



De korte dipool antenne

K. Spaargaren, PAoKSB, Amstelveen

Inleiding

Tijdens het Technonet op 13 juni 1987 vroeg PAoLZ wat er verwacht kan worden op 80m van een antenne die in Rothamel een 'Doppel-Zepp' wordt genoemd. Een gewone open dipool van circa twee maal tien meter, gevoed door een open voedingslijn van dertien meter lengte (zie figuur 1). Zoals bekend kan er met zo'n antenne uitstekend op alle banden worden gewerkt. Maar op 80m is de antenne wel erg kort. Werkt hij daar dan ook erg slecht? Vele amateurs bemoeiden zich ermee tijdens dit QSO, zo ook ik. Na afloop had ik het idee dat niet alle aangedragen stukjes van de puzzel in elkaar pasten. Gezien de eenvoud van de antenne, de grote belangstelling ervoor en de goede resultaten (die ik zelf ook met zo'n soort antenne heb) heb ik de moeite genomen het eens wat nauwkeuriger uit te zoeken. De resultaten zijn niet precies, maar geven wat meer inzicht in deze problematiek. Eerst de antenne, dan de voedingslijn en tot slot de antennetuner.

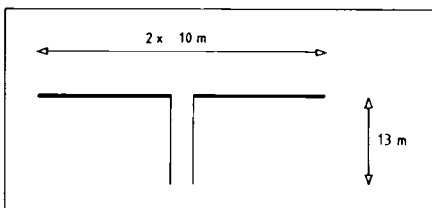


Fig. 1. De "Doppel-Zepp".

De Antenne

Een hoge halve golf dipool heeft een stralingsweerstand van ongeveer 70 ohm. Dit is de denkbeeldige weerstand van het mechanisme waarbij de H.F. elektrische energie uit de zender wordt omgezet in stralingsenergie. Wordt een dipool korter gemaakt dan daalt de stralingsweerstand en er komt een capacatieve component bij. In het ARRL antenne boek, veertiende editie, staat hoe dit verloopt. Er wordt daar gewerkt met een verticale antenne boven een ideaal geleidende aarde, maar er wordt vermeld dat voor een dipool de gegeven waarden in serie geschakeld gedacht mogen worden. In figuur 2 is het elektrische vervangingsschema getekend van de 'Doppel-Zepp'. De stralingsweerstand is ca. 14 ohm en de capacatieve reactantie ca. 600 ohm (76pF bij 3,5 MHz). Wat voor verliezen treden er nu in zo'n antenne op, aangenomen dat de uiteinden zeer goed geïsoleerd zijn? De verliezen ontstaan door de koperdraad weerstand van de antenne draad. Een deel van de toegevoerde energie wordt omgezet in warmte in de draad. Door het skin effect loopt de H.F. stroom maar in een heel dun laagje aan de buitenkant van de draad, waardoor de H.F. weerstand veel groter is dan de weerstand voor gelijkstroom. Volgens

het Radio Engineers Handbook van Frederick Terman (1950) is de H.F. weerstand van een koperdraad:

$$\frac{83,2 \sqrt{f}}{d} \times 10^{-9} \text{ (ohm/cm)}$$

f in Hz, d is de draaddoorsnede in cm.

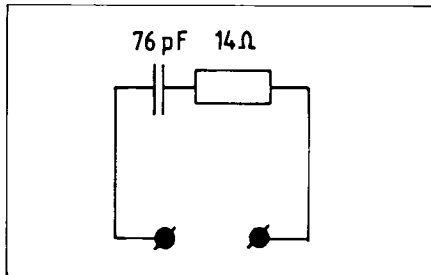


Fig. 2. Vervangingsschema bij 3,5 MHz.

