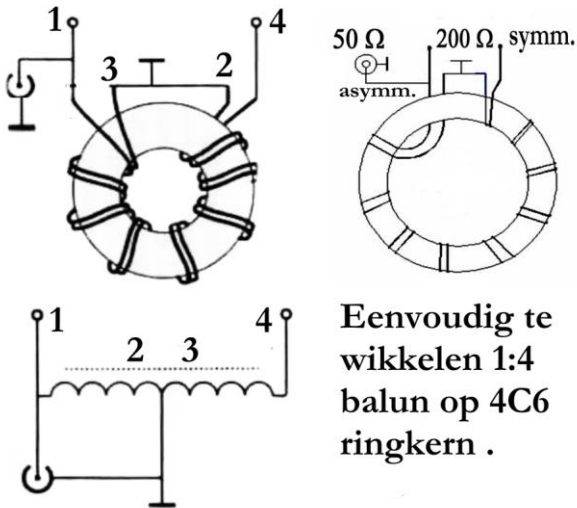
Een balun met aftakkingen op de uitgangsspoel, zoals hieronder voorgesteld, is bijvoorbeeld een bruikbare mogelijkheid.

Deze uitvoering laat een overgang toe van een asymmetrische ingang, 50 ohm (of andere waarde) naar een vier- tot tienmaal grotere waarde, door aftakkingen te nemen op de uitgangsspoel 3-4.

De plaats van deze aftakkingen is niet aangeduid op de praktische uitvoering. Men zoekt ze door aftakpunten te solderen tot men met de gevoede antenne de kleinste SGV bekomt bij bekrachtiging met een gereduceerd vermogen van de Tx.

De balun kan ook bestaan uit een of twee ferrietringen, type FT-240-61 van Amidon, waarin door hun grootte, geen verzadiging zal optreden.

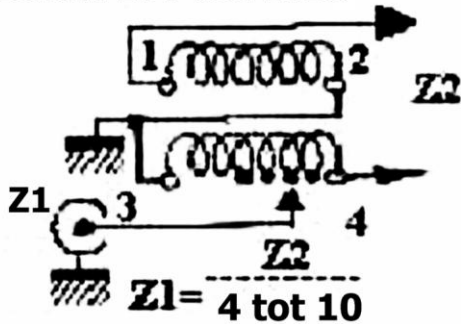
Men wikkelt er een bifilaire wikkeling op van tweemaal 12 windingen geëmailleerde, of beter met teflon geïsoleerde minstens 1,5 mm diameter dikke koperdraad.



Eenvoudig te wikkelen 1:4 balun op 4C6 ringkern .

Fig. 18

### Balun 1:4 tot 1:10



Mooi voorbeeld van het gebruik van een 4C65 ringkern in een antenne-tuner .Een keramische schakelaar met 11 kontakten kiest aftakkingen op de spoel .

Fig. 19

### Antennetuner 1,8 MHz tot 50 MHz voor symmetrisch gevoede antennen.

#### Verwezenlijking.

Zie fig. 20 op volgende bladzijde

De regelbare condensatoren worden het best geïsoleerd opgesteld van de behuizing en dat gebeurt het eenvoudigst door alle componenten onder te brengen in een plasticen doos. Op het schema van de antenne-afstemmer staat een 1:4 balun aangegeven aan de ingang, maar dit kan evengoed een 1:1 balun zijn. Van beiden is hieronder een voorbeeld gegeven. Men kan ze evengoed wikkelen op een ringkern van het (Philips-) materiaal 4C6/4C65 met 5 tot 6 cm buitendiameter, als op varkensneuzen.

Fig. 21 + 21bis (zie volgende bladzijde)

De regelbare condensator is dubbel uitgevoerd, tweemaal 10 pF tot 490 pF, met de beweegbare platen op dezelfde as. (afbraak uit een oude radio met radiolampen).

De regelbare condensator aan de uitgang heeft een maximale capaciteit van 250 pF met een voldoende afstand tussen de vaste en de beweegbare platen om 1000 volt HF te kunnen verdragen zonder overslag. Parallel daarmee kan men op de 160, 80 en 40 m banden d.m.v. de schakelaar S2 een 250 pF keramische condensator C1 schakelen.



Mooie voorbeelden van de mogelijke uitvoering van een zelfgemaakte antenne-afstemmer. Gevonden op het internet bij PA0LL, PA3EKE en ZS6BKW.

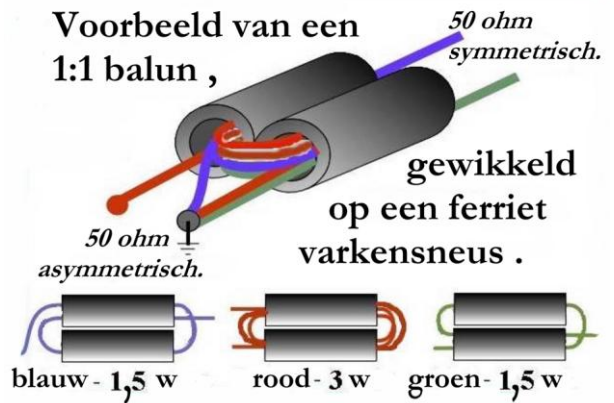


Fig. 20

Dat is niet nodig als men  $CV2 = 250 \text{ pF}$  maximum zou kunnen vervangen door een regelbare condensator van  $500 \text{ pF}$  maximum met een voldoende grote afstand tussen de platen.

De omschakelaar S1A en S1B is een dubbeldeks keramische (steatiet) schakelaar met per dek 7 kiesbare schakelcontacten.

Voorbeeld van een 1:1 balun ,



Vertrekkend van de symmetrische zijde , wikkel 1,5 blauwe windingen, waarvan het uiteinde gesoldeerd wordt naar het massapunt. Van dit punt vertrekkend, wikkel 1,5 groene windingen, waarvan het uiteinde de tweede symmetrische uitgang is. Vertrek opnieuw van het massapunt en wikkel 3 rode windingen waarvan het uiteinde naar de 'hete' ingangsklem ligt.

Fig. 21

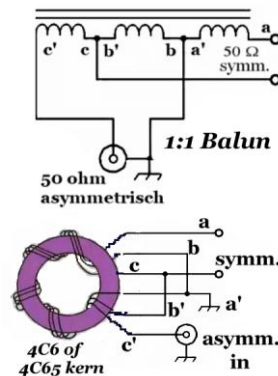


Fig. 21 bis

#### 1:4 Stroom-Balun: 1 MHz tot 30 MHz

De balun is ontworpen door N5ESE met twee FT114-43 ferrietkernen waarop telkens tweemaal 10 windingen op gewikkeld zijn met miniatuur coaxiale kabel RG-174. Metingen met een MFJ Antenna Analyser leveren een SGV op van 1,1 op 21 MHz en 1,25:1 op 30 MHz, wanneer de uitgang van de balun wordt aangesloten op een 200 ohm zuiver resistieve kunstantenne.

De twee ferrietkernen worden met hete afsmeltbare lijm of met twee componentenlijm gekleefd op een stukje printlaat waarvan het grootste deel van de koperbedekking geëtst is en de twee uitgangen en ingangen van de balun vastgesoldeerd op de resterende overgelaten koper-eilandjes.

Antenne-afstemmer 1,8 MHz tot 50 MHz voor symmetrisch gevoede antennen.

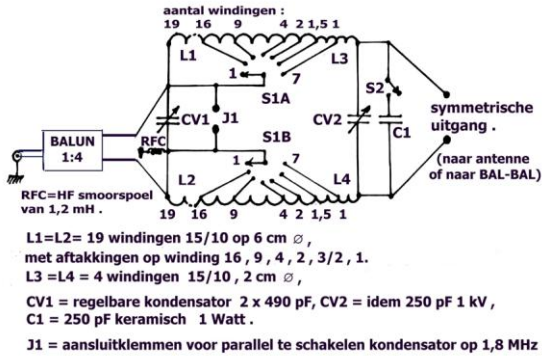


Fig. 22

De vier windingen moeten met even lange draden en zo goed mogelijk op elkaar gelijkend uitgevoerd worden, om de symmetrie van de schakeling te bewaren.

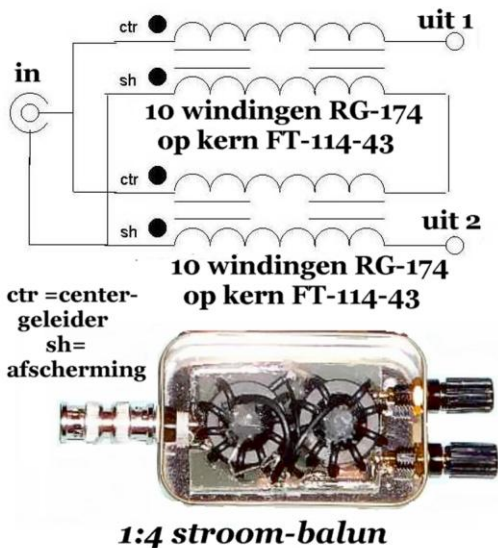


Fig. 23

Een standaard Amphenol BNC connector dient als ingang voor de coaxiale kabel en de uitgang naar de symmetrische antenne, is verwezenlijkt met twee standaard banaan-pluggen. Daarop mag een 100 ohm tot 600 ohm belastingsimpedantie aangesloten worden.

**Een stroom-balun (balbal) 4:1 op ferrietring.**

Men zal de benaming 'balbal', dus gebalanceerd of symmetrisch naar eveneens symmetrisch, slechts in zeldzame gevallen aantreffen, omdat baluns in bijna alle gevallen bedoeld zijn om over te gaan van een asymmetrische coaxiale kabel naar een symmetrische antenne. De 'balbal' lijkt functioneel meer op een transformator met gescheiden primaire en

secundaire windingen die in geen enkel punt geaard zijn. In dit 4:1 geval, is de opstelling samengesteld uit twee identieke, afzonderlijke transformatoren waarvan men de bewikkelde kernen met een beetje vindingrijkheid mechanisch stevig kan bevestigen op een copperclad (wel- of niet-geëtste) prinplaat. Het geheel wordt ondergebracht in een waterdichte PVC doos, indien men er een gebruik buiten van zou overwegen.

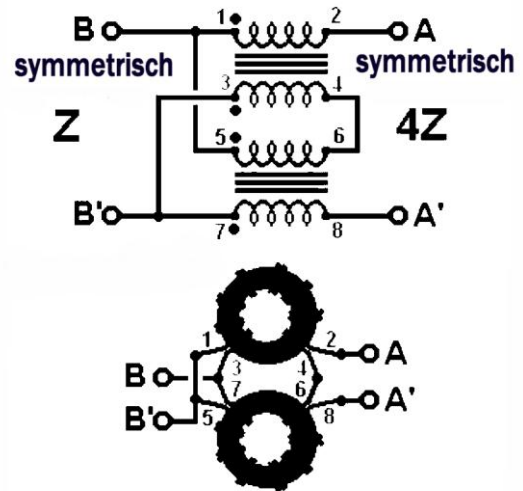


Fig. 24

Een lijn die bestaat uit twee in elkaar gevlochten geëmailleerde draden (die bv. elk ongeveer een meter lang zijn) met 1,5 mm diameter, wordt per kern met tien windingen gewikkeld op een ferrietkern met 5 cm buitendiameter. Als men deze uitvoering enkel wil gebruiken om te ontvangen of om met QRP vermogen te zenden, volstaat ook een draad van 0,5 mm, gewikkeld op een kern met 4 cm diameter.

De transformator werkt als stroombalun, d.w.z. dat hij zich verzet tegen common mode stromen, veroorzaakt door een onevenwicht tussen de twee symmetrische delen van de gevoede antenne die bijvoorbeeld beiden niet juist even lang zijn. Opmerkelijk daarbij is, dat deze evenwicht- werking verbetert, als men het aantal windingen van elke wikkeling vergroot, maar dat daardoor het rendement van de schakeling afneemt.

**Algemene beschouwingen over ringkernen en staven voor het wikkelen van baluns.**

Waarom magnetische ringkernen om balun-spoelen op te wikkelen?  
1) geringe prijs,

- 2) grote doorlaatband als breedband transformator,
- 3) klein gewicht en niet duur,
- 4) gemakkelijk te verwezenlijken balun, en zijn op punt stelling,
- 5) laat toe een gering aantal windingen (weinig koperverliezen en geen last van skin-effect) geïsoleerde draad te gebruiken om een zelfde waarde van de zelfinductie te verkrijgen met minder windingen dan in lucht of gewikkeld op isolerend materiaal, dankzij de grotere waarde van de permeabiliteit en door de sterke concentratie en vasthouding van de magnetische flux binnen de kern, zijn er veel minder windingen nodig om een bepaalde waarde van de zelfinductie te bereiken dan zonder kern.
- 6) vertoont zeer weinig verliezen omdat de magnetische krachtlijnen gevangen blijven in het magnetisch materiaal en dit is veel meer het geval in ringkernen dan in staven.
- 7) daardoor weinig of geen ongewenste straling naar de omgeving en geen parasitaire koppeling met andere nabijgelegen kringen. Spoelen gewikkeld op ringkernen hoeven niet noodzakelijk in een afscherming ondergebracht te worden, omdat de lekvelen zeer gering zijn, en er dus weinig of geen gevaar bestaat, dat ze zullen koppelen naar andere nabijgelegen andere spoelen of elementen.
- 8) men kiest dikwijls een ferriet, waarvan de permeabiliteit verkleint als de frequentie stijgt. en de balun begint dan meer te gelijken op spoelen, gewikkeld op lucht en niet meer op een magnetische kern. Dat is geen nadeel want anders zou de inductieve reactantie van de wikkelingen te groot worden op de hogere frequentiebanden. De reactantie  $X_L$  vergroot inderdaad met stijgende frequentie:  $X_L = \omega \cdot L = 2 \times \pi \times f \times L$ . Het gevolg hiervan is dat op de lage frequenties de invloed van de kern het grootst is, terwijl op de hogere frequenties deze invloed afneemt.
- 9) mogelijkheid tot impedantie-transformatie d.m.v. transformering met een primaire en secundaire winding, ofwel door aftakkingen op een der spoelen.
- 10) mogelijke uitvoering als fase draaier.

Als men twee (bifilair) of drie (trifilair) meestal samengevlochten geïsoleerde draden op een ringkern wikkelt, worden deze over de omtrek van de kern gelijkmatig verspreid om de eigen

capaciteit tussen de windingen te verminderen en om de kern beter te laten afkoelen.

Tussen de twee uiterste uiteinden van de draden laat men op de kern een hoek van 30 graden op de buitendiameter.

Daar kan men de uiteinden van de wikkelingen vastleggen met een druppel lijm van een afgesmolten lijmstaafje in een lijmpistool of een druppel snel verhardende epoxy of twee componenten lijm.

De afgewerkte balun moet zo dicht mogelijk tegen de twee voedingspunten van de antenne opgesteld worden, anders ontstaan er stralingsverliezen op het lijnverbindings-stuk tussen de antenne en de uitgang van de balun.

Er bestaat een groot verschil tussen ferriet en ijzerpoeder materiaal, waarbij dit laatste bestaat uit elektrisch van elkaar geïsoleerde ijzerpoeder deeltjes, waardoor de weerstand tegen wervelstromen zeer groot wordt de HF verliezen zeer klein, maar de permeabiliteit wel veel kleiner is dan deze van ferrieten, namelijk met een grote orde van hoogstens enkele tientallen (kleiner dan 15 voor veelgebruikte ijzerpoeder kernen en tot 40 voor enkele bijzondere toepassingen).

In smalband afgestemde kringen en precisie-spoelen, verwezenlijkbaar met een zeer hoge Q-factor tot  $Q=300$ , zoals in midden-frequent transformatoren van super-heterodyne radio-ontvangers, zal men bijna steeds ijzerpoederkernen toepassen en geen ferrieten, omdat de op ijzerpoeder-kernen gewikkelde spoelen doorvloed mogen worden door grote plaatstromen van buizen, of collectorstromen van transistoren, zonder te verzadigen en dus zonder de erop toegepaste golfvormen te vervormen.

Dit is met ijzerpoederkernen zelfs mogelijk tot op ZHF=VHF frequenties.

Daarentegen zijn ijzerpoederkernen minder geschikt om er baluns mee te maken om de eenvoudige reden dat hun geringe permeabiliteit niet toelaat er spoelen op te wikkelen die een voldoende grote zelf-inductie hebben op al de door ons bestreken radioamateurbanden.

### **Samenvatting van enkele eigenschappen:**

1) Ferriet (typisch voor breedband toepassingen) is een soort keramiek die men bekomt door een mengsel van ijzeroxide  $Fe_2O_3$  en een carbonaat van nikkel of



mangaan of zink, onder hoge druk en hoge temperatuur (meer dan 1000°C) te sinteren. De magnetische eigenschappen zoals permeabiliteit, frequentiebereik, Curie-punt (tussen de 125 en 350°C), hangen niet alleen af van de chemische samenstelling maar ook van de fabricatie-methode.

Ferriet is een zeer hard materiaal met grijsachtige kleur, dat moeilijk bewerkbaar is en breekt als het op een stenen vloer valt. Een gebroken ferriet ring of staaf, daarvan kan men de gebroken stukken met Araldiet of tweecomponentenlijm terug met elkaar verbinden zonder dat de daardoor ontstane kleine lucht (=lijm) spleet een nadelig gevolg heeft voor de goede werking.

### **De zogenaamde zachte ferrieten zijn ingedeeld in twee groepen:**

- de mangaan+zink verbindingen met grote permeabiliteit, bruikbaar op frequenties beneden 1 MHz, dus bijvoorbeeld voor het erop wikkelen van spoelen voor midden-frequent transformatoren uit radio-ontvangers (niet voor FM=10,7 MHz).

- de nikkel+zink verbindingen met kleinere permeabiliteit, bruikbaar op HF gebied tussen 1 MHz en 300 MHz.

Zowel nikkel-zink als mangaan-zink ferrieten hebben een zeer hoge resistiviteit en daardoor weinig verliezen.

2) ijzerpoederkernen (typisch voor selectief, dus smalband, afgestemde filters) bestaan uit fijnverdeeld ijzer dat gemengd wordt met een klevend bindmiddel, en in een vorm geperst wordt.

Het bindmiddel is een isolerende stof, zodat de ijzerpoederdeeltjes op elektrisch gebied van elkaar gescheiden zijn, waardoor foucaultstromen en hysteresisverliezen geen kans krijgen.

Ijzerpoedermateriaal heeft een zeer grote soortelijke weerstand of resistiviteit. Ijzerpoeder-kernen of -staven hebben een kleine permeabiliteit (bv.  $\mu_r = 10$ ) en zijn stabiel dan ferrieten met dezelfde vorm en afmetingen. Ze kunnen daardoor gebruikt worden om er betrouwbaar werkende filterschakelingen mee te bouwen op hoge frequenties tot 500 MHz.

Zowel ferrieten als ijzerpoedersoorten dienen als magnetische kring, en ook als drager, om er spoelen op te wikkelen. Ze hebben een hoge kwaliteitsfactor Q en zijn

geschikter dan spoelen gewikkeld op een cilindrische spoelvorm, om er (vooral ijzerpoeder) selectief afgestemde filters mee te bouwen.

Hoe minder windingen men op een kern legt, des te kleiner zijn de verliezen door ohmse weerstand van de draad, diëlektrische verliezen, verliezen door huid-effect en dichtheidsbeïnvloeding door andere componenten in de schakeling, door strooikapaciteit, door hysteresis- en wervelstroomverliezen in de kern zelf. Ijzerpoeder kernen hebben grotere verliezen dan ferrietkernen, en men moet er meer windingen op wikkelen om eenzelfde waarde van de zelfinductie van een spoel te verwezenlijken dan bij ferrietkernen.

HF breedband transformatoren kunnen in principe in de praktijk op zowel staven als op ringkernen gewikkeld worden, maar staven laten teveel magnetische fluxlijnen verloren gaan in de omgevende ruimte, daarom gebruiken we ze liever niet.

Ferriet is de beste keuze voor breedband toepassingen, omdat de ferriet permeabiliteit veel groter is dan deze van ijzerpoeder-kernen. Een merkwaardige vaststelling is, dat ferrietkernen (van Mullard of Philips) met een kleinere permeabiliteit beter geschikt zijn voor de hogere frequentiebanden. Enkele voorbeelden:

permeabiliteit	frequentie
750	200-2500 kHz
125	1-20 MHz
40	tot 30 MHz.

Hoe groter de permeabiliteit, des te groter de zelfinductie van de spoel die op de kern gewikkeld wordt, en des te minder windingen er nodig zijn voor een bepaalde waarde van deze zelfinductie bij een gegeven frequentie of bandbreedte.

Bij ferrietmaterialen, heeft men slechts weinig windingen nodig om een bepaalde inductieve reactantie te bereiken, zelfs bij lage frequenties.

Maar: een ijzerpoederkern zal veel minder snel verzadigen dan een ferrietkern en is bijgevolg voor onze toepassingen met vermogens boven de 100 watt hoogfrequent, beter geschikt.

Voor kleinvermogen toepassingen, bijvoorbeeld tot 100 watt hoogfrequent, zijn ferrieten beter geschikt wegens de kleinere verliezen en omdat er weinig windingen nodig zijn om een behoorlijke zelfinductiewaarde te bereiken.

Als vuistregel kan men stellen dat een ijzerpoederkern meer hoogfrequent vermogen kan verwerken zonder te verzadigen of beschadigd te worden, dan een ferrietkern met dezelfde afmetingen.

In een balun met verzadigde kern, treedt er niet alleen vervorming op van de golfvorm door het ontstaan van harmonische frequenties, maar ook opwarming van de kern en snelle veroudering van het geheel. Dat is bv. niet het geval bij op lucht gewikkelde spoelen, die nochtans veel groter van afmetingen zijn en veel meer windingen voor een zelfde waarde van de zelfinductie vereisen.

De waarde van de zelfinductie van een op een magnetische kern gewikkelde spoel is recht evenredig met de permeabiliteit van de kern:  $\mu = \mu_0 * \mu_r$ .

De zelfinductie kan berekend worden uit:  $L = (\mu_0 * \mu_r * N^2 * S) / (\text{lengte v.d. spoel in meter})$ , waarin L= zelfinductie in Henry.

Hierin is S de oppervlakte van de doorsnede van de kern in m<sup>2</sup>, lengte= de gemiddelde lengte van de cirkel in het geval van een ringkern en anders de lengte van de staaf in het geval van een ferrietstaaf,  $\mu_r$ = de relatieve of betrekkelijke permeabiliteit die typisch ligt tussen 10 en 2000,  $\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7}$  (gerationaliseerde M.K.S. eenheden.)

$\mu_r$ = betrekkelijke permeabiliteit in eenheden, bv. 10 tot 2000.

N= aantal windingen van de wikkeling tussen de klemmen van de spoel.

De zelfinductie van een spoel op een kern is dus afhankelijk van de relatieve permeabiliteit, van het kernmateriaal, de binnen- en buitendiameter, de hoogte van de ringkern, en het aantal wikkelingen. Heel wat parameters dus. Om het eenvoudiger te maken, werd een AL-waarde ingevoerd, dat is een maat voor de zelfinductie per 100 (ijzerpoeder) of 1000 windingen (ferriet).

Een ijzerpoederkern heeft een veel lagere AL dan een ferrietkern, of anders gezegd: voor hetzelfde aantal windingen is de bekomen waarde van de zelfinductie veel

kleiner bij ijzerpoeder dan bij een ferrietkern.

### Bepalen van de $A_L$ factor van ferriet-staven of -ringen.

Men legt een eenvoudiger verband tussen het aantal windingen N en de zelfinductie L dan in de formule hierboven. L varieert met het kwadraat van het aantal windingen:  $L = N^2 * A_L$ .

Hierin staat de zelfinductie L in nanoHenries, N is het aantal windingen van de spoel, en  $A_L$  is een materiaalconstante van het kernmateriaal.

De  $A_L$  factor laat ons toe te berekenen hoeveel windingen (geïsoleerd) koperdraad er nodig zijn om een bepaalde waarde van de zelfinductie van een spoel te vinden, gewikkeld op een magnetische kern. De grootte van  $A_L$  varieert volgens de afmetingen en de soort materiaal van een staaf of ring, en de plaats van de windingen van de wikkeling, waarbij  $A_L$  sterk kan verschillen volgens een plaats in het midden of op een einde van een staaf. Men kan de  $A_L$  factor voor een onbekende soort ferriet zelf meten, door een aantal windingen op het kernmateriaal te wikkelen, en de zelfinductie van deze spoel te meten met een digitale RLC meter. Dan

$$\text{is } N = 100 * \sqrt{\frac{L}{A_L}} \quad A_L = \frac{10^4 * L_{\mu H}}{N^2}$$

waarin  $L_{\mu H}$  de gemeten zelfinductie is in microHenries and N het aantal windingen. Eens dat  $A_L$  gekend is, kan men een standaard zelfinductieformule toepassen voor het plaatsen van het juiste aantal windingen op de ferrietstaaf of ring. Hier staat  $A_L$  in  $\mu H$  per 100 windingen, maar men kan de berekeningen ook anders uitvoeren, door het aantal windingen te

berekenen als  $N = 1000 * \sqrt{\frac{L}{A_L}}$  waarin L staat in mH en  $A_L$  in mH/1000 windingen.

### Voorbeeld van een berekening.

Men wenst op een Amidon FT50-61 kern met  $A_L = 68$  (zie tabel een zevental bladzijden hiernavolgend) een 10 MHz tot 30 MHz spoel te wikkelen die zal belast worden met een verbruiker met 50 ohm impedantie. Voor berekeningen in deze aard vertrekt men steeds van de laagste frequentie van de nagestreefde frequentieband, dus hier 10 MHz, en men verviervoudigt of vervijfvoudigt de waarde

van de belastings-impedantie, dat wordt dus in dit geval 200 ohm.

$$L = X_L / 2\pi * f = 200 / 2\pi * 10 * 10^6 = 3,18 \mu\text{H}$$

Aantal windingen van de spoel:

$$N = 1000 * \sqrt{\frac{0,00318}{68}} = 6,3 \text{ windingen}$$

Vermits de waarde van  $A_L$  en van de permeabiliteit die door de fabrikanten opgegeven wordt, steeds rond de  $\pm 20\%$  ligt, zal men dus evengoed 6 of 7 windingen mogen wikkelen rond de kern.

### Ferrieten Philips en Amidon.

Zonder een grote permeabiliteit kan men nooit de laagste frequenties bestrijken van het 1,8 tot 30 MHz bereik. Als men een ferriet met een kleinere permeabiliteit kiest, bijvoorbeeld 125 in plaats van 250, verminderen in dat geval de verliezen met de helft, maar dan wordt de balun ook praktisch onbruikbaar op de 160 meter band, wel nog goed op 80 m, 40 m, enz. Anders uitgedrukt, is het dus aangewezen, om een breedband balun te vervaardigen die ook nog op 160 m werkt, of algemeen op lage frequenties, de permeabiliteit van het ferrietmateriaal zo groot mogelijk te kiezen.

Ferrieten zoals het Amidon Associates No. 43 materiaal, hebben een permeabiliteit van 850. Men verkrijgt een goede

frequentie-weergave over een brede frequentieband. De wikkelingen op de kernen moeten wel sterk gekoppeld zijn, maar deze toestand verkrijgt men door bifilair of trifilair te wikkelen, met geïsoleerde draden die strak tegen de kernen worden aangespannen.

Bij ijzerpoederkernen ligt dat enigszins anders. Zo hebben de Mullard-Ferroxcube kernen, gecatalogeerd onder de benaming Fx, bijvoorbeeld een permeabiliteit van 200 (B2 -materiaal) onder andere voor gebruik in middenfrequent transformatoren van superheterodyne radio-ontvangers.

Ferriet kernen uit het B2 materiaal van Mullard en Philips hebben met hun grotere permeabiliteit (200) dan ijzerpoeder kernen, veel minder windingen nodig om een bepaalde zelfinductiewaarde van de erop gewikkelde spoel(en) te bereiken in hoogfrequent toepassingen.

Een 3B9 kern heeft een permeabiliteit van 1800, deze van een 4C4 en 4C6 is 125, deze van een Mullard D4 of 3C85 is ze 1150.

Van het paarse materiaal 4C65, begint de permeabiliteit bij 5 MHz af te nemen, doorlopend tot 300 MHz. De paarse of violette ringen zijn goed geschikt voor hoogfrequent toepassingen.

### Philips ringkernen:

Materiaal	max. QRG	Type	A	b=e	H	Kleur
4C65	10 MHz	RK160 20	3,7	6,8	2,3	violet
4C65	10 MHz	RK800 52	5,5	10,4	4,4	violet
4C65	10 MHz	RK180 65	8,4	18	14,5	violet
4C65	10 MHz	RK190 87	13,4	23,6	7,6	violet
4C65	10 MHz	RK200 170	22,3	36,6	15,6	violet
3C85	1MHz	RK470 1750	9,4	20,5	7,6	rood
3C85	1MHz	RK480 2050	10,5	25,6	14,3	rood
3C85	1MHz	RK870 2700	22,3	36,6	15,6	rood

Diameter    Hoogte     $A_L$     Kleur

4C65	14,6 MM	8,2 mm	55	VIOLET /nu blank
4C65	23 MM	7,5 mm	170	VIOLET /nu blank
4C65	36 MM	15,8mm	133	VIOLET /nu blank
3E25	25,8MM	10,5 mm	2430	ORANJE/nu blank
3E1	36MM	15,8 mm	7390	ORANJE/nu blank

OZ2CPU zit vermoedelijk met een kilowatt linear



te werken ,want toont hier aan , hoever men wel kan gaan in groot vermogen toepassingen met de 4C6 ringkernen.

Fig. 25

De 4C65 heeft in feite een  $A_L$  (in nH)=  $52 \pm 25\%$  en een  $\mu_r=125$ .

De 3E25 heeft een  $A_L$  (in nH)=  $2250 \pm 25\%$  en een  $\mu_r= 5500$ .

De FT37-61 is de US uitvoering van de EUR 4C65

FT140- weegt in verpakking ruim 50Gr

FT240- weegt in verpakking ruim 150Gr

Amidon kernen of staven, gecodeerd Txx zijn samengesteld uit ijzerpoeder, waarvan de korrels met elkaar verbonden zijn door een tussenlaag van gesmolten isolerende plastic. Echter zijn de ferriet kernen gecodeerd als FTxx, en samengesteld uit een keramisch materiaal dat niet noodzakelijk ook maar enig ijzer bevat.

