



# RadioAmateur

## Speciale uitgave

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



door  
**ON4AW**  
Willy Acke

# Het meten van vermogen en van SGV.

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>
	<b>Ivan Vanthuyne, ON4CBU</b> +32 (0)52 22 74 22 <a href="mailto:on4cbu[at]vra.be">on4cbu[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>

## OSL 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 eer alles via RadioAmateur gepubliceerd zou worden. Daarom hebben we besloten om speciale edities te maken van RadioAmateur zodat de informatie veel sneller en volledig bij de leden geraakt. Deze speciale uitgaven worden uitsluitend op de VRA website ter beschikking gesteld van de VRA leden. Een gedrukte versie zou te duur uitvallen voor ons budget.

Bijdragen van andere OM kunnen ook tot speciale edities verwerkt worden.

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, 2013

*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*

## Het meten van vermogen en van de SGV.

Willy Acke, ON4AW.



### A. Inleiding.

#### Definities

Vermogen is de snelheid waarmee arbeid verricht wordt, of energie wordt overgedragen. Dat geldt voor alle soorten vermogens, inclusief mechanisch en elektrisch. De joule is de SI-eenheid van energie.

Energie is de mogelijkheid van een fysisch systeem om arbeid te verrichten. Het bestaat in verschillende vormen, zoals kinetische of mechanische energie, potentiële energie, elektrische energie, warmte en licht. Volgens de wet van behoud van energie, blijft de totale energie van een systeem constant, ook al kan de energie omgezet worden in een andere vorm.

Geluid uit een luidspreker is ook vermogen of energie onder de vorm van een longitudinale drukgolf, geen dwarse elektromagnetische golf.

De SI-eenheid van vermogen is de watt (W) of de Joule per seconde (J/s). 1 Paardenkracht is een eenheid van vermogen en is gelijk aan 736W.

Mechanische arbeid  $A$  wordt gedefinieerd als de verplaatsing die veroorzaakt wordt door de uitoefening van een kracht  $K$  op een lichaam, vermenigvuldigd met de kracht zelf.  $A = K \cdot s$ .

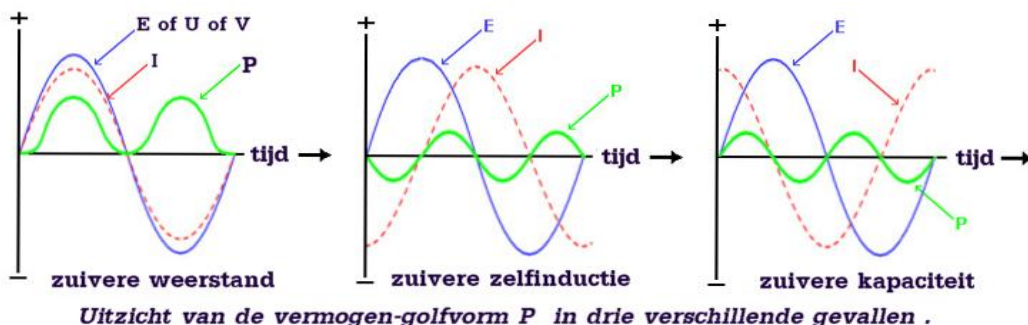
De SI-eenheid van arbeid is de joule (J) of de Newtonmeter (Nm).

#### Laagfrequent vermogen

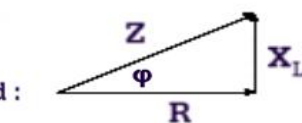
Wanneer een sinusvormige wisselspanning wordt toegepast over een weerstand  $R$ , zal er een wisselstroom vloeien door  $R$  en de temperatuur van de weerstand zal toenemen door het vermogen dat daarin verbruikt wordt of gedissipeerd en afgevoerd.

Als de weerstand zuiver Ohms is en geen inductieve component bevat, kan dit vermogen berekend worden met dezelfde uitdrukking als die van een gelijkstroom vermogen. In andere gevallen, als men te doen heeft met een inductieve of capacatieve component  $X_L$  of  $X_C$ , zal de stroom in fase over een zekere hoek verschoven zijn t.o.v. de spanning.

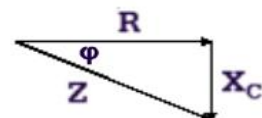
De "in-fase" ( $\varphi = 0$ ) component of het resistieve gedeelte zal warmte produceren en het reactieve deel (zelfinductie van een spoel-gedrag, of capaciteit van een condensatorgedrag) zal geen opwarming veroorzaken omdat een zuivere reactantie geen vermogen kan opslorpen of verwerken ( $\varphi = 90^\circ$  en  $\cos \varphi = 0$ ) in  $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$ .



Rechts : vektordiagramma's in het geval van niet ideale inductieve of capacatieve toestand :



De inductieve reactantie  $X_L$  ijlt voor .



De capacatieve reactantie  $X_C$  ijlt na .



## B. Vermogensmeting op laagfrequent gebied.

De meting van een laagfrequent (t/m 20 kHz) vermogen wordt uitgevoerd met behulp van een plaatsvervangende belasting voor de werkelijke belasting: de 'dummy' belasting, Dit is, in het geval van hoogfrequent metingen, de kunstantenne.

De dummy is een niet-inductieve weerstand met gekende weerstandswaarde R, ongeveer gelijk aan de waarde van de uitgangs-impedantie van het te testen toestel.