Voor een antenne draad van 2,5 mm doorsnede en bij een frequentie van 3,5 MHz levert deze formule een weerstand op van 62 milliohm per meter. (De gelijkstroomweerstand is veel lager; ca. 3,5 milliohm per meter.) 20 m antenne draad heeft dan een H.F. weerstand van 1,24 ohm. De stroom in een dipool is het grootst in het midden en neemt af tot nul aan de einden. Volgens Moxon (H.F. antennes for all locations) behoeft daarom slechts de helft van de H.F. draadweerstand in rekening te worden gebracht als verliesweerstand. In ons geval dus 0,62 ohm. De stralingsweerstand van 14 ohm geldt voor een antenne vele golflengtes boven aarde. Voor een praktische antenne op zo'n 10 m hoogte (1/8 golflengte) zou volgens het ARRL antenne handboek de stralingsweerstand nog eens gehalveerd worden. Dit geldt voor een ideaal geleidende aarde; als er aardweerstand is, is de afname minder. Ik werk verder met een stralingsweerstand van 10 ohm. Hoe de capaciteit verandert, heb ik niet kunnen vinden. Ik houd de waarde van 600 ohm (76pF bij 3,5 MHz) aan, zie fig. 3.

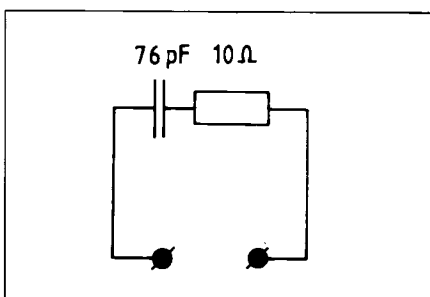


Fig. 3. Vervangingsschema met verminderde stralingsweerstand van de antenne op 10 m boven de aarde.

In fig. 4 is het vervangingsschema inclusief de verliesweerstand R_v aangegeven. Voor alle duidelijkheid nog even: De straling wordt verzorgd door R_s (10 ohm). R_v is de verliesweerstand, C werkt eigenlijk

alleen maar storend, maar er kan geen energie in worden gedissipeerd. Daarom werkt men graag met antennes in resonantie waarbij de weerstand van C nul ohm is (halve dipool of in serie resonantie brengen door een spoel bij een H.F. beam).

Van de totale toegevoerde energie wordt dus door de 10 ohm stralingsweerstand uitgestraald:

$$\frac{10}{10 + 0,62} \times 100\% = 94\%$$

In dB's uitgedrukt geeft dit een verlies t.o.v. een verliesvrije situatie van

$$10 \log \frac{10}{10,62} = 0,26 \text{ dB}$$

De eerste conclusie is dat de antenne zelf een zeer gering verlies geeft t.o.v. een halve golf dipool.

Ofschoon we wel steeds over de lage stralingsweerstand spreken, gedraagt de antenne zich capacatief en zelfs hoogohmig door de aanwezigheid van de C van 76 pF (600 ohm).

Een rekenvoorbeeldje zal dit verduidelijken.

Stel we sturen 20 watt in de antenne. De antenne stroom wordt dan

$$\sqrt{\frac{20}{10,62}} = 1,88 \text{ A}$$

Die stroom loopt ook door de C van 76 pF. Over de aansluitklemmen staat dan een spanning van

$$1,88 \cdot \sqrt{600^2 + 10,62^2} = 1128 \text{ volt.}$$

(Aan de 50 ohm zenderuitgang staat bij 20 watt slechts

$$\sqrt{50 \times 20} = 31,6 \text{ V.})$$

Voor het transformeren zorgen de voedingslijn en de antennetuner.

De Voedingslijn

We gaan uit van 600 ohm open voedingslijn. Het zal duidelijk zijn dat er van aanpassing van de lijn aan de antenne geen sprake is. Een niet aangepaste voedingslijn heeft twee effecten:

1 Afhankelijk van de lengte van de voedingslijn wordt de antenne-impedantie getransformeerd.

2 In een voedingslijn met hoge S.G.V. (staandegolfverhouding) treden flinke extra verliezen op.

Hoe een bepaalde lengte voedingslijn een antenne-impedantie transformeert kan het gemakkelijkst worden gezien m.b.v. een Smithchart.

Preciese berekeningen zijn nogal ingewikkeld, zodat ik alleen wat extreme waarden geef.

Stellen we de stralings- en verliesweerstand op 10,62 ohm en de capacatieve reactantie op 600 ohm, dan is de complexe impedantie 10,62-600 j. Mijn Smithcharts zijn erg onnauwkeurig in dat gebied. Wel is duidelijk dat de S.G.V. zeer hoog is, circa 100.