Amidon vervaardigt verschillende soorten ijzerpoederringkernen, waarvan voor ons voor HF gebruik vooral de soorten 2 (rood) met een permeabiliteit 10 en 6 (geel) met een permeabiliteit 8,5 belangrijk zijn. De 2-mix is geschikt voor 3,5 MHz tot 30 MHz toepassingen, en de 6-mix vanaf 10 MHz tot in het VHF=ZHF spectrum. De aanduiding begint met T, gevolgd door de afmeting van de buitendiameter in honderdsten van een duim, dus op typisch Amerikaanse leest geschoeid. Voorbeeld "T-68-2" is een ringkern met een buitendiameter van 0,68 duim, omgerekend  $0,68 \times 2,54 \text{ cm} = 1,73 \text{ cm}$ , kleine afmeting dus, en van de materiaalsoort 2 (derde regel in de volgende tabel). Echter betekent een codering FT-37-61 een ferrietring met 0,37 duim of 0,925 cm buitendiameter (te klein voor Tx-toepassingen, enkel voor Rx bruikbaar) uit het materiaal 61 (vijfde regel in de onderstaande tabel).

Een T200-2 kern kan bv. met goed resultaat toegepast worden in een Z-Match antenne-aanpasser.

Enkele gegevens over de T200-2 kern staan in de volgende tabel, samen met gegevens over de FT82 (ferriet) die uitstekend geschikt is om baluns mee te maken met telkens twee wikkelingen van 8 tot 11 windingen:

T200-2. Speciale mix met lage permeabiliteit =10 // Z = impedantie v.d. spoelen (ohms):

Aantal windingen	Zelfinductie	Z 80m	Z 40m	Z 20m	Z 15m	Z 10m
2x11	6uH	1300	2600	5200	7800	10400
2x10	5uH	1100	2200	4400	6600	8800
2x9	4uH	850	1700	3400	5100	6800
2x8	3uH	650	1300	2600	3900	5200

FT82-61 Perméabiliteit= 125

2x8	35uH	7700	15000	30000	45000	60000
-----	------	------	-------	-------	-------	-------

FT82-43 Perméabiliteit = 850

2x8	150uH	33000	66000	13KΩ	20KΩ	26KΩ
-----	-------	-------	-------	------	------	------

De impedanties Z in de tabel moeten steeds 10 maal groter zijn dan de

ingangsimpedantie van de te voeden schakeling of antenne, maar in de praktijk

herleidt men dit tot 4 of 5 maal zo groot, hoewel men in industriële toepassingen zelfs kiest voor 50 maal zo groot.

Deze opmerking heeft betrekking op een basisregel, waaraan moet voldaan worden voor elke breedband transformator: de reactantie  $X_L$  van de kleinste wikkeling van de totale spoel op de kern, moet 4 tot 5 keren groter zijn dan de waarde van de impedantie in dat punt.

Concreet uitgedrukt betekent dit, dat wanneer de ingang van een ferrietkern transformator een coaxiale kabel is met  $Z_0 = 50 \text{ ohm}$ , en de te voeden uitgang is bv. een vier element beam met een voedings-weerstand van de straler die door de aanwezigheid van de parasitaire elementen reflector en twee directoren gedaald is tot  $10 \text{ ohm}$ , de  $X_L$  van de kleinste winding op de kern, die de straler voedt, minstens  $40 \text{ ohm}$  zal moeten bedragen om de antenne niet teveel te dempen. Terwijl de reactantie van de kleinste wikkeling minstens  $40 \text{ ohm}$  moet bedragen, moet om dezelfde reden dan de grootste wikkeling een  $X_L$  hebben die vier- tot vijfmaal zo groot is, d.w.z.  $200 \text{ ohm}$ . Op  $3,5 \text{ MHz}$  moet de kleinste spoel dan  $X_L / (2 \times \pi \times f) = 40 / 6,28 \times 3,5 \times 10^6 = 1,8 \times 10^{-6} = 1,8 \text{ microHenry}$  zijn, terwijl de zelfinductie van de grootste wikkeling 5 maal zo groot is, of  $9 \mu\text{H}$ . De belangrijkste reden voor het toepassen van deze vuistregel is, dat indien de  $X_L$  te klein is, er vermogensverliezen optreden in de kern omdat de te voeden impedantie (zoals de voedingspuntweerstand van een symmetrische antenne) dan te sterk geshunteerd wordt, om niet te zeggen bijna kortgesloten door de secundaire van de balun-transformator, een typische toepassing.

Hoewel we in deze beschouwingen verwezen hebben naar het gebruik van de ijzerpoederkernen T220-2 van Amidon, met slechts telkens 9 tot 11 windingen bewikkeld, werkt deze uitvoering niet goed op de 80 m en 160 m banden, waarop deze kernen opwarmen en een hoge SGV veroorzaken. Een beter alternatief is de ferrietkern FT 240-43, met een  $A_L = 1025 \text{ nH/winding}^2$ . Indien men ze wil gebruiken voor hogere HF vermogens tot  $750 \text{ watt}$ , kan men twee dergelijke kernen met twee componenten lijm boven elkaar samen kleven, en dit geheel dan met teflonband (PTFE-band) omwikkelen. Daardoor worden de kernen dan immuun tegen HF spanningsoverslag.

Wanneer men meerdere kernen boven elkaar plaatst om er de opwarming van te verminderen en grotere vermogens op de daarop gewikkelde balun te kunnen toepassen, verandert de  $A_L$ -waarde, bijvoorbeeld tot  $A_L = 2150 \text{ nH/Wdg}^2$ .

### Enkele Amidon ijzerpoeder-kernen en hun eigenschappen:

Type	D (mm)	d (mm)	e (mm)	s (mm) <sup>2</sup>	$A_L$											
					0	1	2	3	6	10	12	15				
T-80-	20,2	12,6	6,4	0,242	9	115	55	180	45	32	22	170				
T-94-	23,9	14,2	7,9	0,385	11	160	84	248	70	58	32	200				
T-106-	26,9	14,5	11,1	0,69	19	325	135	450	116						345	
T-130-	33,0	19,8	11,1	0,73	15	200	110	350	96						250	
T-157-	39,9	24,1	14,5	1,14		320	140	420	115						360	
T-184-	46,7	24,1	18,0	2,04		500	240	720	195							
T-200-	50,8	31,8	14,0	1,33		250	120	425	100							

D= uitwendige diameter van de kern; d= inwendige diameter; S= oppervlakte van de doorsnede (gearceerd in de volgende figuur);  $A_L$ = materiaalconstante (slaat op alle kolommen, genummerd 0 tot 15), bijvoorbeeld voor een kern T200-2 gelijk aan 120.

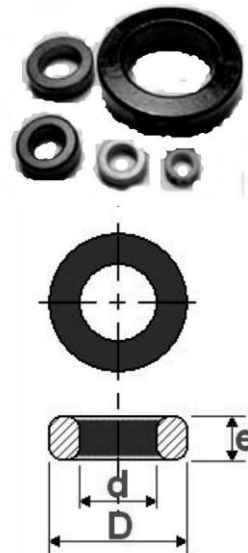


Fig. 26

Het vermogen dat de kern kan verwerken is evenredig met de oppervlakte S van de doorsnede. Door verschillende kernen boven elkaar te stapelen en met twee componenten lijm aan elkaar te kleven tot een soort pijp, kan men de oppervlakte van de doorsnede vergroten.

### Baluns voor 1 tot 30 MHz ontvangst, of voor QRP- en gemiddeld grote zendvermogens.

Men kiest een zink-mangaan ferriet, bijvoorbeeld Amidon 73. De zink-mangaan ferrieten hebben een kleine resistiviteit. Om kortsluiting van de erop gewikkelde windingen, kan men de kern extra isoleren met een erop gewikkelde teflon plakband. De reden hiervoor is ook dat bij een slechte SGV, er hoge spanningen van 1000 volt of meer over de wikkelingen kunnen ontstaan, die overslag veroorzaken.

Wegens de hoge waarde van de permeabiliteit, zal men slechts weinig windingen nodig hebben om een zekere waarde van de zelfinductie van de op de kern gewikkelde spoelen te bereiken, en de kern zal niet opwarmen. Voor deze soorten gebruik, mag de kern een kleine diameter hebben en bewikkeld worden met fijne draad (2/10 of 3/10 van een mm). Nochtans zal een te fijne draad snel opwarmen en ook de temperatuur van de kern doen stijgen waardoor deze zijn magnetische eigenschappen kan verliezen. Daarentegen zal een draad met een te grote diameter het aantal windingen dat men op een kern kan wikkelen, beperken.

Twee storende verschijnselen kunnen de goede werking van een magnetische kern dwarsbomen: de verzadiging van de kern en zijn opwarming. Door de verzadiging daalt de waarde van de permeabiliteit.

De opwarming veroorzaakt koperverliezen, magnetische verliezen in de kern, en wanneer de temperatuur stijgt tot boven wat men het Curie punt noemt, verliest de kern zijn magnetische eigenschappen. De kern wordt dan 'geroosterd' en hoe hoger

de frequentie, en hoe kleiner de oppervlakte van de doorsnede van de kern, des te groter de kans dat dit verschijnsel zich voordoet. Natuurlijk hangt de opwarming ook af van de omgevingstemperatuur, de ventilatie in de shack, de aanwezigheid van een bepaalde omwikkeling van kern en windingen door een isolerend plakband en de manier waarop deze met een of andere substantie geïmpregneerd is.

De oppervlakte van de doorsnede van de kern bepaalt de grootte van het vermogen dat de transfo zal kunnen verwerken. Indien de spoel(en) doorlopen wordt niet enkel door hoogfrequent, maar ook door een gelijk-stroom, zal deze de temperatuur bijkomend doen stijgen. Van zodra de temperatuur de 70 graden Celsius overschrijdt, is het aangewezen een ferrietkern te kiezen met grotere afmetingen. Deze stelregel geldt niet alleen voor ferrietkernen, maar ook voor ijzerpoederkernen.

**Voorbeeld:** men wikkelt 15 windingen op een ringkern T50-61 met  $S = 0,13 \text{ cm}^2$  en  $A_L = 68$ . Men past op de wikkeling een 0,1 A hoogfrequent signaal toe met frequentie 7 MHz, en vindt dat de kern doorvloeit wordt door een magnetische inductie van 87 Gauss of 8.7 mT. Dit is te hoog, want voor balunkernen moet de inductie algemeen gesproken beneden de 60 Gauss blijven. Kiest men een grotere kern, de FT82-61 met  $S = 0,25 \text{ cm}^2$  en  $A_L = 73$ , dan blijft de inductie beneden de 48 Gauss, dat is een aanvaard-bare waarde.

Enkele eigenschappen en codering van Amidon ferrieten:

materiaal	permeabiliteit	selectieve schak.		breedband toepass.		Curie Temp. °C
		f mini (MHz)	f maxi (MHz)	f mini (MHz)	f maxi (MHz)	
33	800	0,01	1	1	30	150
43	850	0,01	1	1	30	130
61	125	0,2	10	10	200	350
63	40					
64	250	0,05	4	50	500	210
67	40	10	30	200	1000	500
68	20	30	180	200	1000	500
73	2500	0,001	1	0,2	15	160
75						
77 (72)	2000	0,001	2	0,5	30	200
B3	300	0,001	5	1	15	300

Voor ontvangstdoeleinden, gebruikt men dikwijls kernen met een diameter van 8mm tot 12mm (formaat FT37 tot FT68 van Amidon) en wanneer men met geen al te grote vermogens wenst te zenden, 40mm tot 50mm (FT157 tot FT200).

Verzadiging treedt slechts op tijdens vermogenpieken van SSB. Bij het zenden met telegrafie kan de ononderbroken en langdurige toepassing van een gemiddeld groot CW-vermogen de kern sterk doen opwarmen.

### Hoog vermogen uitvoering.

Bij overdreven opwarming van de kern, verliest deze al zijn eigenschappen wanneer het Curie-punt bereikt wordt. Om dit te voorkomen kan men best een zink-nikkel als materiaal legering kiezen (Amidon 61 of 43).

Als een ferrietkern in een bepaalde toepassing te snel verzadigt, kiest men in dat geval een ijzerpoederkern. Wegens zijn geringe verliezen, vervaardigt men met ijzerpoederkernen de spanningsbaluns. Voor het maken van stroombaluns verkiest men ferrieten met grote permeabiliteit waarmee men spoelen wikkelt met hoge reactantie die de common mode HF stromen blokkeert.

### Enkele kenmerken van FERRIET RINGKERNEN van AMIDON

**ALLE WAARDEN IN DE TABEL hebben +/- 20 % TOLERANTIE.**

MATERIAAL 43							Permeabiliteit 850	
kern nummer	Uitw.dia (duim)	binnendi (duim)	Hoogte (duim)	e (cm)	Ae =S (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL WAARDE mh/1000 wind.	
FT-23 -43	0,230	0,120	0,060	10,34	0,021	0,029	188	
FT-37 -43	0,375	0,187	0,125	20,15	0,076	0,163	420	
FT-50 -43	0,500	0,281	0,188	30,02	0,133	0,401	523	
FT-50A -43	0,500	0,312	0,250	30,68	0,152	0,559	570	
FT-50B -43	0,500	0,312	0,500	30,18	0,303	0,963	1140	
FT-82 -43	0,825	0,516	0,250	50,26	0,246	10,290	557	
FT-114 -43	1,142	0,750	0,295	70,42	0,375	20,790	603	
FT-140 -43	1,400	0,900	0,500	90,02	0,806	70,280	952	
FT-240 -43	2,400	1,400	0,500	140,80	1,610	230,900	1240	

MATERIAAL 61							Permeabiliteit 125	
kern nummer	Uitw.dia Duim	Binnendi Duim	Hoogte Duim	e (cm)	Ae=S (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Waarde mh/1000 wind.	
FT-23 -61	0,230	0,120	0,060	10,34	0,021	0,029	240,8	
FT-37 -61	0,375	0,187	0,125	20,15	0,076	0,163	550,3	
FT-50 61	0,500	0,281	0,188	30,02	0,133	0,401	680,0	
FT-50A -61	0,500	0,312	0,250	30,68	0,152	0,559	750,0	
FT-50B -61	0,500	0,312	0,500	30,18	0,303	0,963	1500,0	
FT-82 -61	0,825	0,516	0,250	50,26	0,246	10,290	730,3	
FT-114 -61	1,142	0,750	0,295	70,42	0,375	20,790	790,3	
FT-114A-61	1,142	0,750	0,545	70,42	0,690	50,130	1460,0	
FT-140 -61	1,400	0,900	0,500	90,02	0,806	70,280	1400,0	
FT-240 -61	2,400	1,400	0,500	140,80	1,610	230,900	1710,0	

Gebruik van Amidon ringkernen, getypeerd door een bepaald nummer:

<b>0</b>	<b>Kernen die bruikbaar zijn tot 200 Mhz, en waarop spoelen gewikkeld worden met een hoge Q-factor.</b>
<b>1</b>	<b>Laagfrequente toepassingen.</b>
<b>2</b>	<b>HF toepassingen voor de frequentieband van 3 tot 30 Mhz.</b>
<b>3</b>	<b>MF toepassingen tussen 50 kHz en 500 kHz, bijvoorbeeld voor het wikkelen van middenfrequent</b>

	<b>transformatoren met hoge Q-factor.</b>
<b>6 en 7</b>	<b>HF en ZHF spoelen om te werken tussen 30 MHz en 50 Mhz met de hoogst mogelijke Q-factor.</b>
<b>10</b>	<b>Spoelen met een hoge Q en een grote stabiliteit om te werken op frequenties tussen 40 en 100 Mhz.</b>
<b>12</b>	<b>Vrij hoge Q, maar geen al te goede stabiliteit tussen 50 MHz en 100 Mhz.</b>
<b>15</b>	<b>Gebruikt in radio-ontvangers voor spoelen met een hoge Q en een grote stabiliteit voor de ontvangst van de middengolf, de lange golf en de 160 m amateurband.</b>
<b>17</b>	<b>Zoals type 12, maar temperatuur-stabieler en een kleine Q.</b>
<b>26</b>	<b>Grote permeabiliteit, gebruikt in ontstoringsfilters en in geschakelde voedingen.</b>
<b>28; 40</b>	<b>Laagfrequente en middenfrequente toepassingen.</b>

### De twee meest voorkomende soorten breedband-omzetters:

a) de gewone transformator met een gescheiden primaire en secundaire wikkeling waarmee men elke gewenste transformatie-verhouding kan instellen. De uitgangsspanning bedraagt bij een balun met transformatieverhouding 1:4 het dubbele, bij 1:9 het drievoudige en bij 1:16 het viervoudige van de ingangsspanning.

b) de transmissielijnen - balun, gewikkeld met 2, 3, of 4 geïsoleerde geleiders. (bifilair, trifilair, quadrofilaal).

Men kan de windingen op een kern wikkelen op twee manieren:

- 1) boven elkaar gewikkeld, dan is de magnetische koppeling het sterkst, maar ontstaat er wel een ongewenste capaciteit tussen de twee windingen.
- 2) naast elkaar gewikkeld als er voldoende plaats is, en het aantal windingen niet overdreven groot is. Deze werkwijze is beter dan de vorige.

### Ringkernen Testen.

Er is een simpele manier om te testen of een onbekende ringkern geschikt is voor een

bepaalde frequentie. Koppel via 3 windingen een signaal generator aan een ringkern. Sluit aan de andere zijde een scoop aan via 3 windingen. De ingaande

sinus moet gelijk zijn aan de uitgaande sinus. Dan is de ringkern bruikbaar voor ons project.

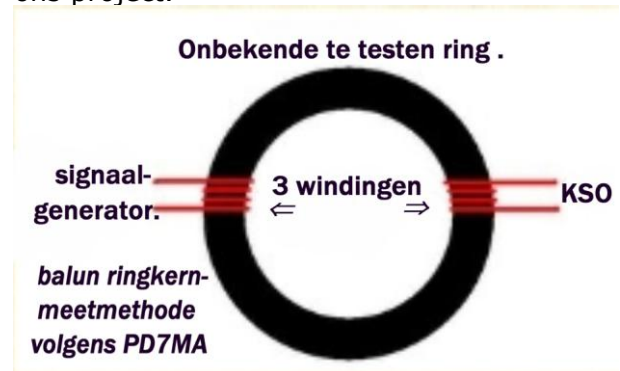


fig 27

### Baluns voor de Sterba-, Bruce- en ruit-antennen (of rhombic's).

We kunnen baluns zelf maken, dat is goedkoper en betrouwbaarder dan sommige in de handel verkrijgbare baluns, die gewoon bestaan uit een in een mooie verticale plastic behuizing ondergebrachte zogezegde "choke" of "mantelstroom-smoorspoel", die in geen geval een balun is, en bestaat uit enkele windingen coaxiale kabel, gewikkeld op een cilindrische drager. Dit "choke" gedoe is bedrog, dat wijd verspreid op het internet te vinden is, en waar een misleidende reclame voor gemaakt wordt in een groot aantal radioamateur tijdschriften, vooral voor de OM's die te lui of te onwetend zijn om een echte balun te wikkelen, en daardoor zichzelf en hun antenne-installatie (met een volledig scheefge-



trokken en te klein stralingsdiagram) benadelen + de via die schadelijke niet-balun, door parasitaire straling gestoorde burenen.

**Het zelf vervaardigen van Baluns 1/1 - 2/1 - 4/1 - 6/1 - 9/1 -12/1 en 16/1 voor de banden 1.8 tot 30 ( in feite tot 50) MHz.**

Zelf een balun maken, is een eenvoudige zaak. De hieronder beschreven methode maakt daarbij gebruik van telkens twee ferrietbuizen of ringen, en de zogenaamde varkensneuzen, uit "43" of "61" materiaal met een permeabiliteit begrepen tussen 125 en 850. De grootte en het volume van de gekozen ferrieten hangt af van het te verwerken hoogfrequent vermogen, dat men van de zender naar de antenne wil sturen en daar uitstralen, van de impedanties die hierbij een rol spelen en van het aantal windingen die men door de afmeting van de opening doorheen een ferriet kan krijgen. Vaak komt daarbij een transformatie-verhouding kijken, die gelijk is aan de verhouding van het aantal windingen N2 aan de meestal hoge impedantiekant van de antenne (zeker bij een Sterba, Bruce of Rhombic), gedeeld door het aantal windingen N1 aan de 50 ohm voedings-kabelzijde, beschouwd als de lage impedantiekant. Een belangrijk punt hierbij is, dat de zelfinductie van de zelf gewikkelde spoelen, op de laagste gekozen te verwerken frequentie groot genoeg is, en minstens van de grootte orde van 5 tot 10 keren de impedantie van de symmetrische ingang van de antenne of van de golfweerstand of karakteristieke impedantie van de lintlijn of kippenladder die de antenne voedt.

**Voorbeeld:**

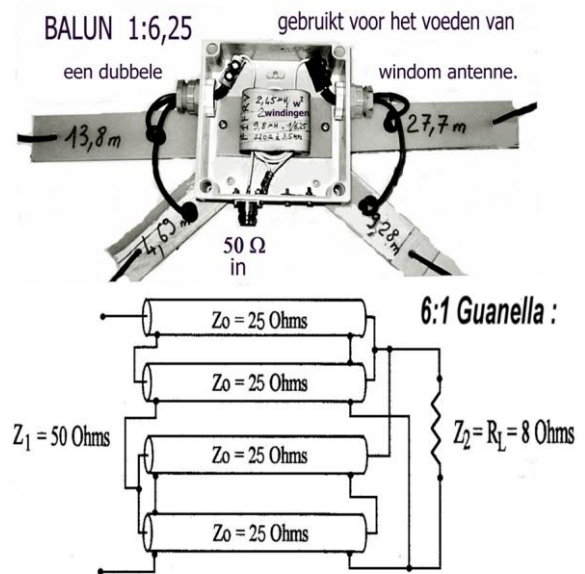
We wensen een 1:4 omzetter of transformator te vervaardigen die van 50 ohm asymmetrisch (coaxiale kabel) overgaat naar 200 ohms symmetrisch (lintlijn of kippenladder of de twee voedingsklemmen van een symmetrische antenne).

Wat de balun zelf betreft, zal op 3,5 MHz tot 30 MHz, de impedantie van de secundaire dan op 3,5 MHz, vijfmaal 200 ohms moeten bedragen, of 1000 ohms.

Uitgedrukt in inductieve reactantie betekent dat dus:

$$j \cdot 1000 = j \cdot \omega \cdot L = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3,5 \cdot 10^6 \cdot L \quad \text{of} \\ L = 1000 / (22 \cdot 10^6) = 45,45 \cdot 10^{-6} \quad \text{of} \quad 45,45 \mu\text{H}.$$

Berekenen we op dezelfde wijze een 1: 6,25 transformator van 50 naar 312,5 ohms, die vanuit een 50 ohm coaxiale kabel een gevouwen dipool of collineaire antenne moet voeden met voedingspuntweerstand 300 ohm, en dit laatste van 1,8 MHz tot 30 MHz, dan vinden we een zelfinductie van de secundaire spoel van de balun, die berekend wordt voor de laagste frequentie, de 160 meter band, gelijk aan 5 maal 300 ohm inductief, dus  $j \cdot 1500 = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$  waaruit  $L = 1500 / (6,28 \cdot 1,8 \cdot 10^6) = 1500 / (11,3 \cdot 10^6)$  of  $136,36 \mu\text{H}$ .



De 25 ohm stukken transmissielijn bekomt men door telkens twee 50 ohm kabels parallel te schakelen. De transformator kan dienen om een laagohmige verticale (bv. T-) antenne aan de voet te voeden, of na naschakelen van een 1:1 symmetriseur, een yagi beam met 4 elementen ( antenne+2 directoren+reflector.)

fig 28

Voor het vervaardigen van deze baluns kiest men best een ferriet-ring met een permeabiliteit van minstens 850 waardoor men minder windingen moet leggen op de ring om een bepaalde waarde van de zelfinductie van de spoelen te bekomen, dan bv. bij een ring met een permeabiliteit van slechts 125. Door het geringer aantal windingen zal ook de ongewenste, dus parasitaire capaciteit tussen de windingen van elke wikkeling, geringer zijn. Deze capaciteit maakt dat de balun niet goed meer werkt op de hoogste frequentiebanden, dus de 15 m en de 10 m band.

Een eenvoudige regel die men bij dit alles aanhoudt, is dat de draadlengte van een te wikkelen spoel op een balun, nooit langer

mag zijn dan 5% van de golflengte op de hoogste nog te gebruiken frequentie, dus bv. op de 80 m band waar men wenst te werken op 3,5 tot 3,8 MHz, kleiner dan 5% van (uitgaande van  $\lambda = c/f = 300/3,8 = 78,95$  m of  $5 \cdot 78,95/100 = 395/100$  m of 3,95 m. Kleiner dan deze maat, betekent dat 1 m ook nog voldoet aan het criterium, ook nog op de 20 m band, waar met 5% van 20 moet nemen, dus  $(5 \cdot 20)/100$  of 1 m, zodat een lengte van 1 meter draad voldoet voor een groot bereik van radioamateur frequenties.

**Opmerking:**

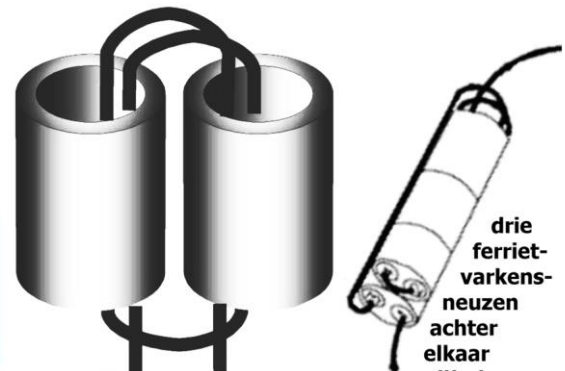
De parse ringkern 4C65 (Philips) (en ferriet 4C6) is geschikt voor 2 tot 30 MHz. Ferriet materiaal 43 (Amidon) is geschikt voor 1,5 tot 50 MHz.

De keuze van materiaal 43 is aantrekkelijk gezien de bandbreedte. Dit is in twee uitvoeringen verkrijgbaar, als ringkern en als varkensneus. De varkensneus is goedkoper.

Men kan een balun opbouwen uit twee of vier pakketten van telkens drie varkensneuzen in lijn. De figuur toont 1 enkele reeks, en hoe men daardoor bv. een geïsoleerde draad kan steken.

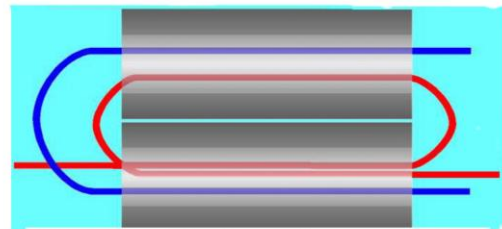
Het (Amidon) ferriet materiaal "43" voldoet tot 50 MHz, terwijl ook het materiaal "61" tot die frequentie reikt, maar daarvoor zal men meer windingen per spoel met dezelfde zelfinductie nodig hebben.

Zou men echter roodgekleurde ringkernen uit ijzerpoeder willen gebruiken om er de baluns mee te maken uit het materiaal "2" (zoals de vaak in tijdschriften aanbevolen FT 200...) of de gele kernen "6", dan hebben deze een veel geringer permeabiliteit zodat er een (te) groot aantal windingen moeten op gelegd worden om een zekere waarde van de zelfinductie te bereiken, en om verzadiging en oververhitting van de kern te voorkomen.



Hoe men geïsoleerde draad steekt doorheen twee ferriet-cilinders of een varkensneus.

drie ferriet-varkensneuzen achter elkaar gelijnd om het vermogen te vergroten.



Voorbeeld : het plaatsen van 1 blauwe en 1.5 rode winding.

fig29

Als men niet beschikt over ferrietbuisjes of varkensneuzen met voldoende grote afmetingen voor het maken van baluns die 100 W HF of meer moeten verwerken, dan kan men ze gewoon vervangen door buizen of pijpen die men vervaardigt door boven elkaar gestapelde en met twee componenten lijm aan elkaar geplakte ferrietringen, minstens twee per balun.



Enkele ringkernen uit ferriet of ijzerpoeder om baluns op te wikkelen.

twee aan elkaar geplakte kernen

fig. 30

**Voorbeeld:** 50 ohm naar 300 ohm balun. Plak (voor een groot HF vermogen) eenmaal of tweemaal drie Amidon FT240-43 ringkernen (of varkensneuzen) aan elkaar en bewikkel ze aan de 50 ohm kant met 2 windingen, en aan de 300 ohm (juister: 312,5 ohm) kant, met tweemaal

2,5 windingen, wat op 1,8 MHz een zelfinductie oplevert van 1650 ohm of 146  $\mu\text{H}$  volgens de bovenstaande berekeningsmethode.

Volgens de onderstaande tabel, vierde lijn, wikkel:

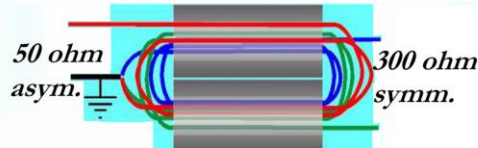
Blauw: 2,5 windingen, rood: 2 windingen, groen: 2,5 windingen.

Men begint met de 2,5 blauwe windingen, vertrekkend van de 300 Ohm kant. De andere zijde wordt met de massa verbonden, namelijk aan de aarding van de connector gesoldeerd. Vertrekkend van dat gemeenschappelijk massapunt, legt men

de groene wikkeling van 2,5 windingen tot het uiteinde daarvan uitkomt aan de 300 ohm zijde. Nog steeds vertrekkend van datzelfde massapunt wikkel men de 2 windingen rode draad waarvan het uiteinde gesoldeerd wordt aan de midsgeleider van de 50 ohm connector. Alle geleiders hebben een zo groot mogelijke diameter, liever 2 mm dan 1 mm, en zijn goed geïsoleerd, teneinde de verliezen te beperken.