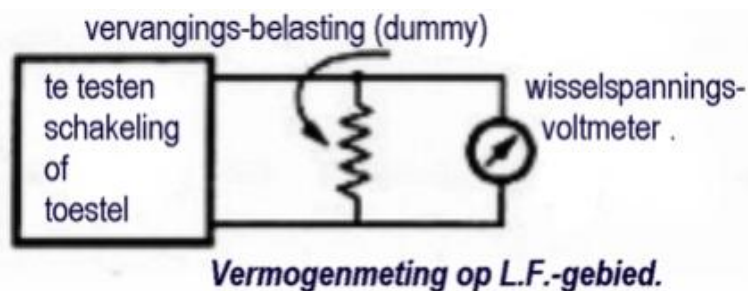
Deze belasting wordt over de uitgang van het geteste apparaat (bv. een laagfrequent versterker) geplaatst. De spanning V over de dummy en de stroom I er doorheen worden gemeten en daaruit wordt het (uitgangs) vermogen berekend:  $P = I^2 \cdot R$ .

Het is gemakkelijker een (laagfrequente) wisselspanning te meten dan een wisselstroom, bv. met een digitale voltmeter, zodat men liever de uitdrukking  $P = V^2/R$  zal toepassen. Men kan daaruit ook het vermogen in decibel berekenen.

De vervangingsweerstand of dummy moet dezelfde grootte hebben als de uitgangsimpedantie van de te testen schakeling en hij moet het uitgangsvermogen van de schakeling kunnen dissiperen zonder te verbranden.

Het is geen draad gewikkelde weerstand, maar best een koolstofstaaf gekoeld door lucht voor frequenties tot (HF) 25 MHz en LF Vermogens tot 50 W, of boven de 50 W gekoeld door olie in een container die dan een gewone grote blikken doos kan zijn, volgegoten met automotorolie. Na vulling wordt het deksel dicht gesoldeerd op de pot eronder.

De twee aansluitdraden van de dummy worden naar buiten geleid via 2 doorvoerisolatoren in het deksel.



Er bestaan olie gekoelde vervangingsbelastingen, of dummy's, en luchtgekoelde (meestal met een ventilator) of watergekoelde (vaak tot 25 MHz bij tot 50 W, dan zit men in het HF-gebied).

### Het zelf bouwen van een audio-milliwatt meter.

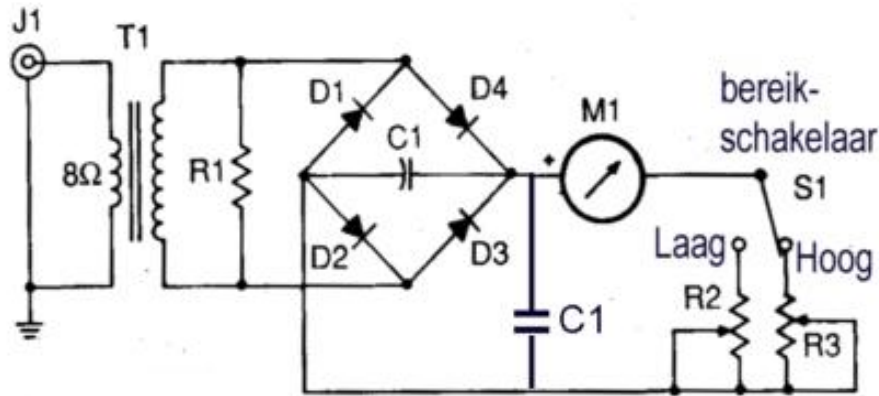
Niet alle meetapparatuur hoeft duur te zijn in aanschaf of nog beter in zelfbouw. KB4ZGC laat ons zien hoe men een waardevolle aanvulling in de shack kan bouwen voor slechts 10 euro.

Zelfs de beste amateurontvangers vertonen een geleidelijk verlies aan gevoeligheid naarmate de tijd verstrijkt.

Dit is normaal en is het resultaat van de veroudering van componenten veroorzaakt door hitte, vochtigheid, temperatuurschommelingen en aftakeling.

De hieronder besproken schakeling kan door enige afregeling van de ontvanger, het vervangen van enkele onderdelen, en regelmatig nazicht, heel wat problemen oplossen.

## Schema en werking



**De audio milliwatt-meter.**

### Componentenlijst.

- C1 0,047 $\mu$ F schijfcondensator
- D1-D4 N914, 1N4148 of equivalent
- J1 Phone jack, RCA jack, enz.
- M1 DC microammeter, 100 $\mu$ A of 200 $\mu$ A, volle schaaluitslag
- R1 1W met een weerstandswaarde gelijk aan de impedantie van de T1 secundaire
- R2, R3 100.000 Ohm trimpotentiometer
- S1 SPDT kip- of schuifschakelaar
- T1 Laagfrequent uitgangstransformator, primair 8 Ohm, secundaire wikkeling merkelijk hogere Ohm waarde

De laagfrequente uitgangsspanning, afgenomen parallel met de luidsprekerklemmen, wordt toegepast op de aansluiting J1. Veel luidsprekers hebben een 8  $\Omega$ , 16  $\Omega$  of 4  $\Omega$  spreekspoel-impedantie. Bijgevolg zal de overgang naar deze meetschakeling vlot verlopen.

T1 is een impedantie-verhogende transformator, dus de secundaire impedantie zal merkelijk hoger (bv. 600  $\Omega$  of 1000  $\Omega$ ) zijn dan 8  $\Omega$ , afhankelijk van het type LF-uitgangstransfo dat men op de kop kan tikken. Een huisdeur-beltransformator 2V, 4V of 8V naar 220 V is ook geschikt.