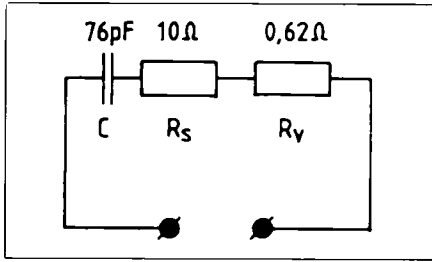


Fig. 4. Vervangingschema inclusief draadverliesweerstand.

Afhankelijk van de kabellengte zal de antennetuner een zeer 'veel' andere impedantie kunnen zien dan de eigenlijke antenne-impedantie. Een paar extreme waarden:

Bij een kabellengte van ca. 1/8 golflengte (10 m) ziet de antennetuner een ohmse weerstand van ca. 5 ohm. Bij een lengte van 3/8 golflengte kabel ziet de tuner ca. 60 kohm. Plaatselijk treden er in de lijn veel grotere stromen en spanningen op dan wanneer de lijn "flat" zou zijn. De verliezen zijn groter dan bij een juist aangepaste lijn. Daar waar grote stromen lopen zullen de koperdraadverliezen domineren, daar waar hoge spanningen staan zullen de verliezen in het dielectricum het grootst zijn. Bij een open voedingslijn is het dielectricum bijna geheel lucht, waardoor de dielectrische verliezen zeer klein zijn en zelfs verwaarloosd kunnen worden t.o.v. de koperdraadverliezen. Deze laatste zijn weer eenvoudig te berekenen, rekening houdend met het skin-effect.

Bijvoorbeeld 30 m (100 ft) 600 ohm lijn gemaakt van koperdraad van 2,5 mm doorsnede heeft een H.F. weerstand van $60 \times 0,062 \text{ ohm} = 3,72 \text{ ohm}$.

Bij juiste aanpassing aan 600 ohm zou dit een verlies geven van $10 \log \frac{600}{600 + 3,72} = 0,027 \text{ dB}$

(Dit klopt goed met de in een oud ARRL-handboek gegeven waarde van 0,03 dB per 100 ft op 80 m).

In aangepaste toestand is het verlies van zo'n lijn dus zeer gering. Bij een S.G.V. van 100 zullen, zoals gezegd, de plaatselijk grote stromen extra verliezen geven. De grafieken hiervoor in het ARRL-handboek gaan niet verder dan de staande golf verhouding van 20.

De berekeningen zijn nogal ingewikkeld omdat de stroom op elke plaats anders is. Een computerprogramma van PAoSKS berekent dat er ca. 1,2 dB extra verlies optreedt. Dit alles dus in 30 m voedingslijn op 80 m. Bij 10 m lijn zou zo'n 0,4 dB mogen worden verwacht. Toch is de extra demping opvallend groot.

Tot zo ver zijn de verliezen van antenne en voedingslijn zeer gering, vergeleken met een full size situatie. Er kan nog een adder onder het gras zitten. Rothammel

spreekt over "Gleichtaktwellen" op een voedingskabel. Als stroom en spanning in de twee draden van de voedingslijn niet precies even groot zijn en 180° faseverschil hebben, zal de lijn mee gaan stralen. Dit kan een paar nadelige effecten hebben: het stralingsdiagram van de dipool wordt vervormd en alle door de lijn uitgestraalde energie bereikt de dipool niet, hetgeen als een extra verlies kan worden gezien.

Waarschijnlijk wordt de meeste door de lijn uitgestraalde energie gedissipeerd in de nabije omgeving omdat de lijn meestal niet in de vrije ruimte hangt.

Ik kan me voorstellen dat bij zo'n grote staande golf verhouding als bij de onderhavige antenne een kleine asymmetrie in de antennetuner of in de capaciteit van de lijnaders tegen hun omgeving deze "Gleichtaktwellen" kan opwekken.