Aanpassing (Ohms)	Aantal blauwe w.	Aantal groene w.	Aantal rode windingen.
50 / 50	1	1	2
50/112.5	1,5	1,5	2
50/200	1,5	1,5	2
50 / 300 (312.5)	2,5	2,5	2
50 / 450	3	3	2
50/600 (612.5)	3,5	3,5	2
50 / 800	4	4	2

Balun 50 ohm naar 300 ohm .



Balun 1:6

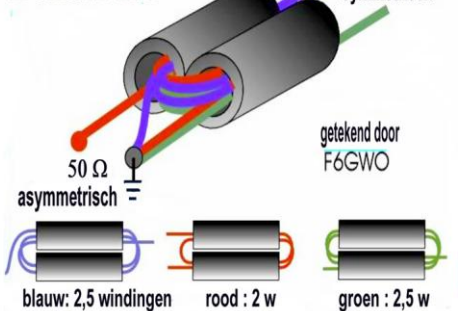


fig. 31

Als men de waarden van de tabel aanhoudt, mag de SGV de 1,5:1 niet overschrijden.

Als men niet over dikke geïsoleerde koperdraad beschikt, kan men ook wikkelen met geëmailleerde draad (of

meerdere daarvan in parallel gesoldeerd om de oppervlakte van de doorsnede te vergroten), die doorheen een dun teflon kousje gestoken is.

De ringkern(en) zelf kan (kunnen) beplakt worden met goed isolerende plakband, want bij bijvoorbeeld een 12:1 balun, kunnen gevaarlijke spanningen tot 2000 volt staan over de windingen, wanneer de SGV zou oplopen tot 3:1 aan de antennekant, en de kern zal dan ook opwarmen, liefst niet tot hij verzadigd is, want dan werkt de balun niet meer.

In een 1:12 uitvoering (hieronder besproken), wordt voor een 1:9 uitvoering een 1:1,33 unun geplaatst. Men kan deze ook vervangen door een zelfgemaakte 1:1 unun (asymmetrisch naar asymmetrisch), door volgens de volgende schematische voorstelling 2 windingen primair (50 ohm kant) en twee windingen secundair op de kern(en) te wikkelen:

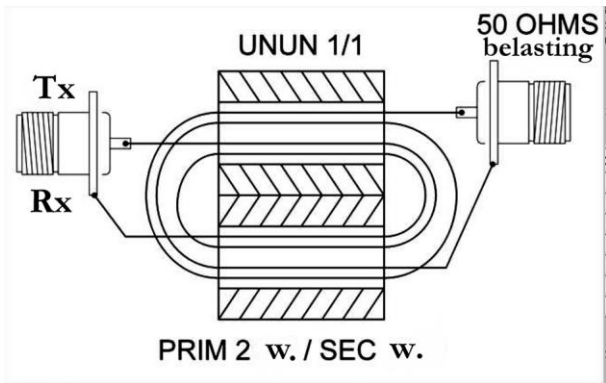


fig 32

Wenst men toch de puntjes op de i te zetten en een transformatieverhouding van 1:1,33 te bekomen dan kan men de secundaire wikkeling maken met 2,5 windingen.

Soms is het nodig een condensator van 10 tot 40 pf (met een werkspanning van 2000 V, bijvoorbeeld zilver-mica of keramisch) in parallel te plaatsen. Over de primaire wikkeling, om de SGV over de ganse gekozen frequentieband te verbeteren.

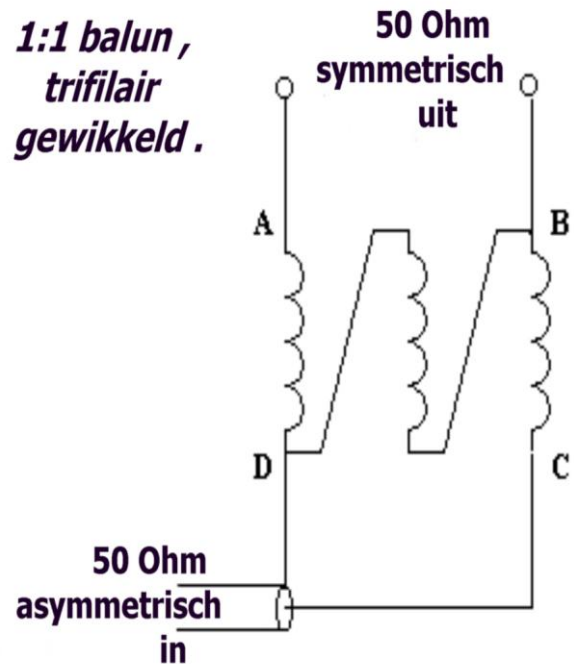
Alle vervaardigde baluns +unun(s) worden in een weer- en waterbestendige behuizing ondergebracht, waarin onderaan twee gaatjes van een halve centimeter diameter worden geboord om eventueel gecondenseerd water te laten afvloeien omdat dit corrosie zou veroorzaken.

**1:1 Balun (50 ohm asymmetrisch naar 50 ohm symmetrisch) voor het voeden van bijvoorbeeld een dipool voorafgegaan door een director of gevolgd door een reflector.**

De balun is trifilair gewikkeld met 7 windingen goed aangespannen AWG 12 geëmailleerde koperdraad op een 15 cm lange ferrietstaaf uit de afbraak van een oude draagbare radio. Na het wikkelen wordt het geheel omkleefd met een goede soort elektrisch isolerende plakband en ondergebracht in een PVC buis met bv. 4 cm diameter. Een SO-239 coaxiale connector wordt onderaan op een op de PVC-pijp passend (best: metalen) deksel gemonteerd, en bovenaan de pijp komt een deksel uit hetzelfde of een ander stevig materiaal, met zelftappende schroefjes vastgezet in de PVC, en indien men deze balun buiten wil gebruiken, bovenaan voorzien van een oogvijs om het geheel op te hangen aan de isolator in het voedingspunt van de antenne. Op de twee uitgangen van de balun werden oogjes gesoldeerd waardoorheen gee-koperen

schroeven gestoken worden, naar buiten gebracht via twee diametraal tegenover elkaar geboorde gaten in het bovenste deel van de PVC-pijp.

**1:1 balun, trifilair gewikkeld.**



**Voorbeeld van balun op epoxy printplaat .**



Fig. 33  
Onder de moeren van deze schroeven worden de goed blankgemaakte draaduiteinden van de te voeden antenne goed elektrisch geleidend gesoldeerd. Onderaan de volledig uitgevoerde balun wordt een gaatje geboord om eventueel

ingezijpeld water of neergeslagen waterdamp te laten wegvloeien.

Het geheel wordt overschilderd met groene verf boven een laag scheepsvernis om het geheel weerbestand te maken, indien bedoeld voor buitengebruik.

De twee deksels kunnen boven- en onderaan ook nog extra vastgezet worden met PVC-cement, dat is ook beter voor een betrouwbare afdichting tegen regeninslag.

### Enkele voorbeelden van 1:9 en 1:12 baluns voor het Sterba gordijn, de Bruce antenne en de ruit-antenne of Rhombic.

#### A) 1: 9 balun (50 naar 450 ohm ) als gewone transfo.

Een mogelijke praktische uitvoering van een 1 naar 9 omzetter, bestaat erin, hem als gewone transformator uit te voeren met twee wikkelingen: 10 primaire en 30 secundaire windingen.

Uit de theorie der transformatoren, weten we, dat de transformatorverhouding dan het kwadraat zal worden van 30/10 of 9, aldus een overgang van 50 ohm naar 450 ohm mogelijk makend. Dit kan zowel op een ferriet staaf als op een ferriet ring. In het laatste geval wordt de ringkern eerst met textiel geweven plakband omwikkeld.

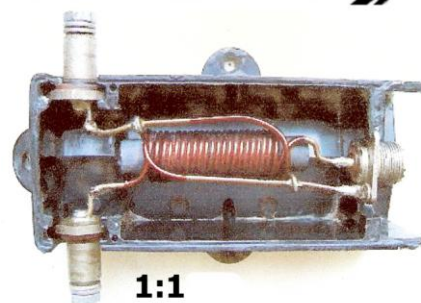
Vervolgens worden er 10 windingen geïsoleerde draad op gewikkeld, waarvan een der uiteinden de massaklem zal worden.

Deze koperdraad onder isolatie of geëmailleerd, is minstens 1 mm dik.

Tussen de twee klemmen van deze wikkeling zal de van de Tx/Rx komende 50 ohm coaxiale kabel aangesloten worden.

De 30 windingen van de secundaire wikkeling worden gelijkmatig over de kern gespreid, aan de buitenzijde van de eerste wikkeling, en in dezelfde wikkelzin.

Indien het praktisch gemakkelijker is, om de secundaire 30 windingen eerst te wikkelen, en dan de tien windingen van de primaire daarover te leggen, kan dat natuurlijk ook.



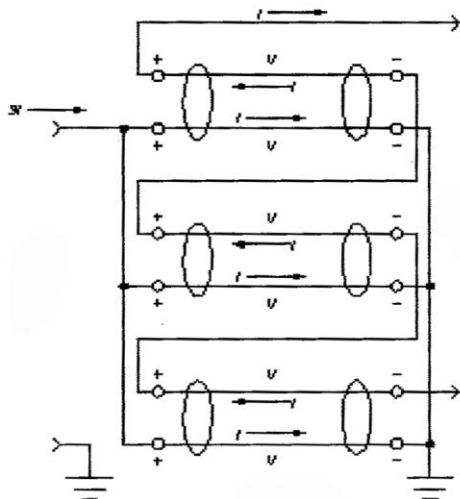
1:1 en 1:9  
BALUNS

Fig.34

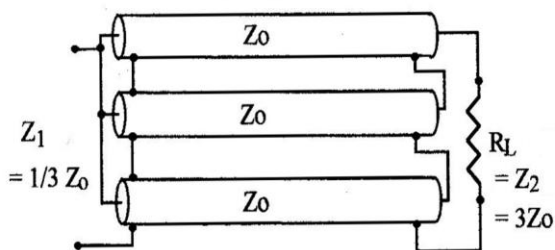
#### B) Transmissielijn - transformatoren (TLT).

Men kan baluns samenstellen of wikkelen met stukken transmissielijn. In wat volgt, zijn deze stukken aangeduid door hun karakteristieke impedantie  $Z_0$ , en praktisch gezien, kunnen dit lengten dunne coaxiale kabel zijn, zoals de RG58U die wel elke amateur in de shack of de garage liggen heeft. Teneinde ze op een ferrietkern te kunnen wikkelen, is het echter beter op zoek te gaan naar dunnere, soepelere coaxiale kabel, en die bestaat ook in diverse soorten zoals bijvoorbeeld de H/6E 75 ohm kabel van Pope die veel dunner is, maar voor onze doeleinden toch nog voldoende H.F. stroom kan voeren. De vraag stelt zich of sommige van die zogenaamde transmissielijnbaluns wel echte baluns zijn, of zijn het eerder ununs, omdat de buitenmantel van de onderste voedingslijn geaard is aan de buitenmantel van de voedende coax, dus ook de

onderste zagezegd symmetrische uitgang daardoor aan aarde ligt. De verschillende mogelijkheden om dergelijke H.F. transformatoren zelf te maken, moeten dus eerder kritisch bekeken worden, bij het schermen met benamingen zoals Guanella-“baluns” en andere transmissielijnuitvoeringen, op ferrietkern gewikkeld. Misschien is het daarom beter te spreken over ‘transformatoren’ of ‘omzetters’.



**Voorbeeld over het ontstaan van een 9:1 impedantie-balun, uit een 3:1 stroom-balun, beter gekend als TLT = Transmissie-Lijn-Transformator (in dit geval van de 3<sup>o</sup> orde).**



**Guanella transformator. Voorbeeld :  $Z_0 = 75 \text{ ohm}$ . Dan is  $Z_1 = 25 \text{ ohm}$  en  $Z_2 = 225 \text{ ohm}$ . Maar de transfo zet dan ook  $50 \text{ ohm}$  om in  $450 \text{ ohm}$  en is een 1:9 omzetter.**

Fig. 35

De figuur toont een typische Guanella transformator, waarin een aantal transmissielijnstukken met gelijke lengte, karakteristieke impedantie en verkortingsfactor, allen in parallel verbonden zijn aan het ene uiteinde en in serie aan het andere. Daardoor ontstaan er spannings-transformatieverhoudingen gelijk aan 4, 9, 16, 25, enz., (of hun omgekeerde: 1:4, 1:9, 1:16,

enz.) en gelijk aan de kwadraten van eenvoudige gehele getallen. Meestal zijn er nochtans andere verhoudingen wenselijk, en deze bekomt men door meerdere transformatoren in serie te plaatsen, waardoor echter de tussenschakelverliezen tussen in- en uitgang echter toenemen.

Als een stuk transmissielijn een kwart golf lang is (de verkortingsfactor in rekening gebracht), weten we dat ze als transformator werkt volgens de uitdrukking:  $Z_0 = (Z_1 * Z_2)^{0,5}$ , met andere woorden is de karakteristieke impedantie  $Z_0$  gelijk aan het meetkundig gemiddelde tussen de ingangs-impedantie en de belastingsimpedantie, en bij verliesvrije transmissielijnen, wat hier verondersteld mag worden gezien de korte stukken, gebeurt de vermogens-overdracht tussen primaire en secundaire, zonder verliezen:  $P_1 = P_2$  of  $(V_1)^2 / Z_1 = (V_2)^2 / Z_2$  waaruit  $(V_1 / V_2)^2 = Z_1 / Z_2$  of  $(V_1 / V_2) = (Z_1 / Z_2)^{0,5}$

**Voorbeeld van een transformator.** Hoe maakt men een transformator 50 ohm asymmetrisch naar 8 ohm symmetrisch met een spanningsverhouding van 5/2. Volgens de bovenstaande uitdrukking is  $(Z_1 / Z_2)^{0,5} = (50/8)^{0,5} =$  de vierkantswortel uit 25/4 of 5/2 bij een transformatie van 50 naar 8 ohms. Deze breedband 300 watt transformator werkt over een frequentiebereik van 2 tot 30 MHz hoogfrequent, en dit met een lage SGV=SWR. Hij zou kunnen gebruikt worden om een drie of vier element yagi beam met 1 reflector achter en 3 directoren voor de dipool te voeden, maar ook hier is weer wantrouwen (balun of unun?) gewettigd omdat de buitenmantel van de onderste kabel geaard is. Dit probleem kan men eventueel oplossen door aan de twee uitgangsdraden die naar de te voeden symmetrische antenne lopen, telkens een goede kwaliteitscondensator van 0,1 microfarad te solderen, of beter, er een 1:1 echte balun als symmetriseur achter te plaatsen. Hoe geraakt men aan 25 ohm kabel?

Door twee 50 ohm kabels parallel te solderen. Het mogen dan zeer dunne coaxiale kabels zijn, want door de parallel-schakeling is de stroomvoerende capaciteit verdubbeld. Elke kabel wordt met 10 windingen gewikkeld op een ferrietkern met 5 cm buitendiameter en een permeabiliteit van minstens 125.

### Opmerking:

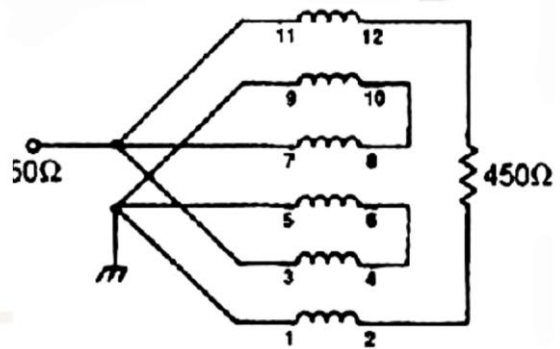
Dit is een betere oplossing dan een coaxiale kabel te gebruiken waarin twee parallelle geleiders binnen dezelfde afscherming zitten, want dan ontstaat er een potentiaal probleem. Inderdaad, bij een verliesvrije transmissielijn, is  $Z_0 = (\frac{L}{C})^{0,5}$  waarin:  $L$  = de serie zelfinductie per eenheid van lengte en  $C$  = shunt capaciteit per eenheidslengte. Omdat de twee geleiders in dit bijzonder geval evenwijdig naast elkaar liggen binnen de afscherming van de kabel, ontstaat er een niet gecompenseerde magnetische flux binnenin de ferrietkern waarop de kabel gewikkeld wordt, en deze vergroot de serie- zelfinductie  $L$  waardoor de  $Z_0$  vergroot in verhouding met de vierkantswortel van die verandering. Deze toename van  $Z_0$  is meestal groter dan 10 %. Men kan deze transformatoren ook wikkelen met gewone geïsoleerde draad, dus geen coaxiale kabel. In dat geval meet men de  $Z_0$  op het ogenblik dat de wikkelingen al op de kern gewikkeld zijn.

**De 1:9 (of 9:1) balun:** 50 ohm naar 450 ohm serie-parallel uitvoering.

In de Guanella 1:9 balun staan tweemaal drie transmissielijnen parallel aan de 50 ohm asymmetrische kant en in serie aan de 450 ohm zijde. Door de drievoudige opstelling, is de uitgangsspanning driemaal zo groot als de ingangsspanning, en de uitgangsstroom is een derde van de ingangsstroom. Daardoor wordt de impedantie-verhouding tussen uitgang en ingang  $3/(1/3) = 9$ . Er zijn uitvoeringen mogelijk met 1 ferrietkern of met drie kernen. Het wikkelinguiteinde van de eerste draad wordt verbonden met het begin van de tweede draad, enz. Litzedraad met gekleurde isolatie is geschikt om een goed overzicht te behouden op de verbindingen onderling.

Bij de uitvoering met 1 kern worden de geleiders met 9 tot 17 (meestal 11) windingen gelijktijdig en naast elkaar, of beter nog, met elkaar vervlecht, rond een (amidon) ringkern met een zo groot mogelijke diameter (liever 5 centimeter of meer, dan 3 centimeter) gewikkeld. Men kan bijvoorbeeld drie soepele gevlochten draden onder isolatie van 1 meter lengte nemen (of drie geëmailleerde koperen geleiders met minstens 1 mm diameter) en deze drie in een tres ineengevlochten (zodat ze goed gekoppeld blijven)

geleiders, mooi verdeeld over de ganse omtrek van de ringkern wikkelen.



1:9 balun, met drie boven elkaar gestapelde magnetische ringkernen: de onderste minstens 2 cm v.d. bodem verwijderd, tenzij kastje uit Al.

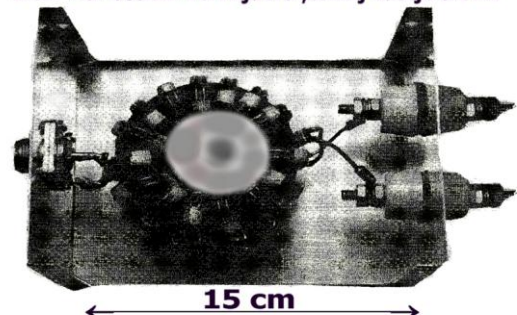


Fig. 36

Bij de uitvoering met drie kernen met draad onder teflon kous en 11 windingen per kern, worden deze met een tussenafstand van 1,2 cm boven elkaar gemonteerd.

Het frequentiebereik is vlak tussen 1,5 MHz en 470 MHz wanneer men 4C65 kernen van Philips gebruikt. De zin waarin de spoelen gewikkeld worden, vaak aangegeven met bolletjes op het schema, moet goed aangehouden worden. Waar twee bolletjes aan dezelfde zijde op een transfo staan, betekent dat: aan die kant vertrekken de beide wikkelingen tegelijkertijd en parallel. Omdat het hier gaat om zogenaamde TLT- (transmissielijn transfo) uitvoeringen, moet de met een meter gemeten lengte van elke rond de kern gewikkelde draad kleiner zijn dan  $0,05 * (\text{golflengte in de vrije ruimte})$ . Voor de decametrische banden is deze vereiste niet moeilijk aan te houden, behalve voor de 10 meter band, waar  $0,05 * 10 = 0,5$  meter.

Men monteert de balun in een plastieken kastje tegen gure omgevingstoestanden, of in een aluminium, dus niet magnetisch kastje.

Bestaat het omhulsel uit een magnetisch materiaal, dan moeten de kernen ver van alle wanden opgesteld worden, anders

worden de spoelen beïnvloed door de in de wanden opgewekte velden, met hysteresis- en wervelstroomverliezen.

### 1:9 balun volgens Philips ontwerp.

We stellen ons tot doel een 1 op 9 transformator te maken door 3 lijnen (gevlochten paren) van 150 Ohm op kernen te wikkelen. Zet ze aan de linkerkant parallel aan elkaar en aan de rechterkant in serie.

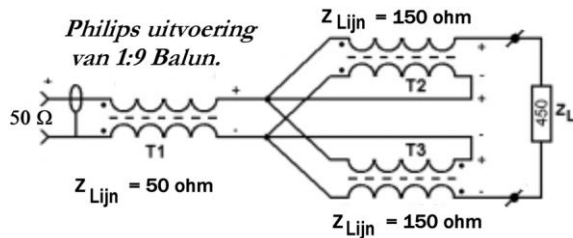


Fig. 37

Het ongebalanceerde of asymmetrisch signaal gaat eerst door een 1:1 balun (T1). Vervolgens worden twee 1:1 baluns gevoed (T2 en T3). De outputs worden in serie gezet, dus de spanningen worden opgeteld bij de oorspronkelijke spanning welke uit T1 komt. Het gevolg is dat op de uitgang, drie keer de ingangsspanning verschijnt. Over de transformatoren T2 en T3 staat de volledige drievoudige signaalspanning. Merk op dat de spanning welke over de kernen komt te staan daardoor veel hoger is dan in geval van een 1:1 balun. De ingang is dan 50 Ohm terwijl door het serieschakelen een belastingsimpedantie van 9 maal 50 Ohm = 450 Ohm ontstaat (1:9 impedantiestap).

De voorwaarde voor goed functioneren is dat de faseverschuiving welke ontstaat door T2 en T3 minimaal is. De fasedraaiing t.g.v. de looptijd door de 100 Ohm lijn van de onderste trafo moet liefst verwaarloosbaar zijn en alleszins kleiner dan 22.50. Als men zorgt dat de lijn lengte kleiner is dan 0,05 keer de golflengte voor de hoogste frequentie, dan zit men goed. Dus op de 20 m band bijvoorbeeld, mag de lijn lengte kleiner worden dan  $20 \times 0,05 = 1$  meter.

Men kan T2 en T3 op één kern wikkelen, mits men de aangegeven wikkelrichting aanhoudt.

Omdat in dit geval de fluxbijdragen van beide lijnen optellen (elkaar versterken), mag het aantal windingen per lijn met 40% verminderd worden.

Gebruik een kernmateriaal met in de gekozen frequentieband de hoogste permeabiliteit en bij voorkeur een lage Q factor.

Mogelijke uitvoeringen bestaan in het bewikkelen van 4C65 ringkernen met 7 tot 9 windingen, maximum 11.

Of T-200-2 ijzerpoeder ringkernen waarrond de windingen strak rond de kern gespannen, gewikkeld zijn. Voor T2 en T3 gebruikt men best in elkaar gevlochten lijnen. Als T2 en T3 op een enkele kern gewikkeld worden, mag men zoals vermeld, het aantal windingen met 40% verminderen, dus i.p.v. 11 windingen, 7 windingen.

<b>T200-2</b>	Zant. 80 m	Zant. 40 m	Zant. 20 m	Zant. 15 m	Zant. 10 m
3 x 11 wind.	16 Ω	32 Ω	65 Ω	96 Ω	130 Ω

<b>FT82-61</b>	Zant. 80 m	Zant. 40 m	Zant. 20 m	Zant. 15 m	Zant. 10 m
3 x 8 wind.	95 Ω	190 Ω	375 Ω	560 Ω	750 Ω

<b>FT82-43</b>	Zant. 80 m	Zant. 40 m	Zant. 20 m	Zant. 15 m	Zant. 10 m
3 x 8 wind.	400 Ω	800 Ω	1600 Ω	2400 Ω	3200 Ω

### 1:9 Spanningsbalun, vooral voor de

#### banden 7 tot 14 MHz.

De 1:9 balun die we trifilair willen wikkelen, zal breedbandig werken van 3,5



tot 21 MHz. We wensen over te gaan van 50 ohm asymmetrisch naar 450 ohm symmetrisch. Vermits de algemene regel is, dat men rekening houdt met vier- tot vijfmaal de antenne-ingangsweerstand op de laagst gekozen frequentie om de antenne niet te sterk te dempen, berekenen we de zelfinductie van de secundaire van de balun uit  $4 \times 450 = 1800$  (ohm) =  $\frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}{1800}$  of  $L = \frac{1800}{(6,28 \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot L)}$  waaruit  $L = (1800/43,96) \cdot 10^{-6} = 41 \cdot 10^{-6}$  H of  $41 \mu\text{H}$ . We kiezen een Amidon ferriet ringkern FT240-43 met een  $A_L = 1240$  mH per duizend windingen, waaruit:

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(6,28 \cdot 7 \cdot 10^6)^2 \cdot 41 \cdot 10^{-6}} = \frac{1000 \cdot 10^{-12}}{80,36} = 12,44 \cdot 10^{-12} \text{ F of } 12,44 \text{ pF}$$

We kunnen best een 5 pF tot 100 pF trimmer gebruiken.

Natuurlijk gaat dan op deze wijze een deel van de multiband werking van de balun verloren, en kan men vooral met lage SGV werken op de band rond deze centerfrequentie.

### Het zelf vervaardigen van een 1:9 balun volgens K3MT.

Omwikkel een T-200-2 magnetische ringkern met twee lagen polyester plakband. Gebruik #18 AWG draad, waarover isolerende kous geschoven wordt. Vlecht twee lengten door elkaar met een spoed van 1 draai per 3 cm, en lang genoeg om 11 windingen rond de toroidale kern te wikkelen, met uiteinden A1 en A2. Boven deze onderste laag, wikkel 8 windingen dikke draad, bijvoorbeeld een van de geleiders van een elektriciteitsnoer, en merk de uiteinden A3 en A4. Dit geheel moet ongeveer een derde van de omtrek van de magneetkern bedekken.

Herhaal deze werkwijze met twee gelijkaardige lagen over de andere twee derden van de kern verdeeld, en met uiteinden waarop briefjes geplakt zijn: B1 en B2, B3 en B4, C1 en C2, C3 en C4. Eens dat de procedure zo ver gevorderd is, verbindt op een goed elektrisch geleidende

$$N = 1000 \cdot \sqrt{\frac{0,041}{1240}} = 28,4 \cdot \sqrt{0,041} = 5,7$$

windingen.

Door een condensator in serie met de ingangswikkeling te solderen, kan men een te grote reactantie opheffen, door de seriekring van deze condensator en de primaire spoel in resonantie te brengen. Dan daalt de SGV tot 1.

In dit geval is daartoe een condensator nodig met capaciteit:

**Voorbeeld:** op 7 MHz met  $L = 41 \mu\text{H}$ , wordt C uit  $\omega^2 \cdot L \cdot C = 1$ :

manier:

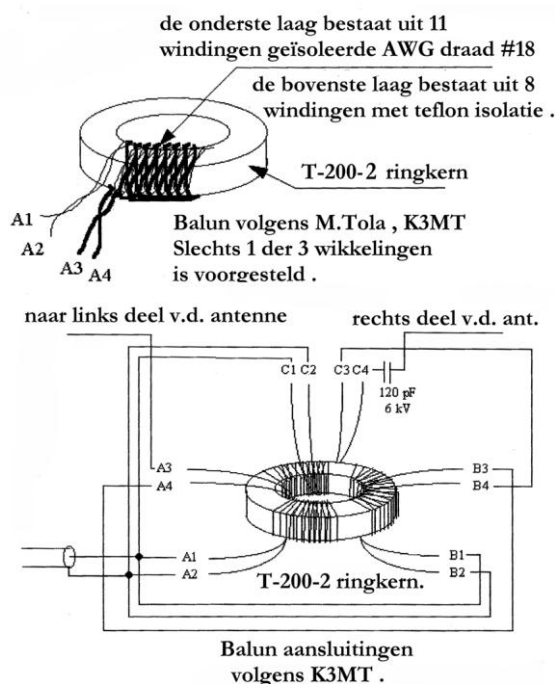


Fig. 38

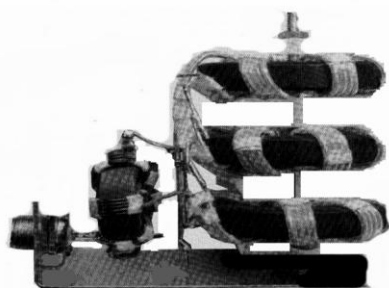
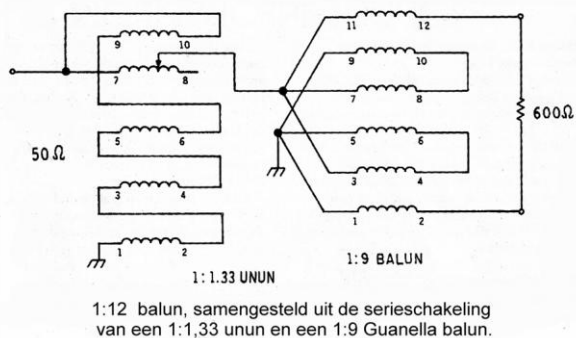
A1, B1 en C1. Deze uiteinden van de draden samen verbinden aan de centergeleider van de coaxiale kabel. Soldeer ook A2, B2 en C2 samen en leg hun gemeenschappelijk punt aan de afscherming van de coaxiaal.

Verbindt A3 met de linkse voedingsklem van de antenne (oorspronkelijk bedoeld voor het korte deel van een windom antenne), en A4 met B3, en B4 met C3. Leg C4 naar een 110 pF, 6 kV condensator. Verbindt het ander uiteinde van de condensator met de rechtse voedingsklem

van de antenne (oorspronkelijk bedoeld voor het lange deel van een windom). Het geheel is hieronder voorgesteld:

**De 12:1 (of 1:12) balun:** 50 ohm asymmetrisch naar 600 ohm symmetrisch. 1:12 baluns zijn al lang populair om rhombische (of ruit-) antennen en V-antennen te voeden. Deze twee soorten antennen kan men eenvoudig opstellen en ze hebben een breed (2:1) frequentiebereik. Een rhombic heeft een 800 ohm voedingspuntweerstand en een V-antenne: 600 ohm.