De hoge impedantie van de secundaire wikkeling van T1 is overbrugd door een weerstand met waarde gelijk aan de impedantie van deze wikkeling. Dit als afsluitweerstand van de secundaire, waardoor de primaire de ganse tijd 8  $\Omega$  blijft zien en de gehele opstelling aldus gestabiliseerd blijft zodat men nauwkeurig kan meten.

De laagfrequente spanning over de secundaire wordt gelijkgericht door de (Graetze) brug gevormd door de dioden D1 tot D4 en gefilterd door condensator C1. De gefilterde gelijkspanning wordt toegepast op de gelijkstroom microampèremeter M1 in serie met een trimpotentiometer.

De bereikschakelaar S1 kan ofwel R2 of R3 kiezen. Dit zijn ijkpotentiometers die ingesteld worden tijdens de ijkprocedure zodat men uit twee vermogensreeksen kan kiezen: 5 tot 100 mW en 50 mW tot 1 watt. Voorbeeld van een ijk tabel bij gebruik van een transfo T1 met 8  $\Omega$  primaire en 600  $\Omega$  secundaire:

Laag bereik volt mW	Laag bereik volt gelijkspanning	Hoog bereik volt Watt	Hoog bereik volt gelijkspanning
5	1,73	0,05	5,5
10	2,5	0,10	7,75
25	3,9	0,25	12,25
50	5,5	0,50	17,33
75	6,7	0,75	21,2
100	7,75	1,00	24,5

### **Bouw.**

De audio milliwattmeter wordt ondergebracht in een klein metalen of plastieken doos of kastje. Jack J1 is een gebruikelijke audio-aansluiting. Dit kan ook een telefoonconnector zijn of wat men bruikbaar liggen heeft als vrouwelijke en de daarop passende mannelijke connector. Samengevat kan de uitgangstransformator T1 elke kleine audiotransformator zijn, vermits onze Tx/Rx meestal geen laagfrequent vermogensversterker bevat en we dikwijls meer met een koptelefoon luisteren dan met luidsprekers. De kern van de transformator T1 zal dus niet verzadigd worden door een oversturing. Frequentieweergave 250 Hz tot 3000 Hz,  $\pm 1$  dB, 2 watt is meer dan voldoende. Gemonteerd in houten, plastieken of metalen kastje ofwel in dezelfde behuizing als de meetschakeling. Men streeft hier geen HiFi na.

De dioden zijn siliciumdioden die men liggen heeft, en als meter M1 kan zelfs een afbraak VU-meter uit een verouderde geluidsinstallatie dienen of een analoge meter gekocht aan een kraam op een doe-het-zelf markt of beurs.

### **Ijking.**

Een generator met een laagfrequente uitgangsspanning tussen 300 en 3000 Hz, met variabel uitgangsniveau, is geschikt om te ijken. Een 555 rechthoekgolf oscillator ingesteld op 1000 Hz kan ook dienen om dit toestelletje te ijken. De golfvorm van de LF-uitgangsspanning is onbelangrijk, want de uitgangsspanning wordt toch gelijkgericht en gefilterd, zodat enkel een gelijkspanning overgehouden wordt om te meten. Meestal bevat de laagfrequente uitgangsspanning van een ontvanger ook witte ruis met op willekeurige manier variërende ruisspanningen.

Ijkkpunten van 5, 10, 25, 50, en 100 mW zijn mogelijk op het lage bereik, en 0,05; 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 en 1,0W op het hoge bereik. Omdat deze niveaus omgezet naar gelijkspanningen niet lineair zijn in hun onderlinge relatie, zal het nodig zijn de meter voor elk van deze waarden te ijken door streepjes op de schaal aan te brengen.

Om tijd te besparen kan men de te verwachten gelijkspanningen ook bij voorbaat berekenen zoals in de hierboven staande tabel gebeurd is, uit  $\text{gelijkspanning} = (P \cdot R)^{0,5}$ .

1. Plaats S1 op de laagvermogen stand en stel beide ijk-trimpots R2 en R3 op hun grootste weerstand.
2. Sluit de uitgangsspanning van de laagfrequent generator aan op J1, en een gelijkspanning (digitale) voltmeter over C1.
3. Verhoog de uitgangsspanning van de signaalgenerator tot de gelijkspanningsvoltmeter een spanning aanduidt die het gelijkwaardige is van 100 mW. Met de waarden van de hierboven staande tabel zou dit 7,75 V zijn. Regel vervolgens R2 bij zodat de naald van de mW-meter vol uitslaat tot het einde van de schaal.
4. Verminder de ingangsspanning tot de digitale voltmeter een spanning aangeeft die overeenkomt met 75 mW. Dit zou 6,7V zijn als men werkt in dezelfde omstandigheden als waarmee de tabel hierboven gemaakt is. Merk dit punt op de milliwatt meterschaal.
5. Ga door met de hier boven staande werkwijze voor elk overblijvend ijkpunt op het lage bereik.
6. Plaats de schakelaar S1 op het hoge bereik en verhoog de uitgangsspanning van de signaalgenerator tot de digitale meter een spanning aanduidt die overeenstemt met 1W (24,5V in de tabel hierboven). Regel vervolgens R3 bij tot de mW-meter vol uitslaat.
7. Verminder de ingangsspanning zoals hierboven beschreven en merk elk ijkpunt op de schaal van de mW-meter.