De antennetuner

Zoals gezegd is er een goed gebalanceerde uitgang nodig. De meeste commerciële tuners werken slechts goed tussen 20 en 1000 ohm. Zoals we zagen kunnen bij onze antenne, afhankelijk van de lijnlengte, impedanties optreden tussen 5 en 60.000 ohm. De verliezen van zo'n tuner kunnen dan flink oplopen en oppassen bij het afstemmen is geboden. Zo kan ik mijn eigenbouw tuner (grote luchtspoel met aftakkingen, lucht draai-condensatoren en geen ferriet ballun) zonder belasting toch zo afstemmen dat de S.G.V. tussen zender en tuner 1 is. In dat geval dissipeert de tuner alle energie.

Bij genoemde extreme impedanties zijn de verliezen in een tuner niet eenvoudig vast te stellen.

Bij aanpassing van 5 ohm geeft mijn tuner een verlies van ca. 0,5 dB. Bij 60 kohm belasting is het verlies ca. 4 dB en de afstemming is zeer scherp.

Capacitieve en inductieve belastingen heb ik niet getest. Ik verwacht dat er combinaties zijn waar met de tuner helemaal geen afstemming gevonden kan worden.

Conclusies: Met een open voedingslijn van dik koperdraad en een lengte van ca. 13 meter (volgens Rothammel) mag verwacht worden dat de extra verliezen t.o.v. een full size antenne zijn: 0,3 dB voor de antenne + 0,4 dB voor de voedingslijn + 1 dB in de tuner, dus totaal 1,7 dB.

Op 80 meter kan zo'n antenne dus erg goed werken, met minder dan een halve S-punt verschil t.o.v. een full size situatie.

Opmerkingen

1. Er is niets bijzonders aan de lengte van 2 x 10 meter (Voor "erprobte Abmessungen" geeft Rothammel 2 x 10,21 meter). Hoe langer (en hoe hoger) hoe beter

voor 80 meter. Volgens Moxon en anderen wordt de stralingsweerstand flink verhoogd door capacatieve eindbelasting van de antenne. Het naar beneden afspannen van de einden is daartoe een goed middel. Let er wel op dat goede isolatoren worden gebruikt en dat mensen de einden niet kunnen aanraken. Bij 100 W of meer zouden flinke brandwonden kunnen ontstaan. Of het veel zin heeft weet ik niet, de antenneverliezen van 0,26 dB worden nog wat lager, de goede werking op 10 of 15 meter zou er door verstoord kunnen worden.

2. Het stralingsdiagram van verkorte dipolen is vrijwel hetzelfde als van full size dipolen. Antennes laag boven de grond (bijv. kleiner dan 1/8 golflengte = 10 m voor 3,5 MHz) stralen voornamelijk recht omhoog. Ze zijn prima voor short skip en slecht voor DX.

3. De bandbreedte van dit soort constructies is kleiner dan van juist aangepaste full size dipolen. Bij frequentieverandering in de 80 m band zal de tuner dus vaker moeten worden bijgesteld; verder heeft dit geen consequenties.

4. Bij dun antennedraad en TV lintlijn als voedingsdraad zullen de verliezen groter zijn. Ook de zogenaamde 450 ohm voedingslijn met gaten in het dielectricum (o.a. van Schaart) heeft slechts een kerndoorsnede van 1 mm, zodat ook dan meer verliezen optreden dan bij een dikke 600 ohm lijn. Zelf gebruik ik deze 450 ohm kabel al jaren vanwege de gemakkelijke hanteerbaarheid. De extra verliezen van hoogstens een paar dB neem ik graag op de koop toe.

5. Een ferriet balun in een tuner kan bij hoge impedantie in verzadiging raken en daardoor niet meer goed werken, ofschoon de tuner ogenschijnlijk prima afstemt.

Ik hoop dat PAoIz, zij het wat laat, toch wat meer inzicht heeft gekregen in de verwachte mogelijkheden van deze eenvoudige antenne. Voor eventuele op- en aanmerkingen over dit onderwerp ben ik QRV.

K. Spaargaren, PAoKSB,
Cort v.d. Lindenplantsoen 13,
1181 XP Amstelveen



Internationale Ausstellung
für Amateurfunk,
Computer-Technik
und Hobby-Elektronik

INTERRADIO '87 7. u. 8. Nov. '87
Hannover-Messegeleände