Men kan ze dus beiden voeden zonder verliezen met een zelfgemaakte 800 ohm of 600 ohm open lijn ofwel met enige verliezen, met een niet te lange 50 ohm (goede kwaliteit, dus geen RG8U maar RG213U of 216U) coaxiale kabel die uitmondt op een 1:12 balun. De hieronder beschreven breedband balun bestrijkt 3,5 MHz tot 30 MHz en bestaat uit een 1:9 Guanella balun in serie met een 1:1,33 unun (unbalanced to unbalanced: asymmetrisch naar asymmetrisch) 1 MHz tot 30 MHz.



Praktische uitvoering van de 1:12 balun met spoelen op 4 ferrietringen.

Fig. 39

De 1:1,33 (50 ohm naar 66,7 ohm) unun heeft vijf (quintifilaire) windingen op een 4 tot 5 cm diameter ferrietring met een permeabiliteit van 250 of hoger. De spoel 7-8 is gewikkeld met nummer 14 AWG (men kan geëmailleerde draad AWG nummer 14 of dikker gebruiken) en afgetakt op drie windingen vanaf het

uiteinde 7. De overige vier spoelen zijn gewikkeld met nr. 16 AWG draad, waarover eventueel nog een warmtebestendige krimpkous kan geschoven worden. De transformatieverhouding van 50 ohm naar 75 ohm blijft constant over het frequentiebereik van 1 MHz tot 30 MHz wanneer men een aftakking op een andere winding van de spoel 7-8 zou nemen. Het geheel van de balun wordt achteraf bedekt met een laag Scotch polyamide tape nr. 92 (of gelijkwaardige) goed elektrisch isolerende plakband.

De 1:9 op de foto voorgestelde balun bestaat uit zes spoelen, gewikkeld op drie ferrietringen met een buitendiameter van minstens vijf centimeter en een permeabiliteit van 250. De geëmailleerde draad is AWG nummer 14 of met grotere diameter, telkens 8 tot 11 windingen.

Kiest men 11 windingen, dan wordt het frequentiebereik aan de lage kant uitgebreid (van 7 MHz tot 3,5 MHz). De mooiste en beste oplossing, bestaat er in, vertinde of verzilverde (tegen huideffect op H.F.) draad te gebruiken, waar over de ganse lengte (bijvoorbeeld 1 meter) teflon kous geschoven is. De gemeten  $Z_0$  van de de wikkelingen bedraagt 190 ohm. Tussen de drie boven elkaar gestapelde kernen, is telkens 1,2 cm tussenafstand gelaten. Tussen de 50 ohm coaxiale kabel aansluiting (connector) en de symmetrische 600 ohm uitgang, bedraagt het tussenschakelverlies van de volledige balun slechts 0,25 dB. Wanneer men ferrietkernen gebruikt met een grotere permeabiliteit dan 250, daalt dit verlies tot 0,12 dB. Het is aan te raden, een dergelijke balun niet op te sluiten in een metalen kastje (magnetisch materiaal zoals ijzermagnetische beïnvloeding) maar in een plastieken (of aluminium) omhulsel tegen regeninslag en als mechanische steun en bescherming. Merken we tenslotte op, dat deze 1:12 balun de ingewikkeldste is van alle baluns die we zelf kunnen maken. Bijvoorbeeld de 1:1, 1:4, 1:6, enz. breedbandbaluns zijn veel eenvoudiger en praktisch allen uitvoerbaar met slechts 1 ferrietring.

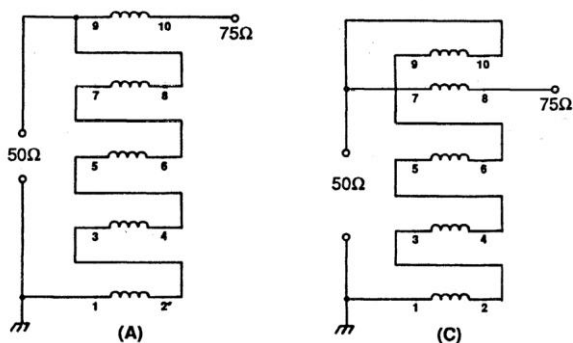
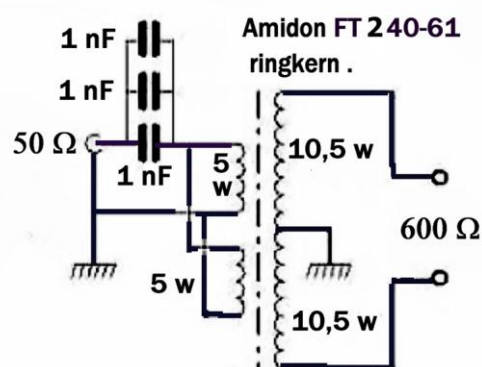


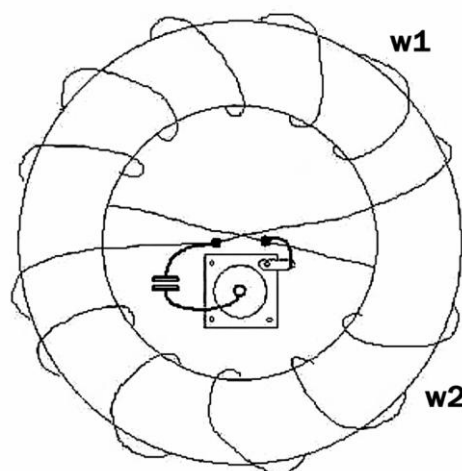
Fig. 40

### 1:12 balun voor Sterba of ruitantenne.

Een ruitantenne of rhombic, is een symmetrische antenne die men het best kan voeden met een transmissielijn die bestaat uit een 600 ohm of 800 ohm zelfgemaakte kippenladder uit dikke koperdraad met teflon of gecreosoteerde en verniste hardhouden afstandsstukken op regelmatige afstanden tussen de twee geleiders. Een dergelijke constructie is sterk genoeg om te weerstaan aan de hevigste windvlagen en schuin invallende regenstortbuien. Bovendien kan een dergelijke antenne kilowatts verwerken, hoewel dit voor ons amateurgebruik niet nodig is, daarbij overwegend dat de antenne bij luisteramateurs enkel voor ontvangst gebruikt wordt. In plaats van te voeden met een kippenladder tussen de Tx/Rx en de antenne, kan men ook een balun maken, die bestaat uit twee bewikkelde en samen-geplakte ringkernen, waarvan het frequentiebereik meestal beperkt is tot de banden tussen 7 en 30 MHz, zonder dat men moet vrezen voor oververhitting van het kernmateriaal. De windingen van de spoel, kan men zodanig wikkelen dat het beste compromis bereikt wordt tussen een zo goed mogelijke inductieve koppeling en de geringst mogelijke ongewenste capaciteit tussen de windingen. De primaire van de HF transformator wordt aangestuurd via een seriecondensator, waardoor een resonantie op de laagste werkfrequentie mogelijk is, bij een geringe Q-factor. Hierdoor kan men de balun ook met een kleiner aantal windingen wikkelen, waardoor een betere weergave op de hoogste frequenties ontstaat, met een vlakke frequentie karakteristiek, tot zelfs boven de 30 MHz.



50 ohm asymmetrisch naar 600 ohm symmetrisch balun . De 1 nF condensatoren zijn uit propyleen.



De twee wikkelingen w1 en w2 elk gespreid over een halve omtrek , worden hard aangespannen op de kern gewikkeld , en hun respectievelijke uiteinden parallel geschakeld .

Fig. 41

Als kern werd de Amidon type FT-340-61 gekozen. Ander ferriet kernen met een even goede kwaliteit ferriet, zijn ook bruikbaar, terwijl ijzerpoederkernen voor deze toepassing niet geschikt zijn. De primaire van de transformator bestaat uit twee in parallel gesoldeerde wikkelingen, die elk bestaan uit 6 windingen geëmailleerde koperdraad met 1,3 mm diameter (= 18 swg). Elk van de tweemaal 6 windingen wordt gelijkmatig gespreid over een halve omtrek van de kern, met ongeveer dezelfde afstand tussen elke winding, waarna ze parallel geschakeld worden met de juiste fasering. De volgende figuur verduidelijkt dit en het wikkelschema van de balun:

Een uiteinde van de parallel geschakelde primaire wordt gesoldeerd naar de massa van 50 ohm connector, terwijl het ander uiteinde over een 3 nF goede kwaliteit condensator, gelegd wordt naar de binnengeleider van deze connector.

De 3 nF condensator kan samengesteld worden uit drie in parallel geschakelde 1000 pF 3000 V polipropyleen condensatoren of een enkele 3300 pF, 500 V zilvermica condensator. Deze blokkeert ook een eventuele gelijkstroomcomponenten.

De secundaire wikkeling van de balun transformator bestaat uit 21 windingen die gelijkmatig over de omtrek van de kern gespreid worden. Deze secundaire wordt in het midden voorzien van een aftakking, met 10,5 windingen aan elke zijde van de aftakking. De middenaftakking wordt dan goed elektrisch geleidend verbonden met het geaarde uiteinde van de primaire. Hiervoor wordt een zo kort mogelijke geïsoleerde draad gebruikt, die bestaat uit meerdere vervlochten geleiders uit blanke koperdraad. Geen enkele draad gebruiken, wegens het skin- of huideffect, en anders krijgt men een slechte weergave op en boven MHz. De secundaire wikkeling wordt goed spannend boven de primaire gewikkeld en met een goede kwaliteit weerbestendige plakband omkleed. Het geheel van de balun wordt vervolgens ondergebracht in een waterdichte plasticen doos die met twee componentenlijm dichtgeplakt wordt, na boringen gemaakt te hebben, waar doorheen geelkoperen schroeven met moer en contramoer aangebracht werden voor het aansluiten op de 600 ohm klemmen van de antenne. Men kan als extra aanvulling tussen deze twee koperen schroeven, voorzien van soldeerlipjes

binnen de behuizing, ook nog een gasgevulde bliksemafleider aanbrengen, namelijk tussen elke 600 ohm aansluiting en de massa, teneinde de balun niet te laten vernietigen door een eventuele blikseminslag. De geaarde middenaftakking is belangrijk voor het afvoeren van statische ladingen, die door een overslag zouden kunnen veroorzaken.



Foto van de 1:12 balun , toont enkele constructie-details .

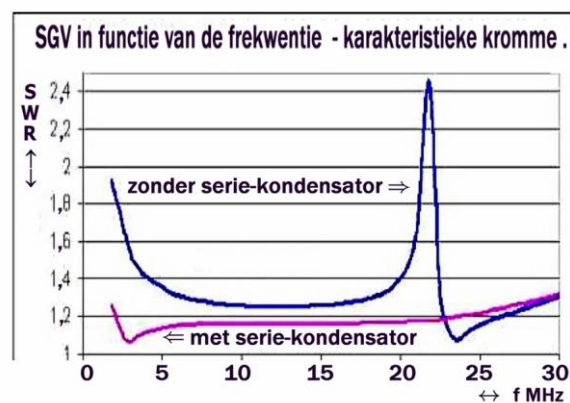


Fig. 42

### Geraadpleegde werken, bibliografie.

1. 15 m, 3-section Sterba Curtain, door VE1TG.
2. 1,8 Mc to 30 Mc Sterba, door N0KHJ.
3. 10 m Sterba, door W4RNL.
4. The VK4SS Sterba.
5. Transmission line transformers door KB2Z, Donald A. McClure, in Communications Quarterly zomer 1997.
6. Homemade HF Antenna Balun DOOR Steve Yates - A A 5 T B , IN WORLD PRESS, NOVEMBER 2004.
7. Low-cost 00:50 Ohm
8. (1:12 balun) door ZL6QH en Andrew Corney, ZL2BBJ.
9. Amélioration de baluns, door VE2/F4GKA, Guenaël Jouchet, in Radio & Wifi
10. Construction de baluns pour les bandes 1,8 à 30 MHz, door 50F1FRG en F6GWO.
11. Probleme des Einsatzes eines Balun 1:9, door DG0SA
12. Baluns door HB9CTP.

13. Transformateurs d'adaptation pour antennes, door F1LMO, Régis.
14. Baluns 1:1, 1:4, 1:9, in qsl net, door ON6MU, Guy.
15. Baluns door PD7MAA: ringkernen testen.
16. 4C6 kernen voor baluns, door PI4NOV.
17. Praktische uitvoeringen van 1:9 baluns, verwezenlijkt door ON5JI en PA3GER.
18. Les tores dans les baluns; les bobinages HF sur tore ferrite; les tores dans les baluns; caractéristiques de quelques tores Amidon; les tores ferrite 4C6(5):

*de auteurs en deze publicaties zijn niet meer terug te vinden. Dat geldt trouwens voor een groot aantal van de referenties op deze pagina, waarvan een aantal oorspronkelijke vermeldingen niet meer te achterhalen zijn. Sorry, we doen ons best om aan allen die zich inspanden om iets nuttigs te publiceren, de vermelding te geven waarop ze verdiend recht hebben.*

19. Baluns door ON7FU.
20. The simple Z-match tuner simplified, door Lloyd Butler, VK5BR, in Amateur Radio april en mei 1993, in de Adelaide Hills Amateur Radio Society Newsletter July/Aug. 1999, en heruitgegeven in Amateur Radio juni 2001.
- 21 Les coupleurs d'antennes universels 1 à 50 MHz, door F3UE, Robert.
- 22 Verschillende artikels over baluns op het internet.

# De windom

door ON4AW, Willy Acke

*Een gedetailleerd artikel over deze antenne werd in september 1929 in QST gepubliceerd door Loren G. Windom W8GZ.*

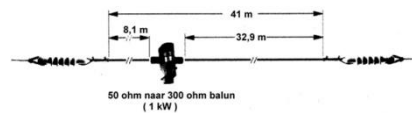


fig!1

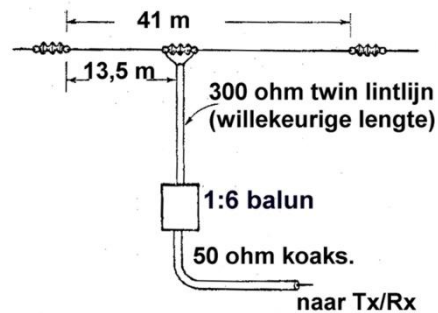
Een OCF = off center fed, dus niet meer in het midden gevoede dipool werd besproken, acht jaren later erkend als multiband antenne. Dit laatste was in de oorspronkelijke versie niet het geval, omdat W8GZ in zijn eerste uitvoering, de antenne voedde met een enkele verticale draad die parasitair straalde in het geheel van de opstelling, zodat dit in wezen vooral een verticale antenne was met een asymmetrische topcapaciteit, dus een variante op een T-antenne met dat verschil dat de golven op het horizontaal gedeelte elkaar slechts gedeeltelijk ophieven, wegens het asymmetrisch voeden, niet in het exacte midden van de horizontale draad. Het werd pas een volwaardige OCF wanneer men ze voedde met een breedband (ferriering) balun waarvan de

twee uitgangsklemmen aangesloten worden op de ongelijk lange delen L1 en L2 van de antenne, en de ingang op de voedende coaxiale kabel. In 1937 werd de windom voor het eerst beschreven als een multiband antenne voor de 80, 40, 20 en 10 meter banden met het voedingspunt op 3/8 (later zou dit 1/3 worden) van de totale lengte en gemeten vanaf een der uiteinden van de horizontaal gespannen halve golf antenne.

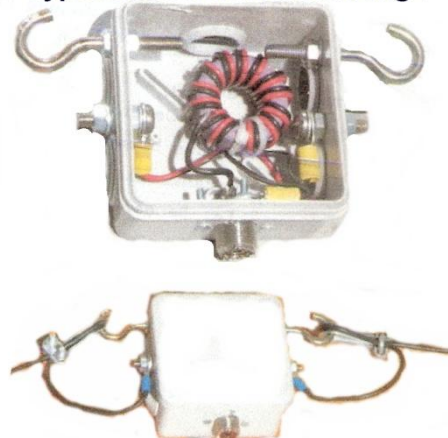
Vanaf 1971 werd de antenne in Duitsland verkocht als FD4, door DJ2KY, Fritz Spillnerl, die een firma had opgericht, 'Fritzel Werke', van dan af allerlei antennen producerend, die allen uitgerust waren met baluns om ze symmetrisch te kunnen voeden via een asymmetrische coaxiale 50 ohm kabel.



De ON4BAA windom. Deze OM gebruikt als antenne soepele VOB draad met 51 vertinde door elkaar gevlochten koperen geleiders.

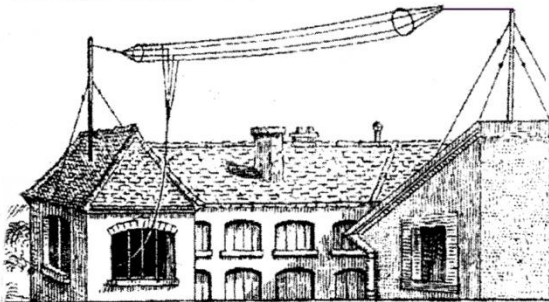


Typische balun in behuizing :



fig!2

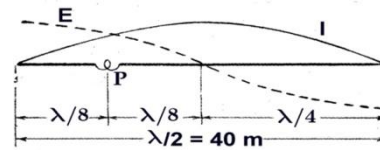
De windom werkt het best op oneven harmonische, omdat het midden van de antenne dan een stroommaximum vertoont, zoals de in het symmetrisch midden gevoede halve golf dipool. Op even harmonische frequenties, vertoont het midden een stroomminimum, dus een hoge impedantie, wat een ongunstiger karakteristiek oplevert, ook op andere plaatsen van de dipool buiten het midden, waar de windom excentrisch gevoed wordt.



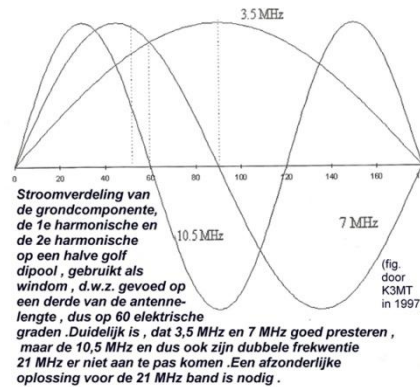
fig!3

**De WOWO antenne:** in Radio and TV News van februari 1950 geeft WOWO een beschrijving van zijn antenne, die bij nadere beschouwing goed op een windom lijkt. De neerslag van dat artikel, vinden we ook terug in Electron van de Veron, jaargang 1952. De redenering in beide beschrijvingen is de volgende: in een halve golf antenne is het verloop van stroom en spanning als in de volgende figuur. Hieraan zien we dat de impedantie in het midden van de antenne minimaal is (in theorie nul, in de praktijk 73 ohm) omdat de stroom maximaal is en de spanning minimaal. Aan de uiteinden echter is door toepassing van de wet van ohm, door de deling van de grote spanning door de praktisch nul stroom, de impedantie groot, in theorie oneindig, in de praktijk rond de 4000 ohm. In een willekeurig punt van de antenne, zal de impedantie dus een waarde hebben die ligt tussen de genoemde uiterste waarden. Wordt de antenne aangestoten door een van harmonische, bijvoorbeeld door de

tweede, dan krijgen we een andere spanning- en stroomverdeling op de draad of de buis, met telkens een andere impedantie in een ander gekozen punt.



**Stroom- en spannings-verdeling op een halve golf dipool voor de 80 m band, met voeding in het punt P op  $\lambda/8$  van een uiteinde, dus in een bijzondere windom-uitvoering.**



Fig!4

De grafiek geeft de stroomverdeling weer van een windom die men voedt in het 60 graden punt, dus een derde van de totale 180 graden waarin de horizontale lijn, dus de abscis, geijkt is. Wanneer men voedt op een derde van de totale lengte, gemeten vanop een uiteinde, bestaat daar noch een spanningsknoop, noch een spanningsbuik. Terwijl de antenne prima werkt op de 80 meter band, dus 3,5 MHz als grondcomponent, lukt dit ook nog goed op de 40 meter band (de 7 MHz stroom in het 60 graden punt is nog vrij groot) maar het is een stuk slechter gesteld met de hogere harmonische zoals de derde:  $3 \times 3,5 = 10,5$  MHz en op de 21 MHz (niet voorgestelde kromme). Teneinde deze toestand te verbeteren, kan men de voedingslijn bijvoorbeeld aansluiten in een punt op 52 graden i.p.v. op 60 graden (60 graden is een derde van de totale lengte). Het niet in het midden voeden van de draad, maar ergens op een asymmetrische plaats, heeft een grote invloed op de vorm van het stralingsdiagram. Het horizontaal stralingsdiagram wordt bepaald door de fasebetrekkingen tussen de stroom en de spanning in de verschillende punten van de antenne, en

deze eigenschap bepaalt ook of de antenne een broadside- (hoofdstraling loodrecht op de antenne) of een endfire (hoofdstraling in de langsrichting van de antenne) karakteristiek zal verkrijgen.

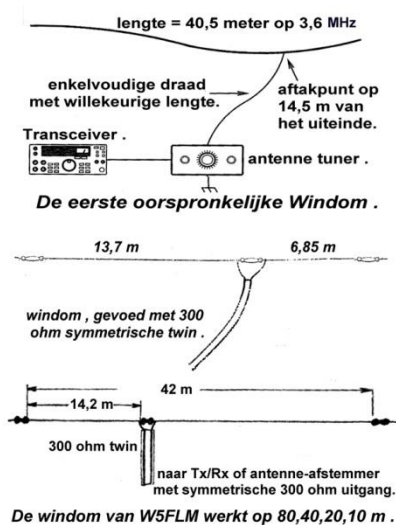
Bij elke windom antenne verbetert het ingraven van een aantal samenkomende radialen als tegengewicht onder de antenne, de stralingskarakteristieken, en deze oplossing wordt zeker aangeraden wanneer men de windom niet met een kabel en balun, maar met een enkele draad zou voeden zoals in de oorspronkelijke 1929 opvatting van W8GZ.

WOWO heeft een halve golf antenne gemaakt voor de 80 meter band, telegrafiegedeelte, 41 meter lang. (wie phonist is, kiest korter).

Hij heeft met de spanning- gedeeld door de stroom- resultaten in de verschillende punten een grafiek gemaakt met de impedantie die hij berekende in verschillende punten van de antenne.

Hij is tot het besluit gekomen, dat er een punt is, waar op de vier decametrische banden 80, 40, 20 en 10 meters, telkens 265 ohm gemeten wordt. Dat punt ligt op de 41 meter lange geleider, op 13,8 meter van een uiteinde, dat is op 0,33 of ongeveer een derde van de totale draadlengte.

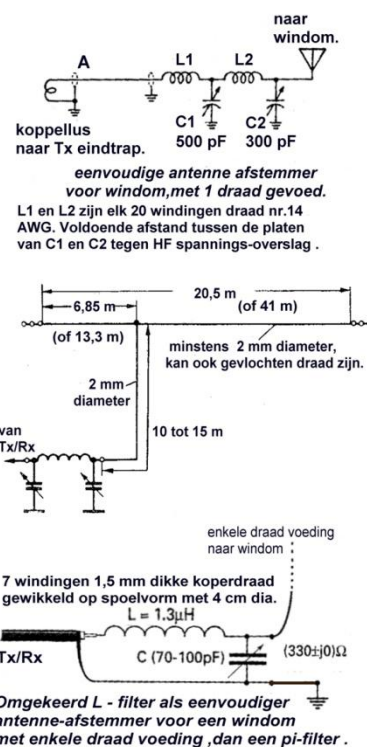
Wanneer hij daar de antenne voedde met een 300 ohm lintlijn, bekwam hij op de vier vermelde banden een zeer goede SGV, en wel zonder dat er ook maar enige afstem- of aanpassingsschakeling nodig was.



Fig!5

## Aanpassingsnetwerk voor een windom, gevoed met een enkelvoudige verticale draad, geen coaxiale kabel met balun.

De onderstaande aanpassingsnetwerkjes zijn niet alleen bruikbaar voor een windom, maar ook voor andere draadantennen, die gevoed worden op een uiteinde. Een veel gehoorde klacht, na het installeren en opstellen van een antenne, is: "de antenne wil maar geen stroom trekken van de zender". De uitgangsimpedantie van de zender is dan niet aangepast aan de voedingspuntweerstand van de antenne. Een eenvoudige oplossing bestaat er dan in de 50 ohm voedingskabel die vertrekt van de uitgang van de zender, met korte stukken kabel, die op het ene uiteinde een mannelijke connector hebben, en op het andere een vrouwelijke, beetje bij beetje te verlengen. Meestal zal dit een verbetering opleveren, en men kan op het diagram van Smith zien, waarom. Een andere oplossing bestaat er in een netwerkje te gebruiken, dat als antenne afstemmer zal werken, en waarvan de belangrijkste componenten een of twee spoelen zijn, of een spoel met aftakkingen, en een of twee regelbare condensatoren:



fig!6

L1 en L2 bestaan elk uit 20 windingen dikke koperdraad, zo mogelijk vertinde of verzilverde, maar geïsoleerde of geëmailleerde draad werkt ook. Diameter van de spoelen: 3 centimeter, maar wie



nog spoelen liggen heeft uit de legerzet BC399, kan die gebruiken met het voordeel dat ze inplugbaar en verwisselbaar zijn in een keramische voet. In het punt A meet men een hoge impedantie, die naar beneden getransformeerd wordt door de condensatoren C1 = 500 pF en C2 = 300 pF met een vrij grote spatieëring tussen de draaibare en de vaste platen, tegen hoogfrequente overslag op de vrij hoge spanning die erover komt te staan.

Een eenvoudiger Collins-filteruitvoering maakt gebruik van slechts 1 spoel en dezelfde condensatoren C1 en C2. Kiest men de lengte van de verticale voedingsdraad gelijk aan tien tot vijftien meter, bij een ongeveer 20 meter lange antenne voor de 40 meter band, dan werkt deze op de 80 meter band niet als windom, maar als verticale straler met topcapaciteit, die met het Collinsfilter in resonantie kan gebracht worden. Op de 40 meter band verkrijgt deze antenne echter wel een windomwerking.

Men kan een dergelijke tuner natuurlijk ook zelf maken. De impedantie gemeten in het voedingspunt, zal (300 +j0) ohm zijn op 14,15 MHz en gebruikt men de antenne op de tweede harmonische, dus op de 10 meter band, dan zal die impedantie licht reactief worden, in de aard van (300 + j80) ohm. (beiden gemeten met een hoogfrequent meetbrug). De antenne heeft in deze omstandigheden (of wanneer men de lengte van de voedingsdraad gelijk kiest aan een oneven aantal  $\lambda/2$ : zelfde resultaat) een SGV=1:1,2 over een zeer brede frequentieband, hetgeen dus goed meevalt. In de veronderstelling dat men de verticale feeder niet gelijk kan maken aan een halve golf of een oneven veelvoud daarvan, zal de antenne niet zuiver horizontaal gepolariseerd stralen, maar in gemengde modus, waarvan nochtans de horizontaal gepolariseerde component overwegend blijft.

In de shack zet men een zelfgebouwde antennetuner best niet te dicht bij de operator, want de afstemmer zal hoogfrequent afstralen. Afschermen kan natuurlijk ook, in een niet al te kleine afschermdoos uit ijzer (geen koper of aluminium).

In uitvoeringen van de afstemmer met afgetakte spoel, kan men als spoel een rolspoel gebruiken, waar bij het rond haar as draaien, een metalen aftakwielje over de verzilverde draad rolt, of wanneer een dergelijke uitvoering niet beschikbaar is,

kan men aftakpunten op de spoel solderen naar de contacten van een keramische schakelaar, die toelaat de gunstigste afstempositie te zoeken met de kleinste SGV. Dergelijke spoelen bevonden zich ook in de BC375 voor degenen onder ons, die nog een dergelijk surplus unit zouden liggen hebben.

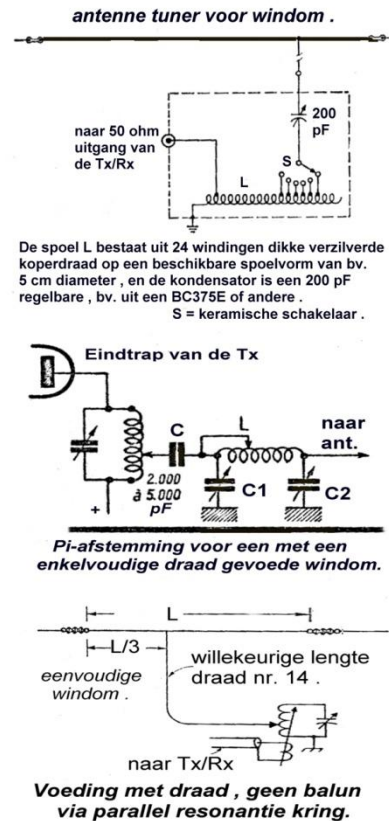
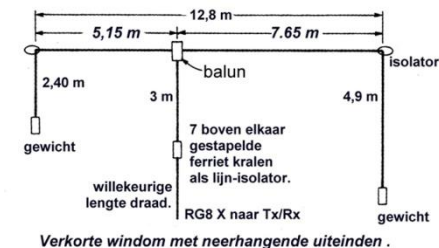


fig17

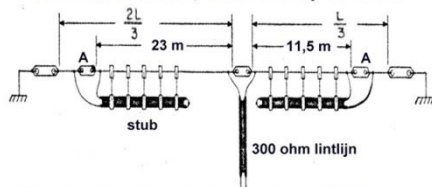
In de onderste figuur is de secundaire winding van een eenvoudige hoogfrequent transformator voorgesteld, waarmee een primaire spoel gekoppeld is, waar een 50 ohm coaxiale voedingskabel op uitgeeft. Voedt men de windom met 1 enkele verticale draad, dan kan men de stroomgolfverdeling daarop nagaan door er een 90 cm lange geïsoleerde draad met in het midden een HF ampèremeter of een lampje gesoldeerd, langs te verschuiven. Door de magnetische koppeling zal er een e.m.k. geïnduceerd worden in de 90 cm en de meter zal min of meer uitslaan of het lampje zal oplichten, afhankelijk van de plaats. Het bevestigen en verschuiven is praktisch mogelijk door de geleider evenwijdig aan de draad (of zelfs aan een laaghangende antenne om daarop de stroomverdeling na te gaan) te bevestigen met houten wasspelden.