### ***Meten van interne ruis in een ontvanger***

1. Sluit een afgeschermd 51 Ohm 5% weerstand aan op de antenne ingang van de ontvanger.
2. Sluit de audio-milliwattmeter aan op de uitwendige luidsprekerklemmen of connector met behulp van een geschikte kabel.
3. Schakel de ontvanger in en stem hem af op een favoriete plek in een amateurband.
4. Draai de hoogfrequent versterking (RF GAIN, indien aanwezig) en de laagfrequent versterking (AF GAIN) knoppen volledig open naar rechts, dus met de klok mee.
5. Stel de bereikknop in de stand waarin de meternaald op de schaal op een bepaalde uitwijking van de schaal blijft staan en noteer dit aangegeven vermogensniveau. Dit is de waarde van de inwendig gegenereerde ruis in de ontvanger.



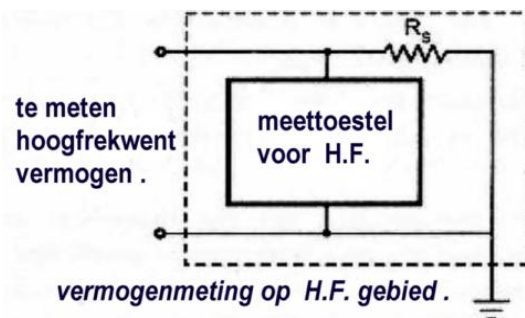


### C. Vermogensmeting op HF gebied.

Wat we hierboven bekeken hebben op laagfrequent gebied, geldt ook voor de hoge frequenties boven de geluidsgrens van bv. 20 kHz. Daarin onderscheidt men nog het supersonisch gebied met geluidstrillingen die het oor niet meer kan waarnemen en de middenfrequenties van enkele honderden kilohertz (455 kHz tot 472 kHz of 485 kHz als voorbeeld) tot 30 MHz wat de amateurbanden betreft.

In dit HF-bereik komen toestanden voor die men op LF-gebied zelden of niet aantreft, bv. de kwaliteitsfactor of Q-factor van spoelen die een rol speelt in inductief gekoppelde ketens, of strooicapaciteiten en strooizelfinducties, om er maar enkele te noemen. Zoals op LF-gebied wordt op HF-gebied ook gerekend met de effectieve waarden van stroom, spanning en vermogen. Maar op HF-gebied komen ook vrij ingewikkelde golfvormen voor met vermogenspieken of gemoduleerde golven. In dergelijke gevallen zal men rekenen met gemiddelde vermogenswaarden.

Algemene meetopstelling:



Het meettoestel heeft een hoge inwendige weerstand. Dus, de weerstand  $R_s$  die er parallel mee staat, vertegenwoordigt de eigenlijke belasting en werkt hier als dummy. In het geval van een vermogen dat vanuit een zender naar een antenne gestuurd wordt, kan  $R_s$  bv. 370  $\Omega$  gekozen worden omdat dit de golfweerstand van de ruimte is. In de meeste gevallen wordt  $R_s$  echter gelijk gekozen aan 50  $\Omega$  of 75  $\Omega$  omdat dit de uitgangsimpedantie van de generator of van de zender is die het HF-vermogen levert, of de golfweerstand van de kabel waarover gemeten wordt, of de stralingsweerstand van een te testen antenne (bv. een 73  $\Omega$  dipool). Deze methode met een vervangingsbelasting  $R_s$  en een HF voltmeter of een kathodestraal oscilloscoop, kan met de daarvoor geschikte meettoestellen gebruikt worden voor HF tussen 500kHz en 500MHz.

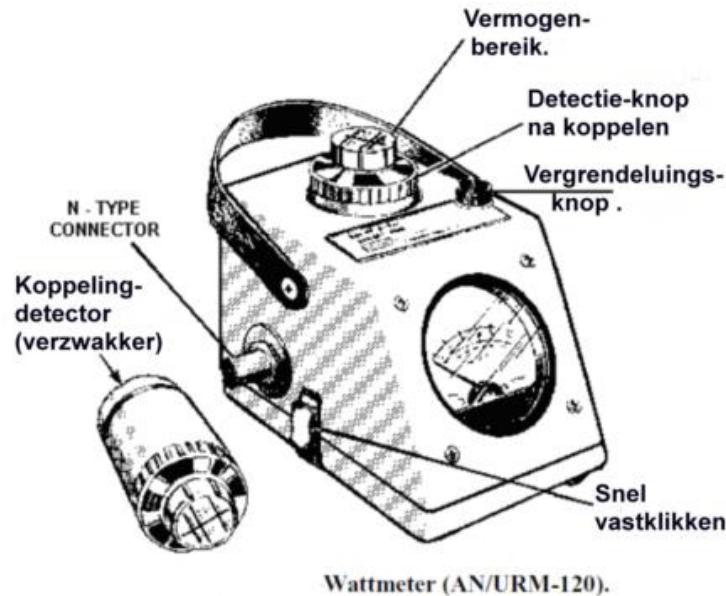
Dan wordt het vermogen zoals bij LF berekend uit  $P = V^2/R_s$ , maar de hier gebruikte meettoestellen zijn gewoonlijk nauwkeuriger dan deze bij LF metingen en ze moeten ook breedband zijn. Dus over het gehele bereik van frequenties een zelfde betrouwbare aanduiding geven. De gemeten HF-spanning mag niet dalen naarmate de frequentie verhoogt, ook niet indien bekeken op een kathodestraaloscilloscoop. In plaats van een voltmeter te gebruiken kan men ook een rechtstreeks aflezende vermogensmeter toepassen, geijkt in watt. Als men van het HF-gebied overgaat naar frequenties die daar ver boven liggen, namelijk de microgolven, dan krijgt men een beeld van parameters zoals spanning, stroom, impedanties, die verdeeld liggen over de ganse lengte van de schakeling. De zogenaamde verdeelde parameters, zoals men die ook aantreft in allerlei soorten transmissielijnen.