Wenst men een bepaalde frequentieband te bevoordeligen ten opzichte van de rest, dan kan men door de verschuiving soms terecht komen in een gunstigste voedingspunt dat niet op een derde, maar bv. op een achtste ( $\lambda/8$ ) van een uiteinde ligt.

### Een windom voor de klein behuise.



Verkorte windom , werkt ook op 21 MHz .



- 1) de figuur is niet op schaal getekend .
- 2) de totale lengte van de windom kan gekozen worden tussen 34,5 m en 42 m . Dan werkt ze goed op de 80,40,20 en 10 m banden .
- 3) Ze zal ook werken op 15 m of de 21 MHz band door de voorgestelde stub aanpassing, waarbij twee stubs opgehangen zijn aan de  $L/3$  en  $(2/3)L$  lange draden van de windom. Met het niet kortgesloten uiteinde zijn de stubs gesoldeerd over de isolatoren A .

fig!8

Voor degenen die slechts een kleine tuin hebben of een zolder die een tiental meters lang is, kan men een windom ophangen met de uiteinden geknikt tot vertikaal naar beneden hangende draden die eindigen op een isolator met daaraan een gewicht.(om het even wat, een baksteen kan ook dienen). In dit geval wordt de windom opgesteld als een zogenaamde bobtail antenne. Het is ook mogelijk een windom echt te verkorten door capacitief belastende stubs, via isolerende tussenstukken, evenwijdig met de antennedraden op te hangen. Dit laat trouwens toe, de windom ook te laten werken op de 21 MHz band, hetgeen bij de meeste windoms niet mogelijk is:

### De vijfband windom van W9GJY.

Uit de bovenstaande oplossingen voor het ophangen van een windom, is gebleken dat deze antenne het slechtste presteert op de 21 MHz, dus de 15 m band. W9GJY heeft daar iets opgevonden, door de beide benen

uit te breiden met twee op het uiteinde kortgesloten stubs die elk bestaan uit een lengte 300 ohm twin volgens de bovenstaande uitvoering.

De weerstand in het voedingspunt bedraagt 300 ohm en de auteur van deze opstelling voedt de antenne dan ook via een 300 ohm twin. Men zal dus ter plaatse van de de Tx/Rx moeten beschikken over een antenneaanpasser met niet alleen een coaxiale 50 ohm uitgang, maar die ook een 300 ohm symmetrische uitgang heeft. De antenne is 34,5 m lang en ze wordt gevoed op een derde van een der uiteinden, van de totale lengte. Deze laatste lengte zou bij een gewone multiband windom 40,5 m bedragen hebben, maar een verkorting wordt mogelijk door het aanbrengen als verlengstukken van de twee stubs die een kwart golf lang zijn op de gekozen centerfrequentie in de 21 MHz band. Ze kunnen vervaardigd worden, door twee stukken twin van elk vier meter lengte klaar te snijden, en de uiteinden van elk kort te sluiten (solderen). Koppel de spoel van een griddip of transistordip oscillator losjes aan enkele centimeters van het kortgesloten uiteinde, en knip centimeter per centimeter af van het andere open uiteinde, tot de GDO bv. 21,2 MHz aanduidt. De stubs worden nu met stand-off isolatoren, gemaakt van lamellen, die uit een polyesterplaat gezaagd zijn, bevestigd aan de eigenlijke antenne. Deze windom zal op de 5 decametrische banden, de 15 m band inbegrepen, goed presteren met een lage SGV op alle frequenties.

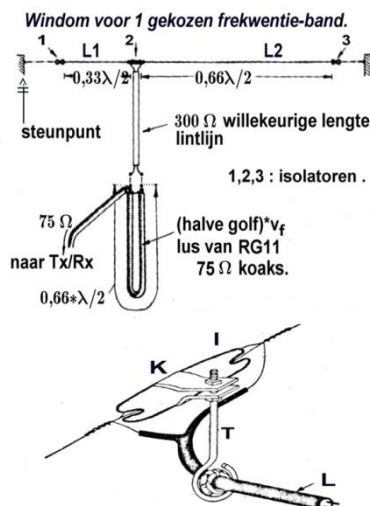
### Een windom antenne, voor 160, 80 en 40 m.

In "the original windom multiband antenna" door Glynn E.B. Rogers, K4ABT, schrijft deze: dit is een goede multiband antenne als OCF= 'off centre fed dipole', met voedingspunt 33 % uit het midden op een plaats die dichtbij de 240 ohm voedingsweerstand vertoont, die we juist wegens de multiband eigenschap, het best kunnen voeden met een ferrietkern breedband balun met verhouding 1:4 of beter 1:6 (= 50 ohm x 6 = 300 ohm). Voedt men via een dergelijke balun, dan heeft men geen antenntuner nodig.

Er zijn natuurlijk altijd wel OM's geweest die wel een antenneafstemmer gebruiken en de windom rechtstreeks voeden met een coaxiale kabel, maar dan is heel het systeem naar de vaantjes, en de coaxiale kabel straalt met BCI en TVI, maar de

antenne zelf straalt (en ontvangt) bijna niet meer.

Dezelfde opmerking geldt voor het voeden van deze en andere (symmetrische) antennen met een coaxiale kabel gevolgd door "gebruik tussen het kabeluiteinde en het voedingspunt van de antenne enkele windingen coax als balun": totaal onwetenschappelijke onzin, of idem via een "mantelstroomspoel", een flauw gedoe in dezelfde zin, door degenen die te lui zijn om een echte balun te wikkelen, en waar spijtig genoeg in amateurtijdschriften en op het internet onterechte reclame voor gemaakt wordt. Wie geen balun wil wikkelen en gebruiken, vergeet best de multiband windom. Daarom beschrijven we in het artikel dat op dit volgt, hoe men baluns voor het voeden van een windom zelf kan vervaardigen.



Metalen klem K rond de isolator I in het voedingspunt van een windom laat d.m.v. televisie-isolator T toe, een lintlijn L van de firma Belden: "300 ohm celluline" goed te ondersteunen. Past men deze soort rechtstreekse 300 ohm voeding toe, dan is er bij geen enkele windom een balun nodig. Natuurlijk lukt dit ook met andere 300 ohm twins.

fig!9

Teneinde zowel het telegrafie- als het phone gedeelte van een bepaalde (één enkele dan) hoogfrequent band te kunnen bestrijken, kan een zeker bijtrimmen in lengte van de delen L1 en L2 nodig blijken. Hierbij begint men met een iets langere lengte dan berekend, en overdrijft dan niet met het bijknippen, dus het verkorten van beide uiteinden, want hierdoor kan de  $SGV=SWR$  opnieuw vergroten. Men dient hierbij evenredig tewerk te gaan, dus wanneer men bijvoorbeeld van L1 zes

centimeter verwijderd, dan van L2 drie centimeter.

Wanneer de afmetingen van een voorgestelde windom gelden voor de telegrafiebanden, dan mag ze voor telefonie, korter getrimd worden. Een windom kan eventueel opgehangen worden als omgekeerde V-antenne, voor zover de ingesloten hoek tussen de twee benen L1 en L2 niet kleiner wordt dan 90 graden, anders gaat vooral de component van de horizontale polarisatie verloren. Bovendien moeten de benen meer dan 1 meter verwijderd blijven van elke begroeiing zoals boomtakken, struiken en metalen voorwerpen.

Deze vergroten de capaciteit t.o.v. de aarde van de antenne, zodat de HF straling opgeslorpt en kortgesloten wordt naar aarde, en het rendement van de antenne verkleind. Voor een werking op 160 meters moet de totale lengte L1+L2 79 tot 80 meters bedragen. Ook deze antenne wordt gevoed via een breedband balun. Het maximum toegelaten vermogen is bij een ferrietkern met minstens 4 centimeter diameter, 1200 watt PEP, meer dan voldoende.

Wenst men met een windom vooral op 1 enkele band te werken, dan kan men de gekende transmissielijn balun toepassen met een stuk gebogen coaxiaal, een halve golf lang (vermenigvuldigd met de verkortingsfactor, meestal 0,66).

Een dergelijke balun is echter niet zeer breedbandig en beperkt dus de multiband mogelijkheden van de windom.

### De omgekeerde V-windom van IK0IXI.

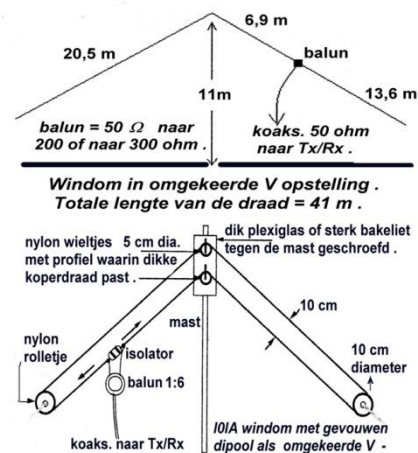


Fig 10

Deze antenne straalt en ontvangt praktisch onmindirectioneel op 80 m en 40 m, maar op 14 MHz en 28,5 MHz bestaat er een uitgesproken directionele straling.

De afmetingen van de twee benen bedragen 13,6 m en 27,4 m of 12,45 m en 28,95 m, dus samen 41,4 m, dit is een halve golf in het CW-gedeelte van de 80 m band. Aan dezelfde centrale mast, kan een omgekeerde V opgehangen worden, die op de 20m en 10 m banden beter presteert met afmetingen 13,6 m en 27,4 m. Alle antennen worden gevoed via een 1:6 of 1:4 balun.

Volgens Buxcom die commerciële windom's verkoopt, is de benodigde balun een 1:4 (50 naar 200 ohm) voor (horizontaal gespannen) windom's op 6 tot 12 meters boven de grond, en een 1:6 voor hoogten van 12 m tot 21 m.

Wat de afmetingen L1 en L2 van een windom betreft, verschillen die volgens de diverse auteurs of bouwers van deze antenne. We zetten er een paar op een rijtje:

- 1) de zogenaamde FD3 of 10 m, 20 m en 40 m versie: 7,7 m en 12,75 m, of 6,6 m en 13,6 m + de afmetingen op de afbeeldingen in dit schrijven.
- 2) de zogenaamde FD4 of 10, 20, 40, 80 m uitvoering: 12,65 m en 29,4 m of 13,8 m en 27,7 m of 13,75 m en 27,45 m + zelfde opmerking als in 1).

Men kan stellen dat de totale kortere lengte van een windom vooral geschikt is voor het werken in telefonie en de totale langere lengte voor telegrafie.

### De HF FD4 draadantenne voor de 80-40-20-10 meter.

Deze wordt gevoed via een balun, waarvan de windingen gewikkeld zijn op een 4C6-kern, het grootst verkrijgbaar model, of op een T200-2, gewikkeld met geëmailleerde draad van 1,5 vierkante millimeter.

De draaddoorsnede van de antenne, wordt het best niet kleiner dan 3 vierkante millimeters gekozen.

Maakt men de beenlengten gelijk aan 9,38 m en 4,69 m, dan zal de antenne werken op alle decametrische banden, de 21 MHz inbegrepen, plus de banden 10 en 18 MHz, alsook met enige moeite op 24 MHz.

Omdat de lengten van de draden verschillend zijn, is ook hun capaciteit t.o.v. de aarde verschillend, waardoor er toch een onevenwicht kan ontstaan op de kabel die de 1:6 balun voedt, zodat deze niet geheel vrij is van parasitaire straling.

Sommigen (hieronder W6SAI) schuiven er daarom een tiental ferrietkralen over.

### De 8-banden dubbele windom van DL1BBC en DJ7SH.

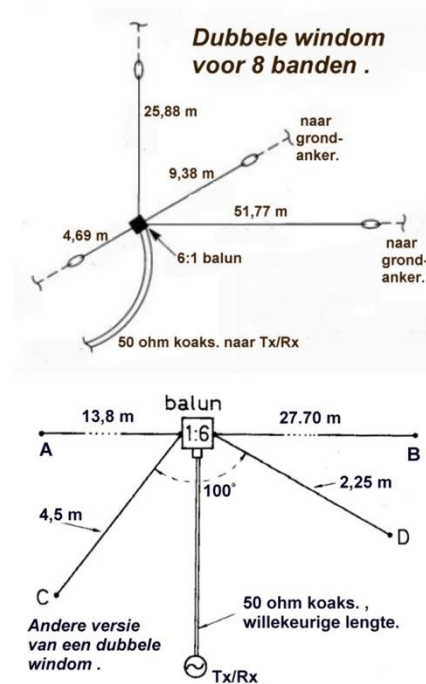


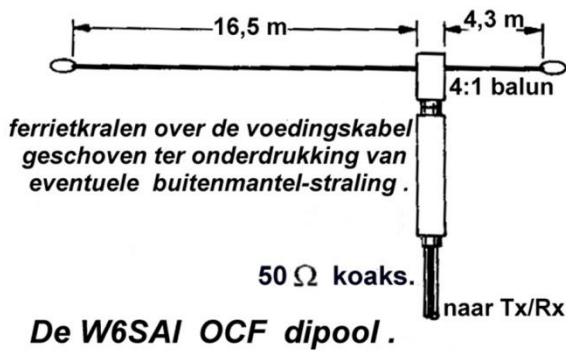
fig 11

Deze gecombineerde antenne wordt gevoed via een gemeenschappelijke 1:6 balun. Van daaruit moet de coaxiale 50 ohm voedingskabel over een behoorlijke lengte vertikaal naar beneden dalen, vooraleer een buiging te maken naar de shack, anders wordt het gehele antennesysteem verstemd en werkt het niet goed meer. Dit gebeurt in het bijzonder geval dat de horizontale antennedraden lager hangen dan 10 meters boven de grond. De antenne werkt goed op 8 banden, waaronder de 80 m, 40 m en 20 m. Ook op de WARC banden 10,18 en 24 MHz. En zowel op de 30 m als op de 15 m band, waarbij dit laatste bij de meeste windoms niet het geval is.

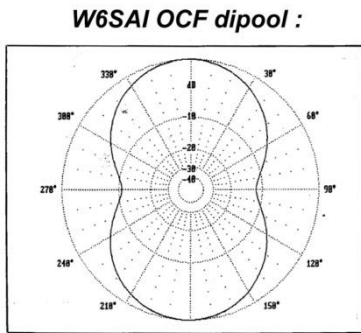
Ze presteert beter wanneer men ze uitvoert als omgekeerde V antenne, met een beenhoek tussen de draden van 100 graden. Zo kunnen de uiteinden op hoogten komen te liggen van bijvoorbeeld 7 meter en op die hoogte via een isolator verankerd worden. De figuur toont een bovenzicht van de antenne.

De twee windoms bestaan respectievelijk uit de draadlengten 4,69+9,38 meter en 25,88+51,77 meter. De draden zijn zodanig gespannen, dat ze ver genoeg uit elkaar liggen, en onder zodanig grote hoeken, dat ze elkaar niet beïnvloeden door wederzijdse inductie.

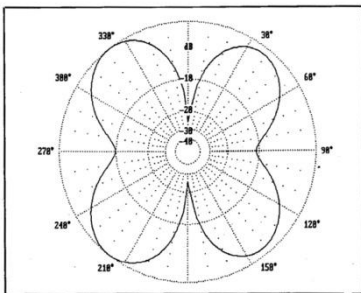
**De W6SAI OCF antenne.**



**De W6SAI OCF dipool .**



Azimuth veldverdeling op 7,1 MHz.



Azimuth klaverblad op 14,2 MHz.

Fig 12

Deze antenne werkt op 40 m, 20 m, 15 m, 10 m en op de 18 MHz band. Ze werkt niet op de 10 MHz en 24 MHz banden wegens een veel te hoge SGV op de voedingslijn en zelfs op de balun. De antenne werkt minstens even goed als een grondvlak antenne, ontworpen voor die verschillende banden.

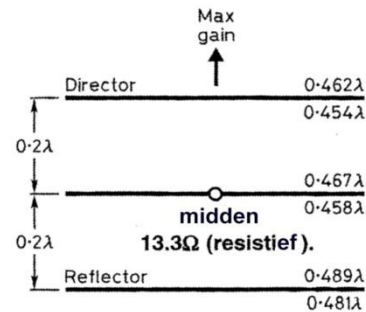
Winst over een halve golf dipool	Band in m:	Gain in dbd
	40	0
	20	0,4
	17	0,6
	15	0,9
	10	1,4

De vraag stelt zich natuurlijk waarom een OCF dipool een winst zou kunnen hebben

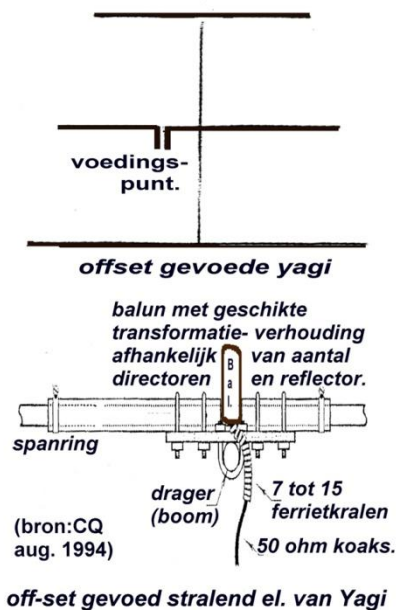
over een in het midden gevoede dipool. W6SAI baseerde zich daarvoor op de bovenstaande azimuthale stralingsdiagrammen, met de computer geplott, waarbij zoals over alle computerprogramma's, men zich kan afvragen of de plots wel met de werkelijkheid overeenstemmen. Stralingsdiagrammen werden door W6SAI (silent key) in al zijn vroegere publicaties en ontwerpen vanaf de jaren 1930, als goede gewoonte, altijd gecontroleerd door metingen te velde. Op 15 meter vertoont het stralingsdiagram meer lobben en is dus minder directioneel.

**De uit het center gevoede yagi-antenne.**

Men kan de halve golf dipool straler van een yagi antenne uit het center voeden, teneinde de stralingsweerstand in het voedingspunt te vergroten. Bij een yagi met drie elementen, de dipoolstraler, een director en een reflector, is de voedingspuntweerstand in het midden van de straler ongeveer slechts 13 ohm.



Ge-optimaliseerde 3 el. Yagi-beam. Grootste afmetingen: CW, kleinste: phone.



off-set gevoed stralend el. van Yagi

Fig 13

Verschuift men de aansluiting weg vanuit het midden, dan vindt men een plaats waar men 50 ohm meet, zodat daar via een 1:1 balun, een coaxiale kabel kan op aangesloten worden. Verschuift men nog verder, dan vindt men ook een 200 ohm punt, waar men via een 1:4 balun, of een 300 ohm punt, waar men via een 1:6 balun met een 50 ohm coax kan voeden.

Deze manier van voeden heeft weinig invloed op de vorm van het stralingsdiagram, de bandbreedte, of de stroom- en spanningsverdeling.

Wel zal er in het verschoven voedingspunt een andere stroom en spanning gemeten worden dan in het midden van de stralerdipool, bijvoorbeeld 70 procent van de centerstroom en 140 procent van de centerspanning die bijna nihil is in het midden van een halve golf dipool. Het quotient van die spanning gedeeld door die stroomwaarde, levert dan de nieuwe voedingsweerstand op.

Hetgeen 'voedingspunt' over een afstand van bijvoorbeeld 2 centimeter om er de balun-klemmen of een symmetrische 300 ohm twin te kunnen op aansluiten. Hier zitten we met een praktisch probleem inzake verschuiving. De betere oplossing bestaat er in, te werken met telescopische uit- en in elkaar schuivende aluminium of koperen buizen, twee delen samen een halve golflengte lang, vermenigvuldigd met de verkortingsfactor 0,95, die men voorlopig met vrij loszittende klembandjes in elkaars verlengde bevestigd aan een houten lat met de juiste afmeting van  $0,95 * \lambda/2$ .

Het geheel wordt voorlopig op de juiste afstand geplaatst tussen de director en de reflector, en met een gekozen 1:1,1:4 of 1:6 balun gevoed via een coaxiale 50 ohm kabel, bij een gereduceerd vermogen van de zender, daarbij de telescopische buizen zodanig verschuivend, de ene helft inkortend, en de andere helft verlengend, tot de SGV-meter ter plaatse van de Tx/Rx de laagste waarde aanduidt, zo dicht mogelijk bij 1:1. Dit alles kan vrij laag tegen de grond gebeuren, met de beam gelegd op een houten trapladdertje op manshoogte voor goede bereikbaarheid en afregelgemak, omdat bij het achteraf definitief monteren en hoger opstellen van de beam, de SGV toch nog zal verbeteren. De straler wordt dan stevig met stand-off isolatoren op een robuuste isolerende of zelfs aluminium drager opgesteld, nadat alle telescopische buizen stevig mechanisch

en goed elektrisch geleidend met elkaar verbonden zijn via een zaagsnede steeds in de dikkere buis, met daar rond metalen spanklemmen en tussen beiden elektrisch geleidend vet, bijvoorbeeld van de Duitse antennebouwer Kathrein. Een zelftappende schroef dwars doorheen de twee buizen van elke sectie, kan de elektrische verbinding nog verbeteren.

Gebruikt men koperen telescopische pijpen, dan kan men na afregeling op de definitieve afmeting die de beste SGV oplevert, de overgangen solderen of beter braseren.

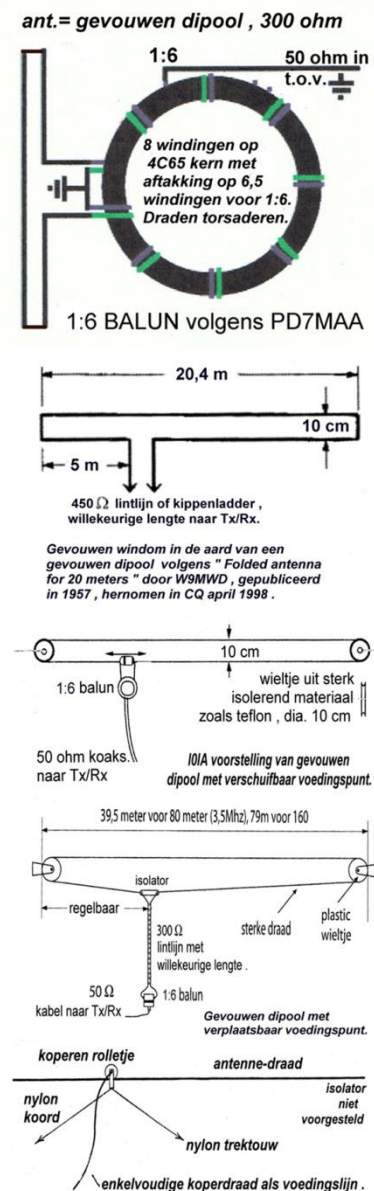


fig 14

### De windom in gevouwen dipool uitvoering.

Een gevouwen dipool heeft juist dezelfde lengte als een gewone dipool, dus een halve golf, verminderd met 5 procent, maar is dubbel uitgevoerd met twee evenwijdige

draden, op beide uiteinden doorlopend of kortgesloten zoals twee kwart golf stubs, die men samengevoegd heeft. Het voordeel van de gevouwen dipool t.o.v. de gewone dipool, is dat deze antenne een merkelijk grotere bandbreedte heeft, d.w.z. dat de SGV rond de centerfrequentie waarvoor de antenne ontworpen is, over een grotere frequentieband klein blijft dan bij een gewone dipool. De gevouwen dipool is in de praktijk ook gemakkelijker te voeden met een voedingspuntweerstand van 300 ohm, en het afmeten van de lengte is niet zo kritisch als bij de dipool, waar men werkelijk soms tot op millimeters moet trimmen om de antenne goed te laten werken.

In het Italiaanse Radio Revista 4-95 tijdschrift, vinden we een interessante uitvoering van een windom gevouwen dipool, waarvan het zoeken van het beste voedingspunt t.o.v. de uiteinden op een originele manier opgelost is, door de antenne te laten lopen over twee katrollen. De auteur IOIA heeft het idee gehaald bij VA2ERY, uit QST van juli 1988. Dezelfde referentie vinden we terug in een ietwat andere uitvoering, gepubliceerd in TLS-News van 11 maart 2005. Beide antennen worden op een andere manier via een 1:6 balun gevoed met een coaxiaal, wat een prima oplossing is, maar IOIA heeft er ook nog een omgekeerde V-uitvoering bij vermeld, voor OM's die maar een kleine tuin hebben of de antenne willen spannen boven het V-vormig pannendak van het huis.

Bij een totale lengte van 39,5 meter, is de antenne bruikbaar voor de 80 meter band, de 40, 20, 10 m. Ze werkt ook op de 17 m (vijfde harmonische) en de 12 m (zevende harmonische) band. Of ze ook werkt op 15 m is, gezien de bovenstaande opmerkingen over stroom- en spanningsverdeling, nog uit te proberen. Om te beginnen kan men het aftakpunt van de voeding op een afstand van 5 meter plaatsen van het linkse uiteinde in de figuren, en dan de nylon koord waarmee de linkse katrol bediend wordt, zodanig vertrekken, dat dit voedingspunt naar links of rechts verschuift tot de beste SGV gevonden is. De Canadese auteur, maakte ze voor de 20 m en 10 m banden op de zolder van zijn huis, met een

totale lengte van 10 meter, en begon met 2,5 meter afstand van het voedingspunt t.o.v. het linker uiteinde. Dat is dus een kwart golf op 10 meter, maar of dat dan verder een kwart golf moet blijven, zal blijken uit de grootte van de SWR als men het voedingspunt verschuift. Er zal ook blijken, als men in de Tx/Rx van frequentieband verandert, of de positie van de voeding zo mag blijven op verschillende banden, zoals dat bij de oorspronkelijke windom het geval is, ofwel dat men toch weer een betere stand moet zoeken door de antennedraad te laten lopen over de teflon (of koperen) wielletjes van de twee katrollen.

In dit laatste geval is het aan te raden, de stand van de nylon koord te merken en op te schrijven, zodat men bij een volgende verandering van frequentieband niet opnieuw moet beginnen zoeken naar de positie die de beste SGV oplevert.

Merken we op, dat W9MWD al in 1957, echter pas verschenen in CQ van april 1996, een dergelijke uitvoering ontworpen had, met de in de figuur gegeven afmetingen, en gevoed met een 450 ohm twinlijn met grote gaten, dus goede verliesvrije kwaliteit. Ze was 20,4 meters lang, afgetakt op 5 meter van het linker uiteinde, dat is dus ongeveer een kwart van die 20,4 meters, maar vermits die 20 meters een halve golf is op de 40 meter band, is die 5 meter slechts een achtste van een golflengte. Het is pas wanneer men deze windom op de tweede harmonische laat werken, dus op de 20 meter, dat die 5 meter een kwart golf wordt. De afstand tussen de twee evenwijdige draden bedroeg 10 centimeters, verwezenlijkt met plastic spreiders tussen de zo dik mogelijke koperdraden.

De filosofie over het voeden van een windom op een kwart golflengte van een uiteinde, is dat men daar een vrij lage voedingsweerstand bekomt, in de buurt van de 50 ohm, dus te voeden met een 1:1 balun. Wanneer men dan het andere, lange been, een oneven aantal kwart golven lang maakt, dus bijvoorbeeld  $(3/4)\lambda$ , zal dit op een andere frequentieband misschien  $(9/4)\lambda$  zal worden, enz.

### Geraadpleegde literatuur.

- 1) Off-center Antenna-design, door William O.Hamlin, W1MCA, in Radio & TV News, december 1956.

- 2) The modified windom, in CQ juli 1991.
- 3) A six band Windom: a design by K3MT and daughter KF4LGR op internet.
- 4) The Caroline windom, short on 40 m & 80 m , door W5FLM.
- 5) Wasdraad antenne uit TLS News 11 maart 2005
- 6) Construction of ON4BAA windom, in  
<http://www.qsl.net/on4baa/mirror/antennas/windom.html>
- 7) Buxcom windom models, op internet: <http://www.packetradio.com/windom.htm>
- 8) Adding 21 mc to the off centerfed antenna, door Dr. R.G.Minarik, W9GJY,  
in Radio & TV News 1955.
- 9) De WOWO antenne, door Ph.F. Salverda, PA0PH, Eindhoven, in Electron van de Veron,  
februari 1950.
- 10) Folded windom, door IOIA, Aldo Pianella, in Radio Revista 4-95.
- 11) The W6SAI OCF antenna, door Bill Orr, W6SAI, in CQ jan. 1993.
- 12) Coaxial offset -feed method for yagi antennas, door Michael G.Guler,
- 13) KF4EZ en Edward B. Joy, AA4TH, in CQ augustus 1994.
- 14) Wire antennas (=boek) door W4FA, W.Schultz.  
op internet: FD4 windom antenne, door F5IHN.
- 15) The windom: myth or magic antenna? door Martti Nissinen, OH4NV,  
in Practical Wireles, oktober 2005.





## De uitgebreide dubbele Zepp (UDZ) antenne.

door Willy Acke, ON4AW.

### Inleiding:

DE BENAMING ZEPP IS AFGELEID VAN DE OP EEN UITEINDE GEVOEDE  $\lambda/2$  ANTENNE DIE IN DE JAREN 1920 TOT 1930 GEBRUIKT WERD, ONDERAAN DE (DUITSE) ZEPPELIN'S HANGEND ALS ZEND- EN ONTVANGSTANTENNE VOOR DE TOEN NOG VRIJ PRIMITIEVE ZEND- EN ONTVANGSTAPPARATUUR AAN BOORD VAN LUCHTSCHEPEN. Het ontwerp werd overgenomen door de radioamateurs, die de antenne niet enkel op het einde voedden maar er ook een dubbele Zepp van maakten, in het midden gevoed. Het waren en zijn draadantennen waarin gebruik gemaakt wordt van de wetenschap, dat de verre afstand straling van een dergelijke antenne verbetert, en de stralingshoek verkleint, dalend van b.v. 60 graden tot 20 graden (lagere hoek= betere DX), naarmate de antenne langer wordt, zoals bij V-antennen en ruit- of rhombic antennen.