Deze parameters veranderen met de afmetingen en de meetkundige vorm van de componenten waarmee men op die frequenties werkt, bijvoorbeeld rechthoekige of cilindrische golfpijpen. Daarom wordt het zeer moeilijk met gewone voltmeters, ampèremeters of Ohm meters, nog enigerlei soort metingen uit te voeren; dus ook geen vermogensmeting. Het is dan dat bolometers op het toneel verschijnen. Op microgolf-frequenties onder meer ook met dummyload gebruik.

Er bestaan, behalve bolometers, verschillende soorten vermogensmeters:

De **directe** meting vermogensmeter die rechtstreeks aansluit tussen bv. de zenderuitgang (HF bron) en de belasting, bv. een antenne. Twee N-type connectoren (een mannetje en een vrouwtje) bevinden zich op de zijkant van de wattmeter en laten toe het instrument tussen de vermogensbron en de belasting aan te sluiten.

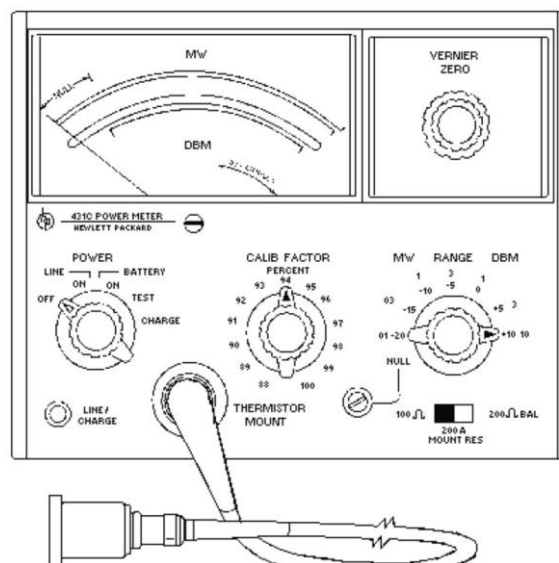
Twee voorbeelden: de Bird (die we onderstaand uitvoeriger bekijken) en de AN/URM, deze laatste een meter van het leger:



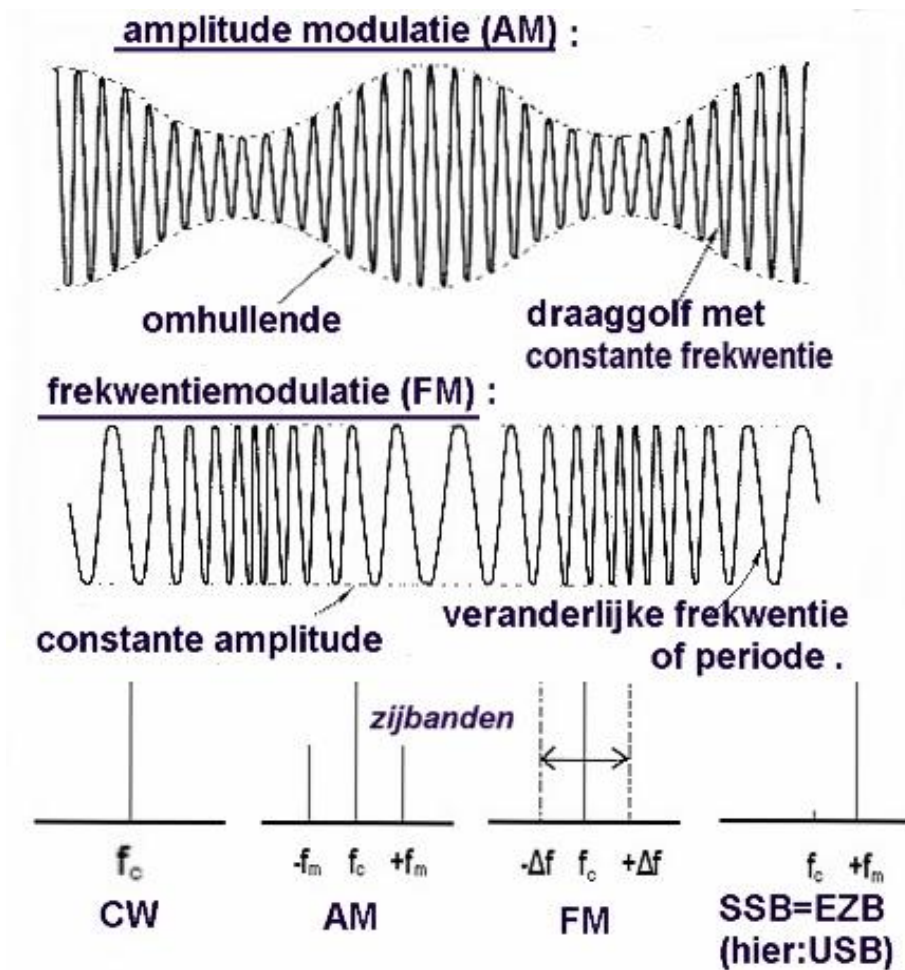
De **indirecte** meting vermogensmeter. Deze is ontworpen om zogenaamd invallend of voorwaarts vermogen en terugkerend of teruggekaatst HF vermogen te meten van 50 tot 1000 W, bij 1MHz tot 30MHz en bv. op een tweede bereik: 10 tot 500W bij 30MHz tot 1000MHz.

Uitwendig aansluitbare verzwakkers kunnen het meetbereik naar de hoge kant uitbreiden en soms is er ook een detectiekop voorzien om kleine vermogens te meten. Men vindt in de handel zowel wattmeters met een analoge als met een digitale aflezing, maar beide kunnen we met niet teveel moeite ook zelf maken.

Een voorbeeld van een toestel waarmee vermogensmeting met onrechtstreekse of indirecte aflezing en meting mogelijk zijn, is de hieronder afgebeelde HP-431C:



Enkele voorbeelden van hoogfrequent of gemoduleerd HF, dat men met deze toestellen kan meten:



Bij ingewikkelde golfvormen, zoals de hierboven staande, rekt men met een overeenkomend gelijkstroomvermogen =  $(V_{pk}/\sqrt{2}) \times (I_{pk}/\sqrt{2}) = P_{pk}/2$  (de pk afkorting staat voor 'piek'). Met andere woorden: is het vermogen gelijk aan het product van de effectieve waarde van de spanning met de effectieve waarde van de stroom.

### **PEP= Peak Envelope Vermogen.**

Piek omhullend vermogen (PEP) is een term die gebruikt wordt om het vermogen aan te duiden dat vervat zit in de hoogste top van een gemoduleerde golfvorm en is vooral handig om een Enkel Zijband (EZB of SSB) signaal te beschrijven. Toch is het ook relevant voor alle amplitudegemoduleerde spanningen. Men kan die bepaling echter niet toepassen op CW-, frequentie-, of fase-gemoduleerde signalen. PEP wordt ook niet gebruikt voor impuls-gemoduleerde spanningen, waarbij de pulsen een amplitude, breedte of herhalingsfrequentie kwantificeren (bv. impulsbreedte modulatie).

Men kan alle al besproken golfvormen ook bekijken op het scherm van een kathodestraaloscilloscoop en deze waarnemingen kunnen helpen bij het berekenen van het vermogen.

Er bestaan verschillende soorten HF-vermogensmeters, zoals de in-lijn-meters, ontworpen voor plaatsing in (op een bepaalde plaats onderbroken) coaxiale transmissielijnen. Andere zijn absorptiemeters of geschikt voor 300 Ohm of 600 Ohm open-draad-voedingslijnen. Sommige "in-lijn" vermogensmeters hebben twee bereiken, bijvoorbeeld 1000W heengaan en 100W terug- of weerkaatst vermogen, terwijl het andere bereik 100W heen en 10W terug kan zijn.

Het frequentiebereik waarop nauwkeurige metingen kunnen uitgevoerd worden: HF- vermogen en SGV (staande golf verhouding)-metingen inbegrepen, kan bv. liggen tussen 1MHz en 30MHz.



Hierboven links staat een laboratorium absorptie HF-vermogensmeter afgebeeld met bijbehorende sensorkop waarmee men ook afstandsmetingen kan uitvoeren door hem via een kabel aan te sluiten op het meettoestel. Bij een dergelijk toestel zijn ook golfgeleider flenzen voorzien om metingen te kunnen uitvoeren op golfpijpen die werken op microgolffrequenties.

Dit zijn nauwkeurige instrumenten, maar de sensorkoppen zijn nogal kwetsbaar en kunnen gemakkelijk beschadigd raken door er een te groot ingangsvermogen op toe te passen (bij sommige is dat al het geval bij bv. slechts 30mW).

Wenst men grotere vermogens te meten, dan past men best een gepaste verzwakker toe. De afgebeelde sensorkop heeft een frequentiebereik tussen 10MHz en 10GHz, maar andere koppen met een bovengrens van 18GHz zijn beschikbaar. In dergelijke meettoestellen wordt grote zorg besteed aan het ontwerp van de meetkoppen, zodat een SGV van minder dan 1,1: 1 wordt verkregen, zelfs bij frequenties tot 18 GHz.

Een oudere en minder nauwkeurige absorptie vermogensmeter staat rechts weergegeven. Dit apparaat maakt gebruik van een grote 75 Ohm, 100W koolstofweerstand en een thermokoppel om het te meten vermogen in het bruikbaar frequentiebereik van gelijkspanning tot 150 MHz mogelijk te maken.

### **Vermogensdichtheid in watt per vierkante meter.**

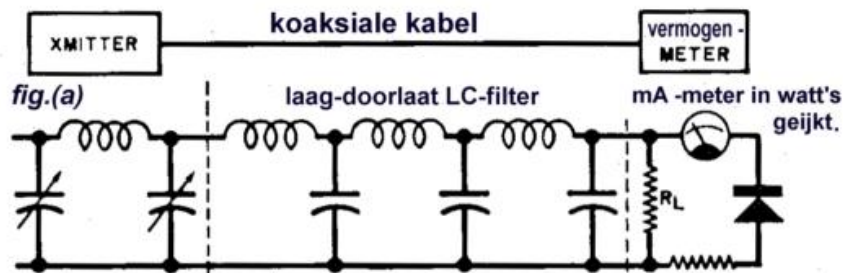
Vermogensdichtheid is moeilijk direct te meten omdat het meestal gaat over gefocusseerd licht of straling, uitgedrukt in watt per vierkante meter.