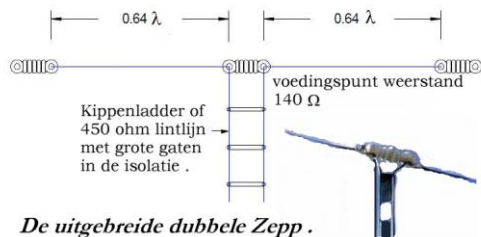


Fig.1

### Kort samengevat:

- A) Een Zepp is een op het einde gevoede  $\lambda/2$  antenne.
- B) Een dubbele Zepp (DZ) is een in het midden gevoede dipool die een volle golflengte lang is. Deze heeft 1,5 dB winst over een  $\lambda/2$  dipool.
- C) Een uitgebreide Zepp (UZ) is een op het uiteinde gevoede  $(5/8)\lambda$  antenne.
- D) Een uitgebreide dubbele Zepp (UDZ) is een  $(5/4)\lambda$  in het midden gevoede dipool die bijgevolg bestaat uit twee in elkaars verlengde liggende  $(5/8)\lambda$  delen, een colineaire antenne dus. Er bestaan hier-over twee opvattingen, namelijk ook een andere waarin de  $(5/8)\lambda$  vervangen wordt door  $0,64\lambda$ . Er is een klein verschil, omdat  $5/8=0,625$ . De beide opvattingen zullen in de hieronder besproken praktische uitvoeringen aan bod komen, zonder

dat die antennen verschillend presteren.

Een  $(5/4)\lambda$  UDZ heeft 3 dB gain over een  $\lambda/2$  dipool.

2) Een dubbele Zepp (DZ) is een in het midden gevoede dipool die een volledige golflengte lang is.

Men kan de dubbele Zepp het best beschrijven als een broadside stralende colineaire antenne met twee in lijn liggende in fase elementen, een halve golflengte lang, en gevoed met een symmetrische feeder van 450 ohm, of beter: 600 ohm. In feite is de voedingspuntweerstand groter dan dat en kan oplopen tot 6000 ohm. De 600 ohm voedingslijn zal dus eindigen op een ATU (antennetuner) om dit verschil weg te werken, ofwel kan de 600 ohm of 450 ohm lijn gebruikt worden als Q-match, een kwart golflengte lang (nog te vermenigvuldigen met de verkortingsfactor van de isolatie indien men hiervoor een lintlijn gebruikt).

Dan vinden we aan het ander uiteinde een impedantie met waarde gelijk aan  $(600)^2/6000=360000/6000=60$  ohm. Dit is prima om op die plaats een 1:1 balun te plaatsen om deze ongeveer 60 ohm waarde (6000 ohm voedingspuntweerstand was een schatting, daarom: ongeveer 60 ohm, kan evengoed 50 ohm zijn) aan te passen aan een coaxiale 50 ohm kabel naar de shack. Dit is een oplossing die door sommigen verkozen wordt, alhoewel niet de beste.

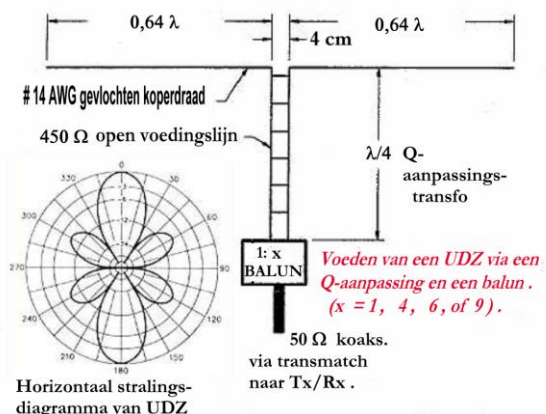


Fig.2

Men kan een dubbele Zepp bouwen met een lengte ( $\lambda_{\text{mets}} = 300/f$  als  $f$  gegeven is in MHz), die het best resoneert op de centerfrequentie  $f$  van de meest gebruikte band, met in gedachte dat een multiband werking altijd verliezen met zich meebrengt, zoals ook het geval is bij multiband antennes met sperkringen of 'traps', die slechts over een smalle frequentieband goed werken en daarbuiten kostbare HF watts laten verloren gaan. Het gaat hier over het feit, dat als men geen balun of Q-match gebruikt, maar het uiteinde van de 600 ohm of 450 ohm (als men niet anders kan: 300 ohm twin die men nog liggen heeft in de shack) voedingslijn rechtstreeks naar een ATU in de shack laat lopen, men deze colineaire antenne perfect op twee banden kan laten werken, bijvoorbeeld op 40 meter als halve golf dipool en op 20 meter als dubbele Zepp. Dit is ook mogelijk wanneer men bovenaan in het voedingspunt van de antenne een 12:1 (voor 600 ohm) of 9:1 (voor 450 ohm) ferriet-ringkern-balun plaatst waarop de 50 ohm coaxiale voedingskabel naar de shack aangesloten wordt. Door de ATU bij te regelen, kan men deze antenne ook op de 10 m band laten werken, vermits 40 m, 20 m en 10 m in harmonisch verband staan. De berekening van een beenlengte, dus elke helft van een dubbele Zepp, gebeurt op de klassieke manier, bijvoorbeeld voor een frequentie van 7,050 MHz:  $\lambda(\text{meter}) = 300/f(\text{in MHz}) = 300/7,05 = 42,55$  meter. De voeding heeft plaats in het midden van de twee helften van elk  $\lambda/2 = 21,275$  meter. Deze lengte moet vermenigvuldigd worden met de capacatieve verkortingsfactor in een luchtomgeving:  $0,96: 21,275 * 0,96 = 20,43$  meter. Met een antenne die tweemaal 20,43 meter lang is, kunnen we dus op drie interessante amateurbanden werken. Volgens NB6Z werkt deze dubbele Zepp, die hij voedt met hoge kwaliteit 300 ohm lintlijn, ook op de 15 meter band, en op 18 MHz.

Deze antenne presteert veel beter en is veelzijdiger, dan bijvoorbeeld een verticale grondvlak of groundplane antenne, of een gewone dipool, en met weinig middelen en weinig zichtbaarheid (draad: buren of xyl zullen niet reclameren) bekommt men een antenne, met bidirectionele beamwerking. Als draad kan men eventueel stalen waslijn nemen onder isolatie, of zo dik mogelijke koper- of beter brons-draad. (minstens 2 mm diameter).

**Voorbeeld van UDZ stralingsdiagrammen op de 15 m band.**

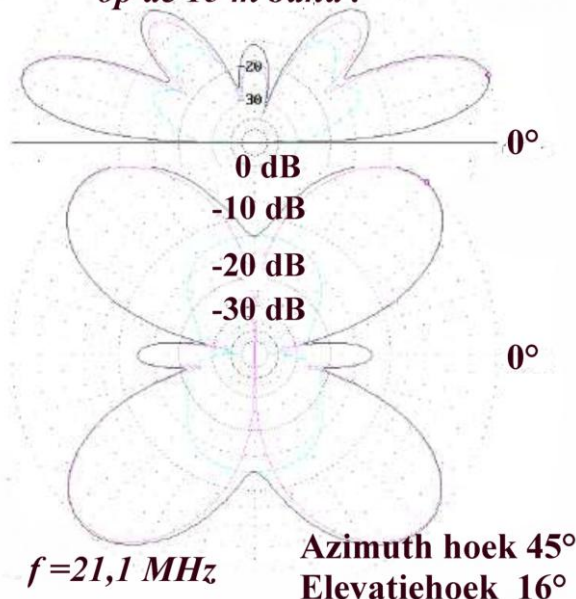


Fig.3

De winst van een dubbele Zepp bedraagt 1,5 tot 2 db over deze van een halve golf dipool. Gebruikt men tweemaal twee elementen in fase gevoed, bijvoorbeeld boven elkaar geplaatst, dan vergroot de winst tot 4 db. Radioamateurs zijn twee of meer in het midden gevoede stralers boven elkaar gaan plaatsen in hetzelfde vertikaal vlak met een tussenafstand van  $\lambda/2$  en met elkaar verbonden via recht door-lopende of gekruiste/getwiste voedingslijnen, teneinde de winst van het geheel met meerdere decibels te vergroten (vooral op VHF en UHF gebied). Men zorgt er wel voor, dat elke halve golf straler  $0,95 \cdot \lambda/2$  is, om zoals steeds, rekening te houden met de capacatieve verkortingsfactor van de omgevende lucht aan de uiteinden van de antenne. Gebruikt men twin lintlijn voor de  $\lambda/2$  verbindingstukken, dan geldt daar eveneens dat deze met de verkortingsfactor voor de polyethyleen-isolatie moeten vermenigvuldigd worden, dus  $0,66 \cdot \lambda/2$ . Dit maakt de antenne echter kleiner en is dus een gunstige factor.

Deze principes gelden ook voor dubbele Zepp antennen. Wat de Zepp-afmetingen betreft, nemen we als voorbeeld een 14,1 MHz antenne. De lengte per been wordt  $0,64\lambda = 0,64 * 21,27 = 13,6$  meter. Rekening houdend met de 0,96 verkortingsfactor:  $13,6 * 0,96 = 13$  meter.

Tabel: aantal elementen van uitgebreide dubbele Zepp en de winst in db:

2	3,5 tot 4
3	5,5
4	7
5	8
6	9

Bij meer dan twee elementen worden ook boven elkaar geplaatste elementen bedoeld (vooral op VHF en UHF), bijvoorbeeld twee maal twee, of driemaal twee, allen in fase gevoed. De winst hangt af van het aantal elementen en hun onderlinge afstand. De directiviteit vergroot met het aantal elementen die gelijnd in een plat vlak liggen. Om de winst te vergroten kan men achter een Zepp ook een reflector plaatsen, zoals de volgende figuur als basis toont.

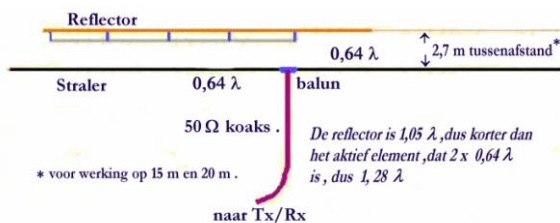


Fig.4

Men trekt na afwerking, de antenne zo hoog mogelijk op aan de bomen of masten met een katrol aan de mast, of twee nylonkoorden over een tak van de bomen geworpen, maar indien het onderste horizontaal gedeelte van de antenne op 1,5 meter boven de grond hangt, zal de antenne nog goed werken. Hoger is natuurlijk beter. Een dergelijke antenne straalt vooral onder lage hoek, wat fb DX garandeert.

3) Een uitgebreide Zepp (UZ) is een op het uiteinde gevoede  $0,64\lambda$  lange antenne. Soms gebruikt men in plaats van de  $0,64\lambda$ , de waarde  $(5/8)\lambda$  maar dat is, zoals al hierboven vermeld, niet helemaal hetzelfde, want  $(5/8)\lambda = 0,625\lambda$ . De ideale hoogte van de antenne, boven de grond gespannen, is  $0,6\lambda$ .

4) Een uitgebreide dubbele Zepp (UDZ) is een  $5/4\lambda$  in het midden gevoede dipool. Indien men daarvoor de mogelijkheden en voldoende ruimte (tuin) heeft, kan men het best verschillende Zepp's installeren met telkens een tweemaal  $5/8\lambda$  lengte op de gekozen banden, in plaats van een Multiband Zepp te gebruiken met een antennetuner (ATU).

**De volgende waarden geven een idee over de afmetingen van een UDZ voor verschillende banden:**

20 m op 14,050 MHz (CW): 26,69 m tot 27 m (=met extra lengte voor de bevestiging van drie isolatoren: een op elk uiteinde en een in het midden).

20 m op 14,200 KHz (phone): 26,4 m tot 26,7 m.

30 m op 10,11 MHz (WARC): 37 m tot 37,2 m.

40 m op 7,050 MHz: 53,19 m tot 53,5 m.

80 m op 3,6 MHz: 104,16 m tot 105 m.

160 m op 1,85 MHz: 202 m tot 204 m.

Een halve golf dipool, die berekend is voor het elektrisch midden van de 12 meter band (24,940 MHz) is 5,7 m lang, terwijl een UDZ voor dezelfde frequentie 14,6 m lang is. Dat is dus langer dan twee  $\lambda/2$  dipolen in elkaars verlengde.

**Indien men verkiest met 1 enkele UDZ op meerdere banden te werken, dan is er voor het afstemmen en voeden een antenne-tuner of transmatch nodig met symmetrische uitgang, waarvan de meest voor-komende waarden 75, 300, 450 en 600 ohm zijn. (kunnen we zelf met enige moeite maken, indien niet voorradig in de shack). Met een goede antennetuner, werkt men op weinig tijd, een groot aantal dx-stations op de banden 6 tot 160 meters. Op de 160 meter band werkt de antenne slechts goed, wanneer de voedingslijn een welbepaalde lengte heeft.**

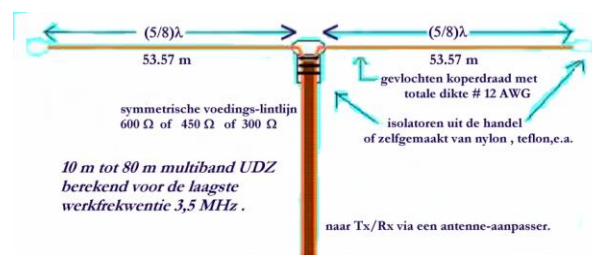


Fig.5

[Meer over de uitgebreide dubbele Zepp \(UDZ\).](#)

HET IS EEN ANTENNE DIE NORMAAL NIET IN RESONANTIE IS OP EEN BEPAALDE FREQUENTIE, TENZIJ MEN ZE DAARVOOR WEL ONTWERPT MET TWEE BEENLENGTE VAN  $0,64\lambda$  OF  $5/8\lambda$ .

Als basisgedachte, kan men stellen dat een UDZ een twee-element colineaire antenne is, die een superieure winst en directiviteit vertoont in vergelijking met een halve golf dipool.

Wanneer men de dubbele uitgebreide Zepp ontwerpt voor slechts 1 frequentieband waarop elk been  $5/8$  of  $0,64$  golflengten

lang is, dan heeft ze 3 dB winst over een halve golf dipool. Daarvoor moeten de twee benen wel precies even lang zijn, en de voedingslijn moet volledig loodrecht op de richting van de draad naar beneden lopen en wel over een zo groot mogelijke afstand, dus niet te snel afbuigend en van richting veranderend naar een raam of andere ingang van de shack.

Anders zal een der benen van de antenne hoogfrequent oppikken dat op de voedingslijn zit, en zal uit stroombalans geraken. Een daling onder rechte hoek met een lengte van tenminste een vierde golflengte wordt aangeraden.

Indien de antenne niet genoeg stroom zou trekken van de zender, kan een kleine verkorting of verlenging van de voedingslijn daaraan verhelpen.

In verband met het voeden van een uitgebreide Zepp, gelden de opmerkingen die niet genoeg kunnen herhaald worden, namelijk dat bij een voeding in het midden van een symmetrische antenneopstelling, nooit een coaxiale kabel rechtstreeks tussen de twee voedingspunten mag aangesloten worden.

Omdat de buitenmantel van de voedingskabel elektrisch neutraal is, en geaard, werkt slechts de helft van de antenne als straler, namelijk deze waarop de binnengeleider van de coax aangesloten is. Op de andere helft staat er geen veldverdeling. Het gevolg van deze toestand is een vervormd stralingsdiagram, dat veel te klein is voor een goed gericht zenden en ontvangen, en ongewenste inductiestromen in de buitenmantelafscherming van de coaxiaal zal induceren. Deze mantelstromen vloeien af naar massa, maar stralen tegelijkertijd ook parasitair uit, daarbij de radio- en televisieontvangers van de burens storend.

Deze antenne moet gevoed worden met een open kippenladder of een 450 - 600 ohm lintlijn met grote afmetingen en grote gaten in de isolatie tussen de geleiders. Wanneer men een open feeder als voedingslijn over een zekere lengte naar beneden hangt, kan men op het einde daarvan een 9:1 (450: 9= 50) balun aansluiten, die toelaat via een 50 ohm coaxiale kabel de antenne te verbinden met de uitgang van de Tx/Rx.



Fig.6

Wenst men een quasi verliesvrije voeding, dan is het aan te raden, de 450 ohm kippenladderlijn zelf te maken met twee evenwijdige koperen draden van 2 tot 3 mm diameter, gescheiden door afstands-isolatiestukken die men met een ijzerzaag kan zagen uit teflon, bakeliet, of gecreosoteerd en gevernist hard hout, waarin op de uiteinden een gaatje geboord is om er een antennedraad door te steken. Sommigen raden het gebruik van balpennen aan, maar daarbij is te vrezen dat deze zullen breken tijdens stormachtige weersomstandigheden.

De tussenafstand tussen de geleiders kan berekend worden uit  $Z_0 = 276 \cdot \log(2D/d)$  en bij koperdraad met 3 mm diameter en  $Z_0 = 450$  ohm, leiden we daaruit af:  $(450/276) \cdot \log(10) = 1,63 \cdot \log(10) = \log(2D/3)$  of  $10^{1,63} = 42,66 = D/1,5$  of  $D = 1,5 \cdot 42,66 = 64$  mm, d.w.z. 6,4 cm afstand tussen in de spacers geboorde gaatjes. Dat betekent dat de isolerende voldoende dikwandige afstandsstukken in dit geval 8 tot 10 cm lang gemaakt mogen worden.

HET IS BEST ELKE UDZ zo hoog mogelijk op te hangen voor de beste resultaten op de hoogfrequent banden.

Maakt men een UDZ voor de 80 meter band, dan kan het moeilijk blijken een toch vrij lange, naar beneden (getrokken door het gewicht van de feeder+balun) hangende antenne, veel hoger dan 10 meters boven de grond op te trekken tussen bomen, masten of bevestigingspunten allerhande.

Tien meters hoogte vertegenwoordigen slechts  $0,125\lambda$  **op de 80 meter band, met het gevolg dat het stralingsdiagram van deze antenne zijlob-ben zal vertonen met vooral een onge-wenste straling naar boven onder een (te) hoge hoek. Ongewenst, want dx zal beter mogelijk zijn met een lagere straling.**

De tweemaal  $0,64\lambda$  colineaire UDZ heeft een 1,5 dB grotere versterking dan de gewone DZ met twee  $\lambda/2$  elementen. Daardoor verkrijgt men een antenne met 3 dB winst over een halve golf dipool op dezelfde frequentie. (=3 dBd, dus geen 3 dBi: dBd= winst over  $\lambda/2$  dipool, dBi= winst over isotrope straler of rondstraler. dBd is 2,1 decibels sterker dan dBi).

Het afregelen van dit antennesysteem voor de kleinste SGV gebeurt niet door iets te wijzigen aan de tweemaal  $0,64\lambda$  lengte (al serieus lang op de 80 m band), als in het midden gevoede colineaire draad antenne, maar door de lengte van een te lang gekozen voedingslijn in te korten tot de SGV tot 1 gedaald is. Men weet dan meteen dat de lengte van de 450 ohm lijn optimaal is, dat rekening gehouden werd met de verkortingsfactor van de isolatie of het dielectricum tussen de geleiders van de voedingslijn, en dat deze op elektrisch gebied gelijk zal zijn aan een aantal halve golflengten tussen de Tx/Rx en de antenneaansluiting.

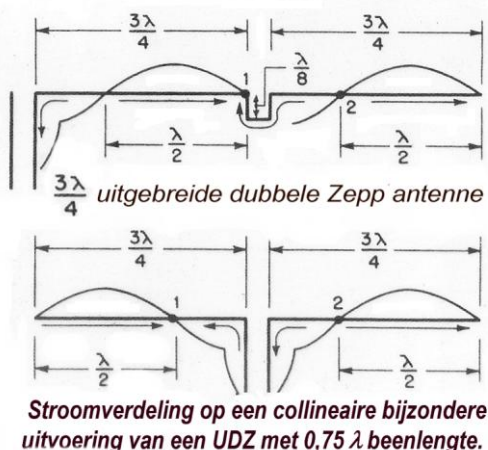


Fig.7

### Een verbeterde dubbele Zepp.

In wat volgt, wordt een dubbele uitgebreide Zepp beschreven voor de 40 m en 80 m band, waaraan twee condensatoren met kleine capaciteitswaarde werden toegevoegd, vervaardigd uit korte stukken RG-8. Wanneer deze op een juist gekozen plaats worden aangebracht, verbeterd het stralingsdiagram, en de impedantie die door de voedingslijn gezien wordt in het

voedingspunt van de antenne, veranderd van een reactieve (=maakt een antenne-tuner noodzakelijk) smalband waarde in een resistieve breedband weerstandswaarde. Daardoor is het mogelijk deze antenne te voeden zonder antennetuner met een SGV die kleiner is dan:  $SWR < 1,5:1$  over de gehele 40-meter band, en met een  $SWR < 2:1$  over de gehele 80-meter band.

De UDZ bestaat essentieel uit twee colineaire dipolen, die elk op een einde gevoed worden, dus in het midden van de totale  $1\lambda$  lange antenne. De oplossing om het stralingsdiagram te verbeteren, ligt in het wijzigen van de stroomverdeling op de antenne, die een slechte vorm heeft. De eenvoudigste vorm om dit te doen, is het in serie plaatsen van een inductieve of capacitieve reactantie in beide benen van de antenne, d.w.z. een seriespoel of een Een condensator met goed gekozen eigenschappen en uitvoering, verdient de voorkeur omdat hij minder verliezen heeft en een hogere Q-factor dan een spoel. Door de ligging van de twee condensatoren te veranderen, wordt het snel duidelijk dat men de reactantie die een gewone UDZ vertoont, volledig kan opheffen door de capaciteitswaarde van de condensatoren aan te passen, tot wanneer de antenne zich over de ganse frequentieband als een zuivere weerstand gedraagt. Afhankelijk van de plaats waar de condensatoren zich bevinden, en van de capaciteitswaarde die men er aan geeft, ziet men in het voedingspunt van de antenne een weerstand die kan gevarieerd worden van 150 ohm tot 1500 ohm. Het is dus mogelijk de twee condensatoren op een zodanige plaats in de twee benen van de antenne vast te solderen, en hun waarde zo in te stellen, dat men in het voedingspunt een weerstandswaarde van 450 ohm ziet. Vanaf dat ogenblik kan men deze gewijzigde UDZ voeden met een 450 ohm transmissielijn of twin, met daarop in een lager gelegen punt, een 9:1 balun die we zelf wikkelen op drie samengeplakte ferriet- of ijzerpoederkernen om over te gaan naar een goede kwaliteit 50 ohm coaxiale voedingskabel zoals de RG 213.

De figuur A toont het stralingsdiagram van de 40 meter UDZ, ontworpen voor een centerfrequentie van 7,1 MHz, en zo hoog mogelijk boven de grond opgehangen, in vergelijking met het stralingsdiagram van een  $\lambda/2$  dipool op dezelfde hoogte, ter vergelijking. De elevatie- of stralingshoek bedraagt  $26^\circ$ , in het maximum van de hoofdlob.

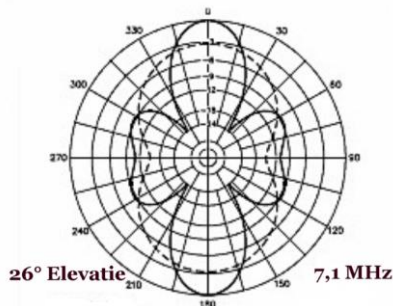


Fig.A. Azimuth stralingsdiagramma van een dubbele uitgebreide Zepp (volle lijn) op 7,1 MHz in vergelijking met een standaard dipool (streepjes-lijn) beiden op 24 meter boven de grond opgehangen .Op de plaatsen waar de gain maximum is ,bedraagt de opstraalhoek 26° .

Fig.8a

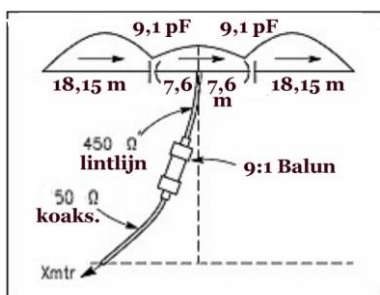


Fig. B. Schema van een door N6LF gewijzigde dubbele uitgebreide Zepp met een veel betere stroomverdeling . De antenne is in totaal 51,5 meter , met twee 9,1 pF condensatoren op 7,6 m geplaatst aan elke zijde van het voedingspunt- midden. Met deze oplossing verwerkt de stroomverdeling geen zijlobben.

Fig.8b

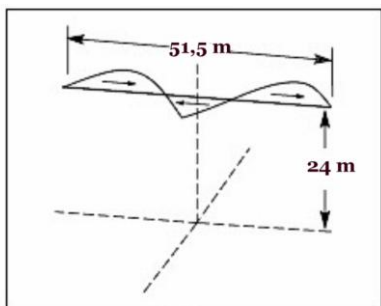


Fig. C. Opstelling van een klassieke DUZ met de daarop staande stroomverdeling die aantoont dat er in het midden een HF stroom vloeit die de gunstige ant.-straling en -ontvangst tegenwerkt , en er de oorzaak van is dat er ongewenste zijlobben ontstaan .

Fig.8c

Fig.C toont de stroomverdeling op de klassieke UDZ antenne. De tegengestelde stromen dicht bij het midden van de antenne, zijn de oorzaak van het ontstaan

van de zijlobben in het stralingsdiagram. De extra winst die een UDZ vertoont t.o.v. een dipool, is te wijten aan de scheiding tussen de twee stroom maxima. Echter zal de kleine negatief gerichte stroom in het midden van de antenne, van de hoofdlobstroom aftrekken en het ontstaan van de zijlobben veroorzaken.

De klassieke UDZ heeft 3 dBi winst over een dipool, maar enkel over een betrekkelijk kleine hoek van 35° waardoor men in feite enkel goede communicatie resultaten boekt met tegenstations die liggen in een richting die loodrecht op het midden van de antenne staat. De bundelbreedte tussen de twee -3 dB punten is 35°, en naast deze (te) smalle hoofdlob, zijn er vrij grote zijlobben aanwezig in het stralingsdiagram, en deze pikken ruis en stringen op.

Fig B: Schema van de gewijzigde N6LF Zepp met de daarop aanwezige nieuwe vorm van stroomverdeling. De totale lengte van de antenne bedraagt 51,5 meter, en twee 9,1 pF condensatoren werden op 7,6 meters aan elke zijde van het midden aangebracht. Daardoor veroorzaakt de stroomverdeling geen ongewenste, nutteloze en zelfs schadelijke zijlobben meer in het stralingsdiagram. De fig.B toont de gewijzigde stroomverdeling, vooral in het midden van de antenne, dat de reden is voor de verbetering van het stralingsdiagram.

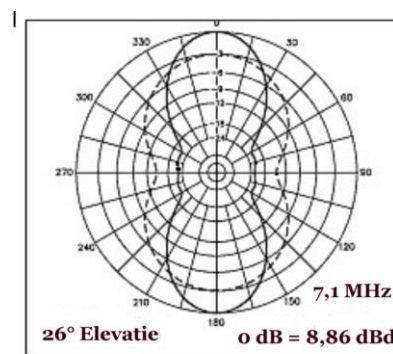


Fig. D. Azimuthaal stralingsdiagramma van de verbeterde DUZ in volle lijn , in vergelijking met dezelfde soort diagramma van een halve golf dipool op dezelfde hoogte . Door het aanbrengen van de twee condensatoren zijn de schadelijke zijlobben verdwenen.

Fig.8d

Fig.D Azimuthaal stralingsdiagram van de N6LF verbeterde UDZ antenne (volle lijn), vergeleken met de klassieke UDZ in streepjeslijn. De hoofdlob van de gewijzigde antenne is merkkelijk breder dan deze van de klassieke

uitvoering, en de zijlobben zijn kleiner en worden dus beter onderdrukt. De ongewenste zijlobben zijn nu met 20 dB verkleind en de hoofdlob is nu 43° breed tussen de 3-dB punten in vergelijking met de slechts, 35° bij een oorspronkelijke UDZ.

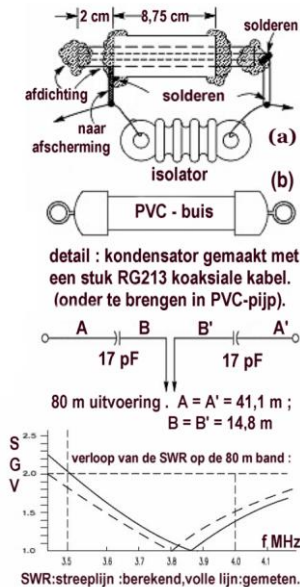


Fig.9

Constructie details (a) voor de vervaardiging van een condensator, gemaakt met RG-213 coaxiale kabel. Fig. (b) toont hoe men de condensator beter tegen regeninslag en weersomstandigheden kan beschutten en verzegelen, door hem in een PVC buis in te sluiten.

Voor de antenne werd #14 koperdraad gekozen, en de condensatoren werden vervaardigd uit 9 cm lange stukken RG-213. De capaciteitswaarde wordt door het inkorten van de te lang gekozen stukken kabel, met een digitale (RLC-) capaciteitsmeter, ingesteld op 9,1 pF. Een RLC meter kost niet veel, en wie er geen budget wil aan besteden, kan er zelf een bouwen, volgens schema's gepubliceerd in tal van radioamateur tijdschriften. Het is belangrijk de op maat gesneden kabelstukken af te sluiten tegen vochtigheid, omdat er gemakkelijk 2000 volt komt over te staan, en ze, indien niet verzegeld, snel zullen vernietigd worden door overslaande coronavonken (overslag en doorslag). Men kan de kabeluiteinden afdichten met silicone badkamer pasta, of ze nog beter insluiten in een kort stuk PVC-pijp, aan de uiteinden afgesloten met een plastieken kapje, dat nog eens omwikkeld is met waterdichte plakband.

Deze uitvoering zal goed werken met een zeer geringe SGV, en er is geen antenntuner meer voor nodig, op voorwaarde dat men de antenne laat werken op slechts 1 gekozen frequentieband, waarvoor de antennelengte ontworpen werd.

Dick Ives. W7ISV, ontwierp volgens dezelfde denkwijze en principe, een 80-meter versie van deze verbeterde UDZ (fig onder b)). De seriecondensatoren hebben elk 17 pF capaciteitswaarde en de SWR is kleiner dan 2:1 over de ganse band, zoals door de streeplijn aangeduid op de grafiek. De antenne is gemaakt uit gevlochten staaldraad onder een koperen bedekking-mantel en wordt gevoed met een 450 ohm lintlijn.