Als voorbeeld bedraagt de vermogensdichtheid van zonnestraling op de evenaar  $1,4\text{kW/m}^2$  en dit cijfer daalt tot  $1\text{ kW/m}^2$  op alle breedtegraden in Noord-Europa. Daarbij moet men nog rekening houden met allerlei verliezen als het bijvoorbeeld gaat over de toepassing van straling op zonnepanelen, waarbij men er kan naar streven een zonnepaneel van 1 vierkante meter, 1KW verwarmingsvermogen te laten afleveren.

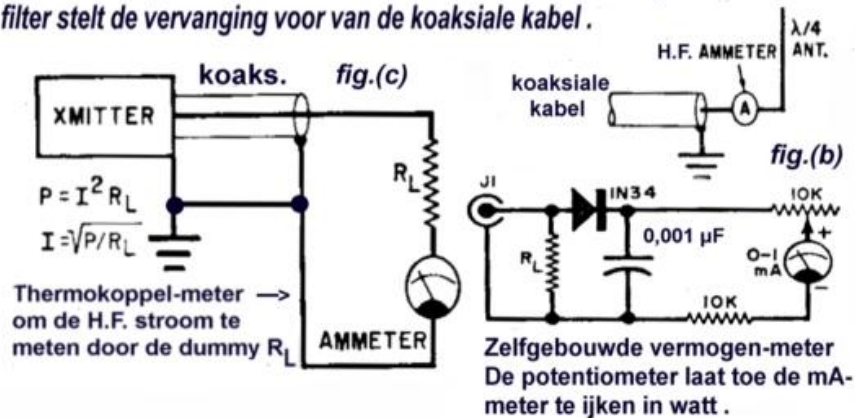
### **Enkele nuttige vermogen-raadgevingen voor de radioamateur.**

Het uitgangsvermogen van onze zender is één zaak, maar wat daarvan slechts de antenne bereikt en uitgestraald wordt, is een andere. In veel gevallen gaat er meer hoogfrequent vermogen verloren dan er uitgestraald wordt. Reden temeer om in de shack te beschikken over een geijkte HF-wattmeter die men kan aansluiten op de uitgang van de zender of aan de ingang van de door de Tx gevoede antenne.





*Eenvoudige commerciële vermogenmeter waarin een gelijkspannings-voltmeter de spanning meet over een kunstantenne. Het laagdoorlaat-filter stelt de vervanging voor van de koaksiale kabel.*



**Zelfgebouwde vermogen-meter**  
De potentiometer laat toe de mA-meter te ijken in watt.

De schakeling van de fig(a) is mogelijk deze van een commerciële wattmeter, die in feite een voltmeter is, waarmee men de spanning meet over een kunstantenne of dummy load, met dezelfde weerstand  $R$  als de voedingsweerstand van de antenne. Het vermogen kan dan berekend worden uit het gemeten spanningsval  $V$ :  $P = V^2/R$ .

Men kan zelf een eenvoudige wattmeter maken volgens de fig(b). De vervangingsantenne  $R_L$  is een niet-inductieve weerstand (bv. een dikke staaf uit geharde koolstof met daarop verschuifbare aftakklommen) met de gepaste weerstandswaarde en die voldoende vermogen in Watt kan verwerken, overeenkomend het te dissiperen zender-uitgangsvermogen (dus nooit een draadgewonden weerstand). De schakeling moet in een afgeschermd metalen doos ondergebracht worden om de HF-straling in de shack tot een minimum te herleiden op het ogenblik dat men daarmee aan het testen is. De diodegelijkrichter/detector kan elk HF type zijn, terwijl twee weerstanden, waarvan één een potentiometer is, gebruikt worden om de meterschaal in te stellen en te ijken. In de veronderstelling dat een verwacht gereduceerd HF-vermogen 35W zou bedragen in een 50 Ohm dummy, kan men zich volgens  $P = V^2/R$  verwachten aan een spanningsaflezing op de voltmeterschaal van  $V = (P \cdot R)^{0,5} = \sqrt{(35 \cdot 50)} = \sqrt{1750} = 41,8V$ .

Zo kan men in een tabel andere vermogens onderbrengen en de overeenkomende waarde van de spanning noteren, zodat men daarmee tenslotte de schaal van de voltmeter in watt kan ijken. Een transistor voltmeter of een digitale meter zullen voor deze bewerkingen beter geschikt zijn dan een gewone voltmeter die misschien wel goed zal meten op lage frequenties maar op HF een foutieve aflezing zal opleveren (op de figuren staat een mA-meter afgebeeld, maar een stroommeter in serie met een weerstand wordt een voltmeter).

Als men beschikt over een thermokoppelmeter, lukt de vermogensmeting ook goed, maar dan moet men de andere uitdrukking voor het vermogen toepassen:  $P = I^2 \cdot R$  en in het vorige geval van een HF uitgangsvermogen van 35W over 50  $\Omega$  zou men dan de vierkantswortel trekken uit  $P/R$  of  $\sqrt{(35/50)} = I = \sqrt{(0,7)} = 0,84$  ampère. De thermokoppelmeter wordt in dit geval in serie verbonden met de dummy, zoals fig(c) voorstelt. Vervolgens kan men de zender zodanig afregelen dat de stroommeter een zo groot mogelijke hoogfrequente stroom aangeeft.