### Is multiband werking mogelijk?

Een interessante eigenschap van de klassieke UDZ, is dat men ze d.m.v. een antenne afstemmer op meerdere banden kan gebruiken. Door het toevoegen van de ontkoppelcondensatoren, gedraagt een voor de 40 m band ontworpen verbeterde UDZ zich als een gewone UDZ omdat de reactantie van de twee seriecondensatoren snel verkleint, en deze kortsluitingen worden.

De 80 meter werking gaat echter verloren. Iets gelijkaardigs kan gezegd worden over een 80 meter verbeterde UDZ, ook daar zal de werking op 160 m moeten opgeofferd en prijsgegeven worden.

### Uitgebreide dubbele Zepp voor de 15 m band.

Deze antenne bestaat uit twee 8,65 m lange, in elkaars verlengde liggende koperdraden, die in het midden gevoed worden met 300 ohm televisie- lintlijn. Ze zijn gespannen tussen twee 10 meter hoge masten, bomen of gebouwen met de nodige bevestigingspunten, zoals een schoorsteen. De gemeten voedingsimpedantie is 120 ohm resistief, maar heeft ook een reactieve component en is dus van de vorm:  $Z = R - jX$ . De antenne vertoont een sterke capacatieve component van  $-jX = -j680$  ohms, omdat ze te kort is op de gekozen golflengte. Het is inderdaad een verkorte Zepp op de 15 m band, want als men uitgaat van een  $5\lambda/8$  lengte van elk der twee delen van de antenne, volgt daaruit een  $\lambda = 8,65/(5/8) = 13,84$  m en geen 15 m.

Teneinde de capacatieve reactantie te neutraliseren, is er dus een goede antenntuner met symmetrische uitgang nodig, voorzien van de nodige omschakelbare spoelen, om de  $-jX$  op te heffen

d.m.v. een + jX. In dat geval kan men deze antenne laten werken op 40, 20, 17, 15, 12, en 10 meters. De beste resultaten bekomt men op 17, 15 en 12 meters, hoewel de 20 meter band ook nog vrij goed presteert, dit alles natuurlijk wanneer er op alle banden gunstige voortplantingsomstandigheden bestaan in de ionosfeer, dus rekening houdende met de 11-jarige zonnecyclus.

In het onderstaand stralingsdiagram vertegenwoordigt de grijze figuur de werking op 40 m, de groene op 20 m en de paarsblauwe op 15 m. (Zie fig 10 hiernaast)

De 10 m bandwerking is niet voorgesteld. Op 15 m straalt de antenne:

(a) naar omhoog onder een hoek van 26 graden, en heeft ze een winst van 5 dBi over een dipool. De antenne straalt en ontvangt broadside met twee hoofdlobben. Als men de frequentie verhoogt, verkleinen deze, en wanneer men de frequentie sterk laat toenemen, ontstaan er kleine zijlobben en de antenne begint te werken als een lang draad- antenne waarvan de niet meer loodrecht op het midden van de antenne ligt, maar veeleer in de richting van de draad.

Wanneer men het stralingsdiagram van boven bekijkt, stelt men een goede prestatie (ook 5 dBi in de voorkeuringen) vast op de 10 m band (groene kleur) hoewel het diagram daar in twee gesplitst is (volgens het ander diagram hierboven, maar daarin niet voorgesteld), en opstraalt onder een hoek van 42 graden. De 20 meter voorstelling is grijs en de 15 m paarsblauw.

(b) De hier voorgestelde diagramma's wijzigen in vorm, als de hoogte van de antenne t.o.v. de grond verandert.

De optimale hoogte boven de grond bedraagt  $0,6 \lambda$  op de band waarop men bij voorkeur wenst te werken. Als dat de 40 m band is, is dat dus 24 m, is het de 15 m band, dan volstaat een ophanghoogte van 9 m. Gaat men daaronder, dus lager, dan ontstaan er verliezen doordat de grond de straling opslorpt en anderzijds ook weerkaatst, zodat de lobben van het stralingsdiagram vervormen.

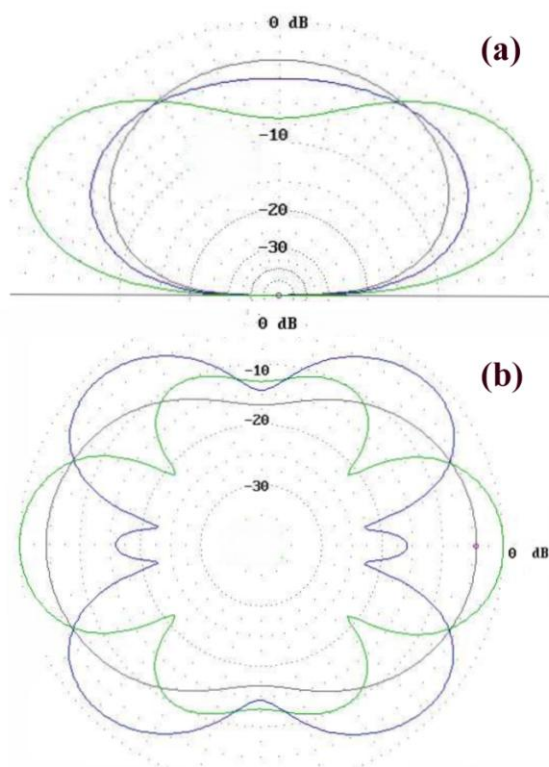


Fig 10.

### **Uitgebreide dubbele Zepp, ontworpen voor de 40 m band, maar goed werkend op 10 m tot 160 m.**

Deze antenne die alle banden bestrijkt tussen 10 m en 160 m, bestaat uit twee  $5/8 \lambda$  antennen in elkaars verlengde. De gain bedraagt 2.8 dBi op 160 m, bij een straalhoek van 40 graden. De antenne is 51,5 m lang en de onderstaande stralingsdiagrammen zijn gemeten toen de antenne op 17 m hoogte horizontaal was opgehangen.

Over de center isolator in het midden kan een symmetrische 450 ohm voedingslijn aangesloten worden die eindigt op een antenne afstemmer met symmetrische uitgang of op een breedband balun die de voedingslijn-golfweerstand transformeert naar 50 ohm coaxiaal. Nochtans is een symmetrische voedingslijn die eindigt op een antenne tuner met symmetrische uitgang ver verkiesbaar boven de oplossing waar ook nog een 9:1 of 4:1 balun aan te pas komt, omdat deze bijkomende verliezen zal opleveren en een hogere SGV. Een 450 ohm lintlijn vertoont op 28 MHz een verlies van 0,146 dB per 30 meter. Vergelijk dit met het verlies van een RG-213, dat is een van de beste en duurste 50 ohm coaxiale kabels die we ons als radioamateur nog kunnen veroorloven, en we vinden voor dezelfde lengte op dezelfde frequentie 1,142 dB. Daarbovenop komt er



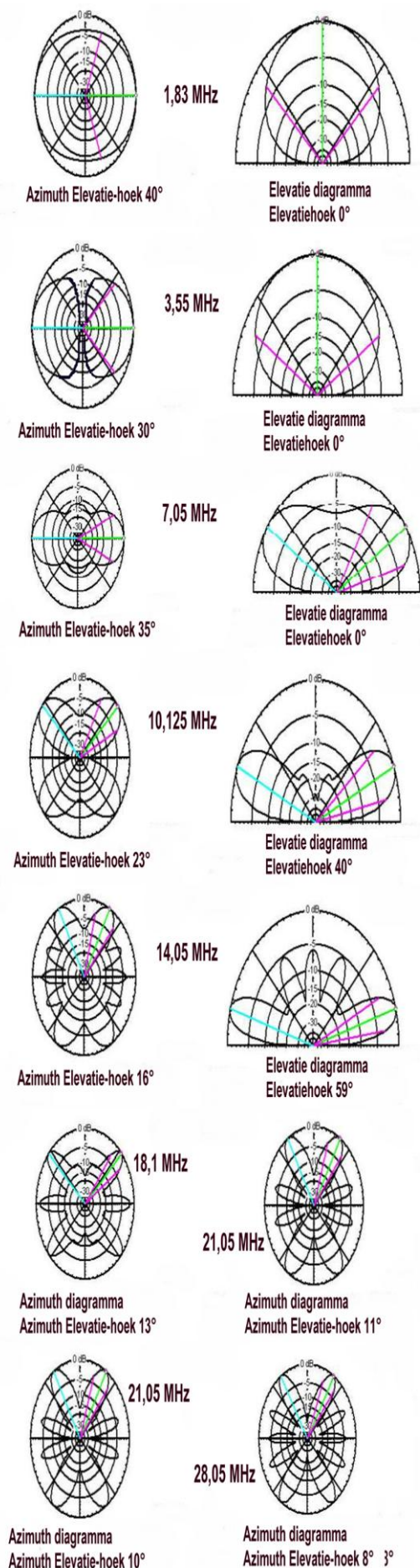


Fig. 11  
Bruce en Colineaire antenne

nog een verlies van 1,9 dB ingevoerd door de balun en de daaraan gesoldeerde connectoren, en we zitten samengeteld al aan meer dan 3 dB. Dat betekent dat de zender tweemaal zoveel HF vermogen moet afleveren aan het voedingssysteem om de antenne nog evengoed te laten stralen, als wanneer men de gehele voeding symmetrisch uitvoert.

### De halve uitgebreide Zepp antenne. (HUDZ)

Deze antenne is 45 meter lang, en heeft 27 meter voedingslijn die haar geschikt maakt voor 80m, 40m, en 17m. Het is een in het midden met 450 ohm lintlijn gevoede antenne die ontworpen is voor optimale werking op 7,1 MHz. Ze heeft op die frequentie een gain van 2 dB over een dipool. Ze resonanceert ook op 3,8 MHz met 200 kHz bandbreedte en een SGV = 3:1. Als men werkt met een IC-756PRO zender-ontvanger, dan laat de daarin gebouwde antennetuner toe deze antenne af te stemmen over de gehele 40 m band en over 200 kHz van de 80 m band zonder iets op welke manier ook te moeten wijzigen. Op 17 m werkt de antenne ook goed.

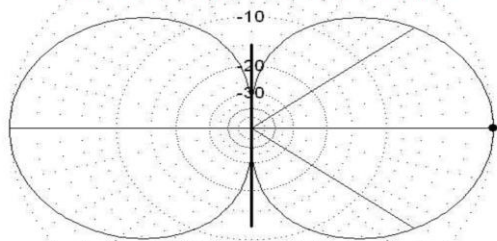
Als de SWR te hoog is op de gekozen werkfrequentie van 7,1 MHz, verkort men de voedingslintlijn door ze centimeter per centimeter af te knippen tot een SGV 1:1 bereikt is. De op die wijze bekomen voedingslijnlengte zal ook goede resultaten opleveren op 80 m en 17 m.

Als men bij voorkeur op de 80 m band werkt, kan men de frequentie verlagen van 3,8 MHz tot 3,5 MHz door de antennendraad langer te maken en de voedingslijn nog meer in te korten. Deze bewerkingen zullen praktisch niets veranderen aan het feit dat de antenne goed blijft resoneren op 7,1 MHz met een goede SGV. Wat de 80 m band betreft, stelt men daarop de werking op 3,7 MHz in, met een 47 m lange antenne, gevoed door een 26,6 meter lange 450 ohm lintlijn.

3,6 MHz bekomt men met een 50 m lange, nog altijd in het midden gevoede antenne met een 450 ohm lintlijn die 26 m lang is.

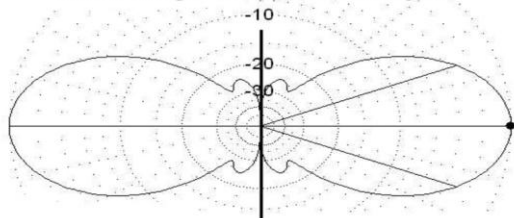
In de shack is een 1:9 balun vereist om over te gaan van de 450 ohm lintlijn naar de 50 ohm coaxiale uitgang van de transceiver. Werkt men met een andere Tx/Rx die gevolgd wordt door een antennetuner met symmetrische uitgangen

45 m lange Zepp , in het midden gevoed met 27 m lange 450 ohm lintlijn .



Stralingsdiagramma in de vrije ruimte op 3,7 MHz.  
Typische dipool-8-vorm met 2,22 dBi winst.  
SGV= 1,6:1, gemeten op 50 ohm in de Tx/Rx.

**Half uitgebreide dubbele Zepp (HUDZ) , 45 m lang en in het midden gevoed met 27m lange 450 ohm lintlijn,**



Stralingsdiagramma in de vrije ruimte , op 7,1 MHz.  
Typische UDZ - figuur met 4,26 dBi winst.  
SGV = 1,7 :1 bij 50 ohm gemeten in de Tx/Rx.

Fig.12

75, 300, 450, 600 ohm, dan stelt dat balun probleem zich niet.

Op de twee onderstaande stralingsdiagramen ziet men dat men met deze antenne een typisch 8-vormig  $\lambda/2$  resultaat bereikt op 80 m, terwijl de 40 m straling en ontvangst gelijk is op deze, bekomen een gewone UDZ. Op 17 m en zelfs ook op de 21,2 MHz band, waarop deze antenne ook nog werkt, is het stralingsdiagram er een met verschillende lobben en een stralingshoek van 16 graden.

Maakt men de voedingslijn 25 m lang, dan werkt ze ook op de 30 m,12 m en op 28,4 MHz in de 10 m band. Met een 23 m lange voedingslijn, werkt de antenne op 14,2 MHz. Een gewijzigde 20 m UDZ voor de 40 m tot de 10 m banden (met behulp van een antennetuner), de WARC-banden ook.

Afmetingen: 20 m horizontaal, op het einde verlengd met 1,5 m vertikaal naar beneden hangend. Voedingslijn: open ladderlijn of 450 ohm lintlijn.

De Super Zepp is een elegante multiband draadantenne. De totale lengte is ongeveer deze van een 40 meter halve golf dipool, en ze wordt gevoed met een 450 ohm lintlijn die eindigt op de symmetrische uitgang van een antennetuner of afgesloten wordt op een 4:1 balun waar een 50 ohm coaxiale kabel aanhangt naar de uitgang van de Tx/Rx in de shack, via een antennetuner. De AWG 18 draad moet zo horizontaal

mogelijk opgehangen worden en bestaat uit twee lengten van 11,4 m waarvan 9,9 m horizontaal en (door een der gaten van een isolator gestoken, met het ander gat gevuld met een nylon koord dat naar een steunmast of boom loopt) 1,5 m op de uiteinden naar beneden hangend, onderaan verzwaard door een gewicht. De twee middelste uiteinden van elke draad worden stevig bevestigd aan een keramische, glazen of plasticen isolator, en daar elektrisch goed verbonden door soldeerverbindingen, met de loodrecht naar beneden lopende 450 ohm twin.

De antenne straalt en ontvangt breedzijdig (dus loodrecht op de richting waarin de antennedraden lopen), bv. zuidoost en noordwest. Ze is horizontaal gepolariseerd en ofschoon het aan te raden is, ze zo hoog mogelijk op te hangen, zal ze ook nog goed presteren op bijvoorbeeld 7 meter hoogte.

De antenne heeft de grootste winst op de 20 m band, 3 dBi. Het stralingsdiagram vertoont een grote scherpe lob in het midden die de antenne erg gericht maakt op die band, en twee zijlobben over 60-80 graden aan beide zijden van het midden. Op de 10 m band is ze veel minder directief.

Op de 40 en 30 meter banden werkt de antenne zoals een halve golf dipool, echter met brede en gemiddeld brede lobben, die maakt dat de antenne op die banden weinig richtingsgevoelig is en even goed in alle richtingen straalt en ontvangt.

Op 15 m en 27 m vertoont het stralingsdiagram twee brede lobben onder een hoek van 45 graden aan beide zijden van het midden, en ziet er uit zoals een vlinder, waarbij elke lob een bepaalde winst waarborgt. Dx onder een lage hoek behoort tot de mogelijkheden, net zoals straling onder een gemiddelde hoek voor dichterbij afstandsverbindingen door kortere skip werking.

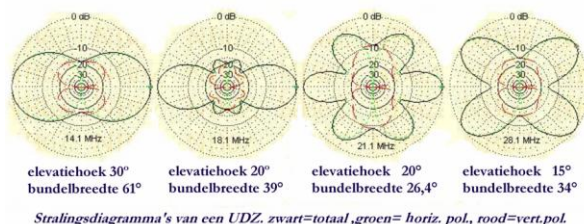


Fig. 13

Wat de uitvoering betreft, kan men zowel gebruik maken van de goedkope ei-

isolatoren, als het zelf vervaardigen van isolatoren uit plasticen klerenhangers, die in de gewenste vorm en lengte (10 cm) gezaagd worden en dan op de twee uiteinden doorboord om de draden door die gaatjes te trekken. Sommige van die hangers zijn sterk en goed bestand tegen veroudering door ultraviolette straling.

Alle draadverbindingen worden gesoldeerd en daarna geïsoleerd met silicone rubber, nog eens omwikkeld met waterbestendig plakband, tegen regeninslag.

Men kan er ook afsmeltbare lijm opdruipen, d.m.v. de in een lijmpistool verhitte bruine of witte staafjes. De 4:1 of 1:4, of een 1:9 balun, kan men zelf vervaardigen met twee tegen elkaar geplakte (met tweecomponenten lijm) ijzerpoeder ringkernen.

Bijvoorbeeld de kleinere T130 HF-materiaal rode kernen komen hiervoor in aanmerking, omdat hierdoor enkele honderden watta kunnen verwerkt worden zonder overdreven opwarming. Enkele lagen elektrische plakband rond de afgewerkte balun, zullen hem beschermen tegen beschadiging door uitwendige factoren.

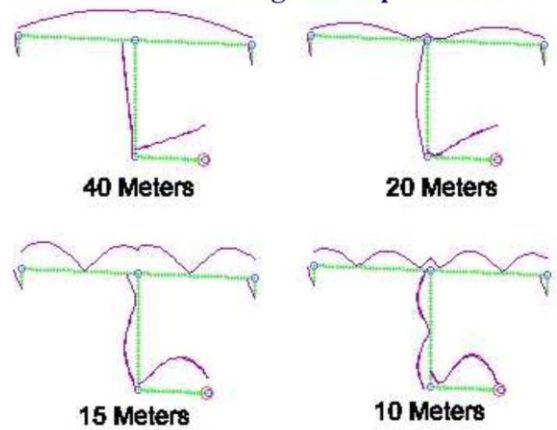


Fig.14

Deze antenne heeft 1,8 dB gain over een halve golf dipool, wanneer ze gevoed wordt met een hoogkwaliteit 450 ohm lintlijn, die eindigt op een eveneens hoge kwaliteit antennetuner met symmetrische uitgangen voor 300, 450 en 600 ohm.

### Uitgebreide Zepp voor de banden 10 m tot 80 m.

Het is mogelijk om een 20 meter uitgebreide Zepp te laten werken op 80 m door aan beide uiteinden van de antenne een verlengingsspoel + 2 lengten draad aan te brengen. Daardoor verlaagt de resonantiefrequentie van de antenne.

Een 20 meter lange draad in het midden gevoed, doet (met een antennetuner) dienst als op 40 m tot 10 m afstembare antenne, en wordt aan beide uiteinden verlengd met een naar beneden hangende koperdraad van 1,5 m lengte. Daardoor wordt de antenne een UDZ op de 20 m band. Op het uiteinde van elk van die draden wordt een verlengingsspoel gesoldeerd die twee functies heeft.

Ten eerste als sperkring te functioneren die zal zorgen dat de goede werking op de 10 m tot 40 m band behouden blijft van de nu 23 m lange antenne. Maar ten tweede ook toelaten dat de antenne met een antennetuner ook op de 80 m band kan werken en daarvoor is het nodig het naar beneden hangend gedeelte aan weerszijden nog meer te verlengen met 5 meter koperdraad die aan het laagste uiteinde van elke naar beneden hangende spoel gesoldeerd wordt. De totale lengte van de antenne bedraagt dan 33 meter maar met de zelfinductie van de twee verlengingsspoelen erbij, zit men dicht tegen 40 meter elektrische lengte, of een halve golf op 3500 kHz. Op de 80 m band werkt deze antenne dus als gewone dipool.

Het verlengen van de Zepp heeft wel invloed op het stralingsdiagram van bijvoorbeeld de 10 meter band, dat 8 lobben vertoont met een zeer kleine, dus lage straalhoek. Dit resulteert wel in zeer goede testresultaten in alle richtingen op 10 meters. Daarop werkt deze antenne dus omnidirectioneel. Op 15 m en 20 m werkt men probleemloos alle continenten met 50 watt PEP (als er condities zijn natuurlijk). Op de 40 m en 30 m banden werkt de antenne veeleer als dipool maar dan zonder al te veel directiviteit. Op 20 m werkt de antenne als dubbele Zepp of als volle golf dipool. Op 17 m werkt deze antenne het best en presteert zeer goed als uitgebreide dubbele Zepp. Op 15 m is deze werking niet zo ideaal door het ontstaan van een aantal zijlobben naast de hoofdlob.

### Vervaardiging van de verlengingsspoelen voor deze antenne:

De twee verlengingsspoelen worden gewikkeld op 30 cm lange pvc-buizen met 5

cm diameter, 16 windingen dikke geïsoleerde koperdraad gespreid per 5 cm lengte, 40 windingen in totaal per spoel. Wie een digitale RLC meter (zelf gemaakt of gekocht, kost bijna niets meer vandaag) in de shack heeft, kan het aantal windingen per spoel aanpassen tot de zelfinductiemeter  $27,5 \mu\text{H}$  aangeeft. Op 3,5 MHz van de 80 meter band betekent dat een inductieve reactantie  $jX = j\omega L = j \times 6,28 \times 3,5 \times 10^6 \times 27,5 \times 10^{-6} = j.605$  ohms en op 3,8 MHz is dat  $j.656$  ohms reactief. Er zal aan de uiteinden van elke spoel nog voldoende onbewikkelde pvc overblijven voor het boren van gaatjes en het aansluiten op de daarboven en beneden hangende antennedraad. Tegen slingeren in de wind kan men de naar beneden hangende constructie vastleggen en ondersteunen met nylon koord.

Men voedt de antenne in het midden met 300 ohm lintlijn en in de shack kan men dan met een 4:1 breedband balun overgaan naar de 50 ohm Tx-uitgang met een kort stuk coaxiale 50 ohm kabel, ofwel kan men beter voeden met een 450 ohm lintlijn en een 9:1 breedband balun voor hetzelfde doel gebruiken. Teneinde HF straling binnenin de shack tot een minimum te beperken, raden sommigen aan, over het coaxiaal gedeelte van de balun een aantal ferrietringkralen te schuiven (tussen de 10 en de 30 volgens silent key W6SAI).

### Uitgebreide Zepp (uit koperdraad) met een reflector, vooral voor de 15 m en 20 m band.

De antenne is opgevat als twee naast elkaar liggende yagi antennen, die in fase gevoed worden. Teneinde het ontwerp compacter te maken, zodat het ook op een beperkte plaatsruimte kan ondergebracht worden, bijvoorbeeld een tuin met een beperkte oppervlakte, of een zolder, werd er gekozen om voor de twee in lijn liggende actieve (colineaire) elementen ook twee reflectoren te gebruiken waar een onderlinge afstand van 2.7 meters bestaat tussen de straler(s) en de reflector(s) als compromisoplossing.

De straler van de antenne is dubbel uitgevoerd om zowel op de 20 m als op de 15 m band te kunnen werken, met twee koperen geleiders die op een onderlinge afstand van bijvoorbeeld 10 cm gemonteerd worden d.m.v. afstands-spacers of isolatoren. In het midden van de straler worden de uiteinden samen

gesoldeerd en ze worden samen gevoed. Voor de 15 m band werd een 'full size' afmeting gekozen. De antenne staat op 10 m boven de begane grond.

Een antenne afstemmer met symme-trische uitgangsklemmen is nodig tussen de Tx/Rx en de 450 ohm symmetrische voedingslijn die naar de antenne loopt. Als men een dergelijke lintlijn niet in de shack heeft, maar wel een 300 ohm twin voor televisie ontvangers, zal het met deze laatste ook lukken als men er geen groter vermogen dan 100 watt op toepast. Zonder antenne tuner kan men ook proberen met een breedband 9:1 of 6:1 of 4:1 balun de naar binnen getrokken lijn in de shack dan aan te sluiten op de 50 ohm uitgang van de Tx/Rx.

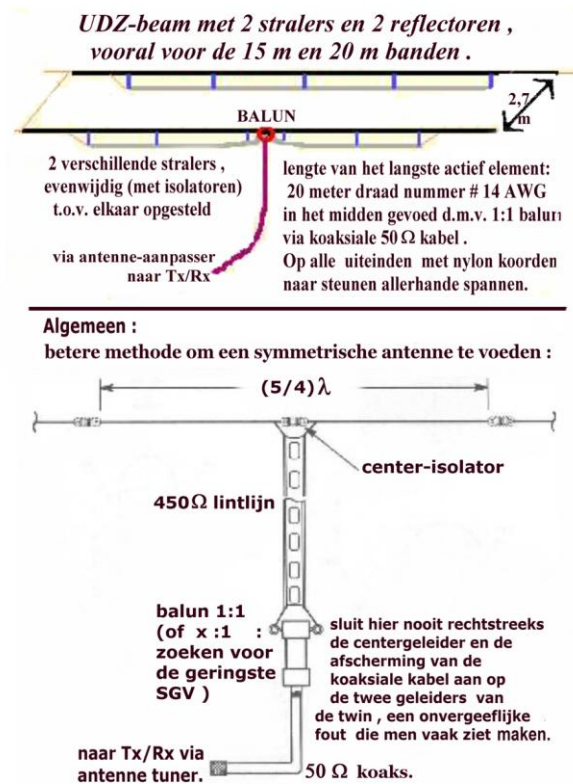


Fig. 15

De antenne werkt op 10, 12, 15, 17 en 20 meters. Op 10 en 12 meters heeft de antenne wel een zekere gain, maar vertoont een stralingsdiagram met meerdere lobben die niet loodrecht op de draad staan, en om deze toestand te verbeteren zou een achter de antenne opgehangen reflector een nuttige functie vervullen.

Op 17 meter werkt de antenne als dubbele Zepp met broadside straling t.o.v. de draad.

## Samenvatting.

De twee element yagi-stijl-antenne, is uitgerust met een reflector (1,05 maal de lengte van de dipool) i.p.v. een director. Dat de reflector staat op een afstand van 2,7 meter achter de dipool is een compromis voor een zo goed mogelijke werking op twee verschillende banden, 20 m en 15 m. Er bestaat een koppeling door wederzijdse inductie tussen de straler en de reflector en deze wederwerking beïnvloedt de grootte van de SGV. Om deze zo klein mogelijk te krijgen kan men de symmetrische voedingslijn, een 450 ohm lintlijn enkele centimeters verkorten. Het is ook mogelijk te voeden met een breedband balun waarnaar een goede kwaliteit 50 ohm coaxiale kabel loopt vanuit de shack. De beam wordt best zo hoog mogelijk boven de grond opgesteld, dat is hoger dan 9 meters. Zijn kleinste winst bedraagt 3,6 dB over een dipool en hij werkt vanzelfsprekend beter dan een Zepp-antenne zonder reflector.

## Een dubbele uitgebreide Zepp antenne voor de 2 m band.

Dit is een colineaire antenne. Twee  $5/8 \lambda$  secties in elkaars verlengde, worden in het midden in fase gevoed. Parallel met de twee voedingsklemmen staat er een haarpin die zoals uit de figuur blijkt, robuust uitgevoerd is, en waarvan het midden op het kortgesloten uiteinde rechtstreeks met de metalen drager kan geaard worden.

Voor de opbouw van de antenne zijn drie koperen pijpen van een 1,2 meter met 2,5 cm diameter vereist, zes T-stukken waarin deze buizen passen, vier koperen afsluitdopjes, en verder het soldeersel, weerbestendige isolerende plakband, waterdichtende pasta, en roestvrije stalen klemmen ter bevestiging aan een paal of mast.

Voor de constructie van de antenne hebben we enkele koperen stukken pijp nodig met de volgende lengten: twee stuks 35 cm lang, 4 stuks van 7,5 cm en twee stuks, 10 cm lang. Leg de onderdelen op een vlakke ondergrond en soldeer alles samen met een camping gas brandertje, soldeersel en eventueel fluxpasta om de soldeer gemakkelijker in de te dichten voegen te laten vloeien.

Na de bouw van de antenne, vervaardigen we nog een 4:1 balun, die bestaat uit een

$\lambda/2$  aanpassingssectie, en afhankelijk van de goede kwaliteit coaxiale kabel die we daarvoor gebruiken, is het  $\lambda/2$  stuk 62,5 cm of 76 cm lang afhankelijk van de verkortingsfactor 0,66 of 0,80 van de kabel, dus van het daarin gebruikte polydiëlectricum dat schuimisolatie of polyethyleen isolatie kan zijn. Dit komt men te weten door de karakteristieken van de kabel die men liggen heeft, op te sporen bij de fabrikant ervan of op het internet.

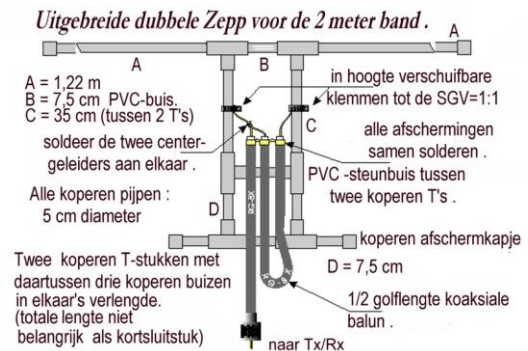


Fig. 16

De centergeleider en de afscherming van de voedende 50 ohm kabel worden met roestvrije metalen spanbandjes aangesloten op de voedingspunten van de balun en daarop heen en weer verschoven, bij excitatie met gereduceerd HF vermogen van de Tx, tot op 146 MHz de gunstigste waarde van de SGV gevonden is, en daarna definitief vastgeschroefd, ingesmeerd met siliconevet dat we kunnen halen bij Dow Chemical, waarvan er een fabriek staat in Terneuzen, Zeeuws Vlaanderen, en vervolgens met waterweer-stands biedende plakband omwikkeld.

De antenne en de balun zijn breedbandig genoeg om met een geringe SWR, naast de 146 MHz, met deze opstelling de gehele 2 meter band te kunnen bestrijken.

### 1:4 coaxiale balun.

Op HF/UHF gebruikt men vaak een 1:4 coaxiale balun die bestaat uit twee delen identieke coaxiale kabel:

- 1) een voldoende grote lengte tussen de antenne en de Tx/Rx.
- 2) een lengte gelijk aan een halve golf op de gekozen centerfrequentie van de band, maar nog te vermenigvuldigen met de verkortingsfactor ( $v_f$ ) van de kabel, meestal tussen de 0,66 en 0,8 afhankelijk van het fabricaat. Een verkortingsfactor geeft aan dat de hoogfrequente spannings- en stroomgolven niet met de snelheid van het licht (300000 km/sec.) doorheen de kabel lopen zoals in de vrije ruimte en in het

luchtledige, maar trager, bijvoorbeeld voor een  $v_f = 0,8$  slechts met een snelheid van  $0,8 \times 300000 = 240000$  km/sec. Daardoor wordt ook de lengte in de vrije ruimte verkleind tot 80% van bijvoorbeeld  $\lambda$  of in ons geval  $\lambda/2$ . Dat wordt dan de werkelijke lengte van de kabel, en indien we geen rekening houden met de  $v_f$ , zal onze installatie niet werken.

Nemen we als voorbeeld een 2 meter beam met een symmetrische dipool als straler die normaal met 75 ohm kabel zou moeten gevoed worden, maar omdat er een reflector achter staat en twee directoren ervoor, is zijn voedingspuntweerstand gedaald tot 37 ohm.

We kijken in de onderstaande tabel:

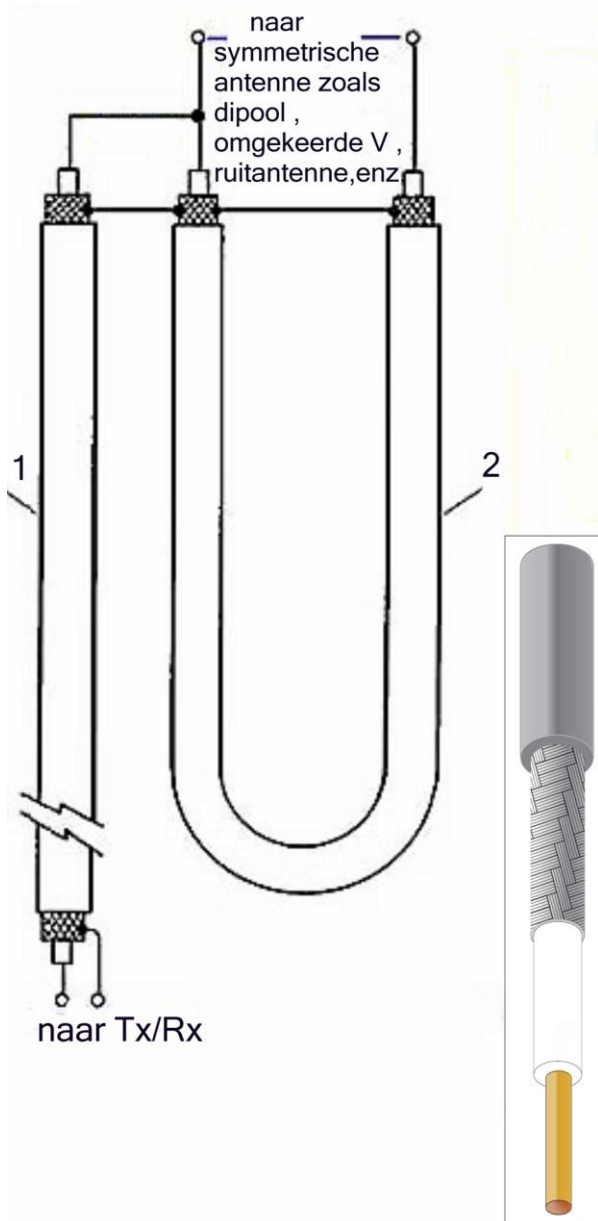


Fig. 17a

En komen tot het besluit, dat we best twee 75 ohm kabels in parallel solderen, dan is

hun karakteristieke impedantie  $75/2 = 37,5$  ohm geworden, dus net goed voor onze antenne.

Type	FP = schuim PE = poly- ethyleen .	percentage afgeschermd.	diameter (cm)	verkortings- factor $v_f$	verzwak- king per 30 meter.
<b>50 Ohm koaksiale kabel .</b>					
RG-8	FP	97%	1	0.78	0.5db
RG-8*	FP	*96%	1.22	0.78	0.5db
RG-8A	PE	97%	1	0.66	0.5db
RG-8X	FP	*96%	0,8255	0.82	0.5db
RG-58	PE	95%	0,5	0.66	1.2
RG-58A	PE	96%	0,5	0.66	1.4db
RG-58A*	PE	*96%	0,6	0.66	1.5db
RG-58C	PE	96%	0,5	0.66	1.4db
RG-174	PE	88%	0,535	0.66	3.3db
9913	FP	100%	1	0.84	0.4db
<b>75 Ohm koaksiale kabel</b>					
RG-11	FP	95%	1	0.78	0.4db
RG-11A	PE	97%	1	0.66	0.7db
RG-59	PE	95%	0,37	0.66	1.1db
RG-59*	FP	*96%	0,8	0.79	1.0db
RG-59B	PE	95%	0,62	0.66	1.1db

\* = dubbele afscherming

Fig.17b

Uit de tabel kiezen we RG59\* kabel omdat die slechts 1 dB verlies vertoont per 30 lopende meters. Zijn  $v_f = 0,79$ , zodat op 146 MHz in de 2 meter band,  $\lambda = 300/f = 300/146 = 2,054$  m en  $\lambda/2 = 1,027$  m, maar rekening houdende met de verkortingsfactor, wordt dat  $1,027 \times 0,79 = 0,81$  m. Darmee hebben we de afmetingen van onze beam en de figuur toont hoe we dat halve golflengte stuk moeten solderen aan de hoofdkabel die het andere been van de symmetrische antenne zal voeden.

We zitten hier nog wel met een probleem, namelijk dat de 50 ohm uitgang van de Tx/Rx viermaal zal opvermenigvuldigd worden tot 200 ohm, en dat zou goed zijn voor een uitgebreide dubbele Zepp (UDZ) die soms tussen de 140 en de 200 ohm voedingsweerstand heeft, of voor de hier beschouwde 4 element beam waarin we de dipool daarin zouden vervangen door een gevouwen dipool. Van deze laatste zou de voedingspuntweerstand van 300 ohm door de aanwezigheid van een reflector en twee directoren, dalen tot 200 ohm, dus net goed om er een 1:4 balun voor te maken.

In het geval dat we hier beschouwden van een 37 ohm antenne, die we zouden voeden met een 1:4 balun was onze keuze

dus niet goed, en zouden we een antenne-afstemmer moeten gebruiken om in dit geval vanuit een 50 ohm Tx/Rx, een 37 ohm antenne goed te laten presteren. Voor een UDZ zal de  $\lambda/2$  coaxiale balun wel een goede keuze zijn, en andere soorten baluns met een hogere transformatieverhouding 1:6, 1:9, 1:12 in feite nog beter.

### Breedband balun.

#### Eenvoudig te wikkelen 50 ohm naar 200 ohm, dus 1:4 balun.

Deze kan bijvoorbeeld bestaan uit 4 lengten geëmailleerde of op een andere manier geïsoleerde koperdraad van 2 mm dik, volgens de afbeelding met telkens 2,5 windingen gewikkeld op 2 ringkernen van het type 4C6 of 4C65 van Philips.

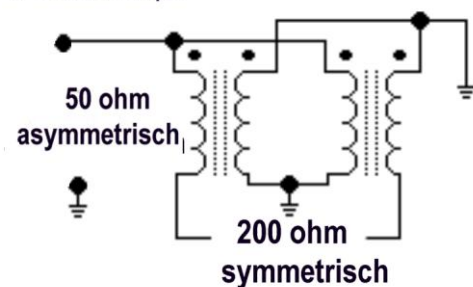


Fig. 18

De afbeelding spreekt voor zich.

### Magische antenne lengten voor Multibandwerking.

Wie experimenteerde met dipoolengten die de beste prestaties opleverden, is tot het besluit gekomen dat 26,7 m goed geschikt is voor het werken op 80 m en 20 m, en de helft van deze lengte, 13,35 m voor goede prestaties op 40 m en 10 m. Dit alles met aanvaardbare en redelijke waarden van de SGV. De 26,7 m lengte werkt op de 20 m band als UDZ-antenne, wat betekent dat de antenne  $(5/8)\lambda$  lang is aan elke zijde van de centerisolator.

Op 20 m zou deze antennelengte een winst van 3 dB (nog te verifiëren door meting met een veldsterktemeter) opleveren t.o.v. een halve golf dipool, eveneens met breedzijdig of broadside straling, wat de hoofdlob van het antennestralingsdiagram betreft.

Op 80 m presteert deze antenne ook goed met een iets kleinere winst dan een volle lengte halve golf dipool voor de 80 m band. De staande golf verhoudingen zijn echter groot, namelijk 50:1 op 80 m en 13:1 op 20 m, in beide gevallen bij voeding van de antenne d.m.v. een 450 ohm lintlijn. Teneinde met dergelijke hoge SGV te kunnen werken, is een goede antennetuner

nodig met symmetrische uitgang die de SGV reduceert tot redelijke waarden, en liefst een voeding met kippenladder uit twee dikke koperen draden of koperen geleiders die bestaan uit een groot aantal door elkaar gevlochten draadjes, die geen enkel verlies invoert en dus ook overvonking of doorslag voorkomt, zelfs bij hoge SWR. Deze laatste hangt ook af van de hoogte waarop de antenne gespannen is t.o.v. de grond. Hoe hoger, des te kleiner de SWR. Beste hoogte =  $\lambda/2$  op de laagste frequentie waarop de antenne nog gebruikt wordt.

De 13,35 m lange antenne werkt op de 10 m band als UDZ met minstens 2 dB winst boven deze van een dipool. Op 40 m is de lengte korter dan deze van een halve golf dipool, maar toch werkt de antenne goed op deze band, zij het dan wel terug met een hoge waarde van de SGV.

Een antenne die 18 meter lang is (17,8 m) werkt goed op de 21 MHz en op deze 15 m band heeft ze een broadside stralingsdiagram met 3 dB winst over een halve golf dipool. Op de 40 m band werkt deze antenne ook goed, met een redelijk kleine SGV. Vergroot men de lengte tot 20,6 m, dan werkt deze antenne prima als gewone dipool op de 40 m band met een kleine SGV, en op de 17 m band werkt ze als UDZ met 3 dB winst over een dipool op die band.

### Hoe beginnen we aan het zelf maken van een UDZ.

1) Kies een amateurband waarop bij voorkeur zal gewerkt worden. We nemen als voorbeeld de 20 m band omdat die altijd open is, en altijd DX toelaat, ook als andere banden 'dood' zijn.

2) Als uitgangspunt, vertrek altijd van de laagst mogelijke werkfrequentie, in dit geval 14 MHz. Om de golflengte op die frequentie te weten te komen, pas de standaard formule toe:  $\lambda = c / f$  met  $\lambda$  in meters,  $c = 300$  en  $f$  de frequentie in MHz. In dit geval:  $\lambda = 300 / 14 = 21,43$  meters. Vermits de UDZ bestaat uit twee in het midden gevoede lengten van  $0,64 \lambda$ , betekent dit tweemaal  $0,64 \times 21,43 = 13,7$  m of een antenne met een totale lengte van 27,4 m. Voeg aan die lengte aan weerszijden nog 20 cm toe voor het bevestigen van de eindisolatoren en in het midden de centerisolator en dit levert 27,8 m op. Dit zal te lang blijken te zijn en kan verkortend bijgeknipt worden tijdens de

praktische uitvoering en opstelling, er ook mee rekening houdende dat men niet op 14 MHz zal werken maar een center-frequentie zal kiezen die hoger ligt ergens in het midden van de band, bv. 14,15 MHz. In dat geval wordt  $\lambda = 300/14,15 = 21,2$  m, dus gaat er al 20 cm af en tweemaal  $21,2 \times 0,64 = 13,6$  m of een totale lengte van 27,2 m als vertrekbasis.

3) Bij Gamma of in een ander groot winkelcentrum, zijn rollen geïsoleerde koperdraad met een dikke koperen geleider verkrijgbaar aan een redelijke prijs.

4) Koop een rol van 50 m, en knip daaruit een stuk 27,6 m, juist in twee te verdelen.

5) Bevestig de centerisolator, en aan weerszijden daarvan, soldeer het uiteinde van een 450 ohm lintlijn met grote gaten in de isolatie, dus van goede kwaliteit. Verstevig dit geheel naar eigen opvatting met bv. een polystyreen of teflon plaatje aan weerszijden daar tegengeschroefd en omwikkeld met regenbestendig plakband, want de lijn zal vertikaal naar beneden hangen, verdient mechanische ondersteuning en zal veel verduren hebben in weer en wind.

Wie verder wil gaan dan dat, kan de 450 ohm lijn vervangen door een zelfgemaakte feeder uit twee koperdraden, die op een afstand van bv. 8 cm van elkaar gehouden worden door plastieken spacers, met een ijzerzaag op een iets grotere maat gesneden, bv. 10 cm uit pvc-elektricitetsbuis, om er op de uiteinden gaatjes te kunnen in boren waar doorheen de 2 geleiders getrokken worden.

Bedenk een oplossing om te verhinderen dat de afstandsisolatoren op die zelfgemaakte kippenladder in weer en wind van plaats verschuiven.

6) Voedt het andere einde van deze feeder in de shack, via een antennetuner met symmetrische uitgang.

7) Indien zelf gebouwd, kan een dergelijke antennetuner voorzien zijn van 600, 450, 300 en 75 ohm symmetrische uitgangen. Probeer de drie eerst vermelde met gereduceerd vermogen van de Tx bij het voeden van de antenne, nadat ook de eindisolatoren aangebracht zijn en de antenne voorlopig zo hoog mogelijk opgehangen, en kies definitief de aansluiting op de tuner, die de kleinste SGV oplevert op in dit geval 14,15 MHz. Indien de opstelling geen gunstig resultaat oplevert, d.w.z. een SGV kleiner dan 1:2, haal de antenne terug naar beneden en pas

de lengte aan, verkort vanaf de eindisolatoren.

8) Degenen die dit alles te moeilijk of te tijdrovend vinden, kunnen de antenne ook voeden via een breedband 9:1 ijzeroxide- of ferrietring balun ter plaatse van de centerisolator en gevoed d.m.v. een coaxiale 50 ohm kabel, maar deze werkwijze zal nooit de goede resultaten opleveren die men bekomt met de zojuist beschreven symmetrische voeding.

Laten we ons hoeden voor beschrijvingen die men op het internet of in radioamateur tijdschriften vindt, over het voeden met o.a. een 'Reisert choke-balun'. Heel dat chokege-doe is geen balun. Degenen die het probeerden, komen tot het volgende besluit: "you'll risk (kankerverwekkende) RF in the shack, and a weird radiation pattern".

9) Indien men door bijtrimmen van de antennelengte nog een te grote SGV bekomt, kan men ook de voedingslijn met enkele centimeters of tientallen centimeters verkorten tot wanneer de SGV over de ganse 20 meter band in de buurt ligt van 1,1:1. D.m.v. de antennetuner moet het ook mogelijk zijn dezelfde antenne te laten werken op de 15 m en de 40 m band. Wie niet veel plaats heeft, ontwerpt de antenne voor de 10 m band en spant ze op de zolder.

10) Wie de UDZ uitgeprobeerd heeft, keert nooit meer terug naar de dipool. De UDZ presteert veel beter, zowel bij ontvangen als zenden.

### **20 Meter Verticale Zepp.**

Met deze antenne is DX mogelijk als men een antenna afstemmer gebruikt.

De antenne is vervaardigd uit een 5 meter lange aluminium buis met 5 cm diameter, dus een kwart golf op de 20 m band. Dwars doorheen de binnenkant van de buis loopt een coaxiale kabel naar boven, waar de centergeleider daarvan goed elektrisch geleidend verbonden wordt met dit uiteinde. De afscherming van de kabel blijft losliggen en wordt nergens aan verbonden. Aan de onderzijde van de 5 m lange pijp worden zowel de binnengeleider als de afscherming op een stuk rechthoekig PVC of op een kort stuk PVC-pijp rond of in de alu-antenne geschoven, geklemd onder twee geelkoperen schroeven of met eraan gesoldeerde soldeerlippen onder moeren op de bouten vastgezet, en dat zijn dan de aansluitingen waar de coaxiale kabel die



met de uitgang van antenne tuner verbonden is, op uitmond.

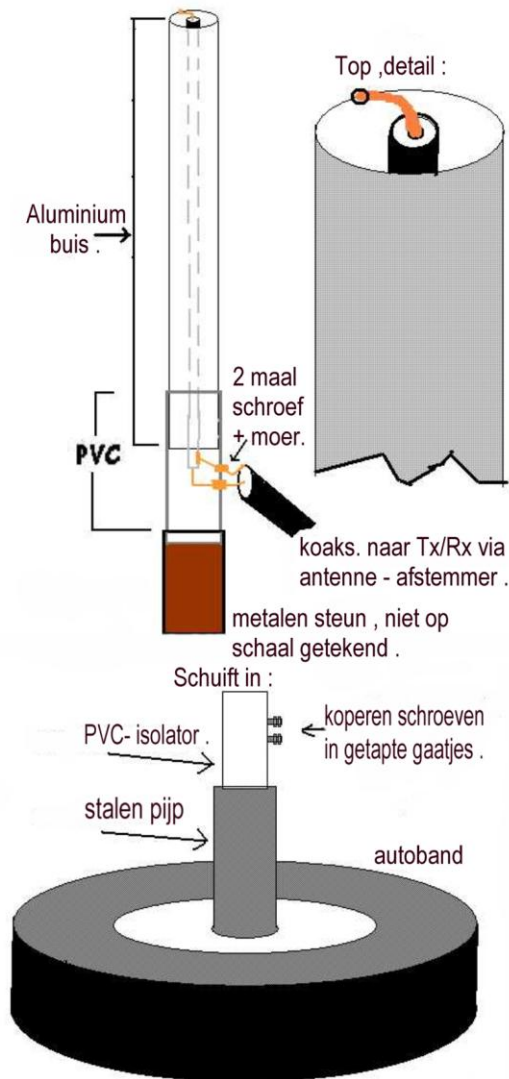


Fig. 19

De onderzijde van de verticale antenne is gemonteerd in het midden van een afgedankt autowiel met de er nog op aanwezige autoband (deze laatste doet dienst als isolator). Dit geheel dient als steun, en kan het best gelegd worden op het plat dak van een garage of een ander gebouw, dus niet rechtstreeks op de grond, want dan staat de antenne te laag opgesteld.

Er zijn geen radialen nodig onderaan de antenne, zoals bij een grondvlak antenne. Ze kan wel tegen windvlagen op enkele plaatsen ondersteund worden door nylon koorden die naar de vier uithoeken van het dak lopen en daar vastgemaakt worden. De elektrisch verbonden uiteinden van de coaxiale kabels (RG8U: goedkoopst, maar daarom niet de beste kwaliteit) kunnen verzegeld worden met weerbestendige niet corrosieve pasta, bv. van Dow Chemical. De

antenne werkt goed als Zepp (en niet als de helft van een gewone halve golf dipool) op twee banden: de 14 MHz en de 18 MHz. Op 7 MHz en 21 MHz werkt ze niet, de SGV is te hoog.

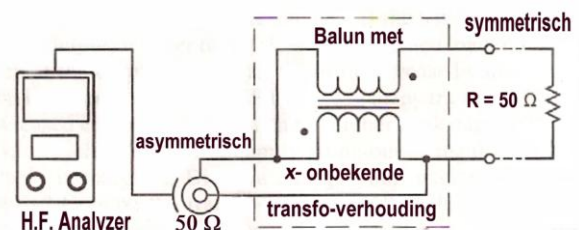
### Naschrift.

#### 1) Herkennen van de transformatieverhouding van een balun.

Als men in het bezit gekomen is van een balun met onbekende impedantieverhouding tussen de asymmetrische ingang en de symmetrische uitgang, stelt de vraag zich, hoe men deze te weten kan komen. Dat lukt natuurlijk niet door met een gewone ohmmeter de weerstanden van primaire en secundaire of wat daar voor dient, te meten, want inherent aan een balun is, dat de spoelen of delen daarvan, werken als reactanties en niet als gelijkstroomweerstand.

Een weerstandsaflezing zou trouwens een lage waarde opleveren, deze van bv. een meter koperdraad, dus onbruikbaar.

We gaan er van uit dat de balun die voor ons ligt, een ingangsimpedantie heeft van 50 ohm, om op de ingang een coaxiale voedingskabel met deze golfweerstand te kunnen aansluiten. Om te meten, hebben we een H.F. Analyser nodig, zoals de MFJ-259 of de Autek RF1. We maken hiermee de opstelling van de volgende figuur, en sluiten de symmetrische uitgang van de balun af op een 50 ohm (1/2 watt) koolstofweerstand, dus geen gewikkelde inductieve weerstand.



*Het meten van de onbekende impedantieverhouding van een balun met 50 ohm ingangsimpedantie. Sluit de uitgang af op een 50 Ω weerstand en lees de transformatieverhouding rechtstreeks af op de H.F. Analyzer als de waarde van de SGV = SWR = x:1*

Fig. 20

We voeden nu de balun vanuit de Analyser, ingesteld voor het aflezen van een Staande Golf Verhouding en lezen deze af.

Indien we een SGV=SWR aflezen met een waarde 1:1, dan betreft het een 1:1 balun, lezen we 4:1 af, dan is het een 4:1 balun, enz. De R.F.

Analyser stuurt zo weinig vermogen naar de schakeling, dat de 50 ohm afsluitweerstand, er ook een zou mogen zijn met ¼ watt dissipatie, i.p.v. de hierboven vermelde ½ watt.

## 2) Bliksemafleider voor symmetrische voedingslijn.

Als we onze antenne voeden met een symmetrische voedingslijn zoals een kippenladder of een 450 ohm lintlijn, hoe beschermen we dan het geheel van de installatie, de Tx/Rx inbegrepen, tegen een eventuele bliksemingslag?

Een eerste mogelijkheid bestaat erin zich een commerciële uitvoering aan te schaffen zoals de uitvoering met toroïdale spoelen waarvan de zelfinductie zich volgens de wet van Lenz verzet tegen het plots invallend piekimpuls van een inslaande bliksem.

De tweede mogelijkheid is aantrekkelijker, en kost ons geen geld wanneer we nog twee afgedankte ontstekingskaarsen liggen hebben van onze bromfietsmotor, of van de automotor.

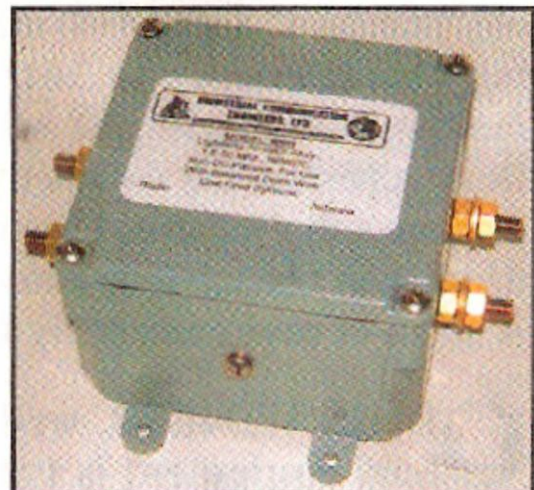
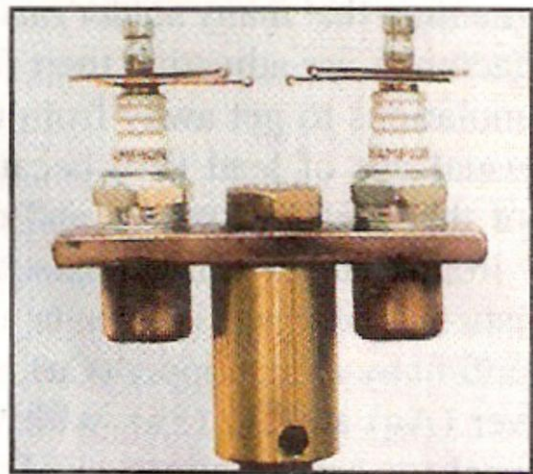
De volgende foto toont de montage, waarbij de metalen drager, waarop de twee bougies vastgeschroefd zitten, met een dikke draad of kabel goed elektrisch geleidend verbonden wordt met een goede aarding, bv. een onder de antenne ingegraven metalen plaat, waaraan de kabel gebrazeerd wordt. De twee geleiders van de voedingslijn worden vanzelfsprekend geschroefd onder de toppen uit geleidend metaal (draadgetrokken asje + moer) van de ontstekingskaarsen.

Als dure oplossing kan men op de plaats van de twee kaarsen ook twee commerciële coaxiale bliksemafleiders gebruiken, waarvan hieronder een voorbeeld volgt:



Typische bliksemafleiders voor koaxiale kabels, zoals de hier afgebeelde PolyPhaser IS-50UX en IS-B50LU.

Fig.21a



Twee bliksemafleiders voor symmetrische voedingslijnen. De bovenste vervaardigen we zelf met twee ontstekingskaarsen van een auto. Die daaronder, een commerciële, is uitgevoerd met toroïdale spoelen.

Fig. 21b

In de centergeleider aansluiting van deze uitvoeringen komt dan telkens één der

geleiders van de symmetrische voedingslijn, terwijl de buitenmantel van de connectoren op deze doosjes geaard wordt.

Een eenvoudige en van oudsher gekende manier om de transceiver te beveiligen tegen blikseminslag, is de binnengeleider van de coaxiale antenneaansluiting met de afscherming kort te sluiten d.m.v. een messchakelaar en deze twee te gelijktijd te aarden als er een onweer dreigt. Dit is mogelijk door op de zender/ontvanger connector een T-coaxiaal verbindingstuk te schroeven, dat aan de uitgang doorloopt naar de antenne of de antennetuner, en anderzijds afgetakt wordt naar de naar massa kortsluitende schakelaar. Als we het toch over aarden hebben, of over een in de grond ingedolven metalen plaat, waaraan de aardingskabel gebraseerd is, kunnen we die plaat tegelijkertijd ook verbinden met een tegengewicht uit stervormig uiteenlopende draden, onder de antenne 10 cm diep ingegraven:



**Twee mogelijke vormen van een tegengewicht. In het centrum M worden alle draden goed elektrisch verbonden met een diep in de grond geslagen roestvrije stalen pin of pijp .**

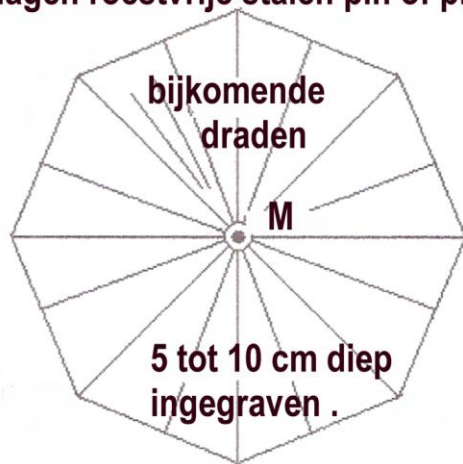


Fig. 22

Voor een uitgebreide dubbele Zepp is zoals hogerstaand vermeld een dergelijk tegengewicht niet nodig maar het is altijd nuttig voor elke andere horizontaal gespannen antenne in onze tuin, indien we tenminste niet op een appartement wonen of in een huis met een minikoertje achteraan.

Als men over een tuin beschikt, dan doet men er best aan de vanuit het centerpunt uiteenlopende koper- of ijzerdraden zo ver mogelijk naar alle hoeken van de tuin te laten lopen (en wel onder alle mogelijke gebogen vormen, dat mag ook), hoewel men voorschrijft dat ze een kwart of halve golflengte lang zouden zijn op de centerfrequentie van de meest gebruikte amateurband. In het centraal punt onder de meest gebruikte antenne, worden ze goed geleidend samen gesoldeerd of gebraseerd aan een zo diep mogelijk in (het grondwater van) de grond ingeslagen roestvrij ijzeren/stalen buis of paal.

Deze laatste kan dan met een kabel verbonden worden met de aardingsplaat van onze bliksemafleider, een betere installatie is nauwelijks denkbaar.

## Bibliografie, geraadpleegde werken.

- 1) Extended double Zepp, door Steve Shorey, in Antenna Pages 2002, MET COMMENTAAR VAN N4UFP.
- 2) A Closer Look at The Extended Double Zepp Antenna, door George Murphy VE3ERP.
- 3) Dubbele uitgebreide Zepp Antenne, door W2HT, in hamuniverse.com van januari 2011.
- 4) Why not build an EDZ that will operate on 3.5 to 30 MHz, door G5FW.
- 5) The extended double Zepp (EDZ), in Welcome to the G3ZPS Web Pages 2002, door Steve Shorey.
- 6) An improved double Zepp antenna, door Rudy Severns, N6LF, in het ARRL Antenna Compendium Vol.4 1995.
- 7) The Extended Double Zepp, Cut for 15 Meters, in UH HAM CLUB HOME PAGE\_12/1999.
- 8) The Half-Extended Double Zepp (HEDZ) Antenna - A dual-bander for 80M and 40m, in *WorldRadio*, maart 2007, (W5DXP's No-Tuner All-HF-Band Antenna System).
- 9) NB6Z super-Zepp, door Tim K3LR.
- 10) 2m Double Extended Zepp Antenna, door John Lester +VE3MB +Paul Davidson VE3UUM, in TCA: Tri-County Amateur Radio Club, augustus 2006.
- 11) W5JH Projects, door Jerry W. Haigwood, in W5JH PROJECTS PAGE 2001.
- 12) *Extended Double Zepp Antenna*, door Steven Wright, augustus 2000.
- 13) 20 Meter Vertical Zepp Dipole Antenna, door Carl H. Dahlberg N7AGK, met commentaar door N4UJW, in [hamuniverse.com](http://hamuniverse.com) en Ham Radio maart 2010.
- 14) The 40M Extended Double Zepp, door Jim Streible K4DLI.
- 15) Over bliksemafleiders op internet: [www.arrrl.org/tis/info/lightning.html](http://www.arrrl.org/tis/info/lightning.html)