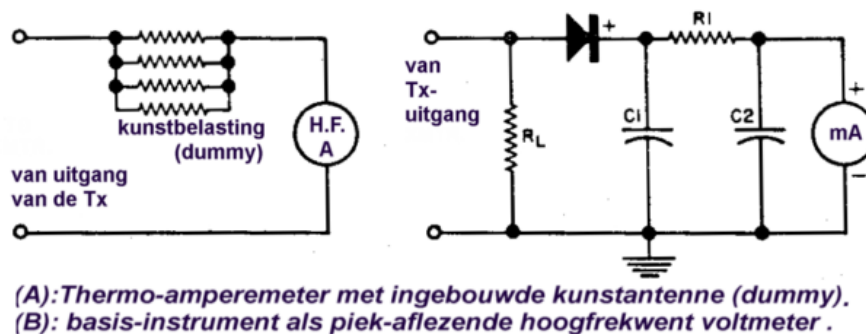


## Thermo-ampèremeters.

Thermokoppelmeters of thermo-ampèremeters, zijn toestellen die men best gebruikt wanneer een hoogfrequent vermogen van de uitgang van een zender overgebracht wordt naar een dummy of naar een antennesysteem gestuurd wordt, en men dit wil meten.

Thermo-ampèremeters bestaan uit een thermokoppel waarvan de uitgangsspanning een bewegende spoelmeter stuurt. Het thermokoppel bestaat uit twee ongelijke metalen die aan een uiteinde met elkaar verbonden zijn, bijvoorbeeld gelast. Als het verbindingspunt van deze metalen wordt verwarmd, wordt er een e.m.k opgewekt, en deze kan tussen de twee uiteinden van de draden gemeten worden. Hoe dichter de eigen weerstand van het thermokoppel ligt bij de golfweerstand van de voedingslijn, waar het thermokoppel tussen geschakeld is, en van de antenne die op het einde daarvan aangesloten is, des te nauwkeuriger zal de uitslag zijn van de (geijkte) thermo-ampèremeter zijn die de grootte van de antennestroom aanduidt. Voor het voeden van een halve golf dipool via een 75 Ohm lintlijn kan men deze tijdelijk vervangen door drie koolweerstanden van 220 Ohm in parallel gesoldeerd.

Omdat de uitwijking van de meter evenredig is met hoeveelheid warmte van de thermodraad, die evenredig is met het kwadraat van de hoogfrequente stroom die door de meter vloeit, heeft deze meter een kwadratische schaal wegens de eveneens kwadratische uitwijkingwet. Men kan de volle uitslag van de schaal omzetten tot een effectieve waarde, door slechts 70,7% van de aanduiding af te lezen. Om andere bereiken te bekomen, kan men de meters ook shunteren, erop lettend dat de shunten zich niet als frequentie afhankelijke reactantie gedragen.



Ampèremeters met volle schaal uitslagwaarden van typische zo laag als 10mA tot zo hoog als 15A zijn verkrijgbaar bij een aantal fabrikanten.

De belastingweerstand van de kunstantenne, die parallel gesoldeerd zijn om de dissipatie te vergroten, zijn koolweerstand en zouden eventueel kunnen vervangen worden door gloeilampen. Maar de gloeidraden daarvan vertegenwoordigen slechte dummy belastingen omdat ze geen zuivere weerstanden zijn, maar een eigen zelfinductie hebben (zeker als ze gespiraleerd zijn). Ze hebben een grote reactantie boven de 2 MHz en hun weerstand verandert met de grootte van de stroom die vloeit doorheen de gloeidraad van de lamp.



## D. Het meten van hoogfrequent QRP-vermogen: enkele mogelijke schakelingen:

### QRP wattmeter.

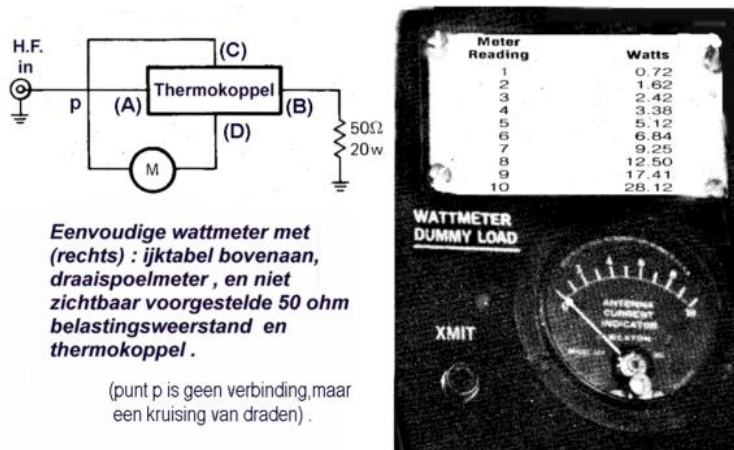
Dit eenvoudig ontwerp beschrijft een wattmeter met een kunstantenne-combinatie voor het afstemmen en/of het testen van kleine zender-ontvangers met een HF vermogen van 30W of minder.

Omdat men met het uitgangsvermogen van de zender geen signaal stuurt naar de werkelijke antenne, maar naar een vervanging daarvan kan men met de hier beschreven meter de Tx afstemmen op een maximaal HF uitgangsvermogen, zonder burens of luisteraars op de amateurbanden te storen.

Men kan een antenne-relais eenheid van de commando set BC-442 uit de tweede wereldoorlog gebruiken, maar vermits nog weinigen daarover zullen beschikken kan men ook met de afzonderlijke onderdelen daarvan werken.

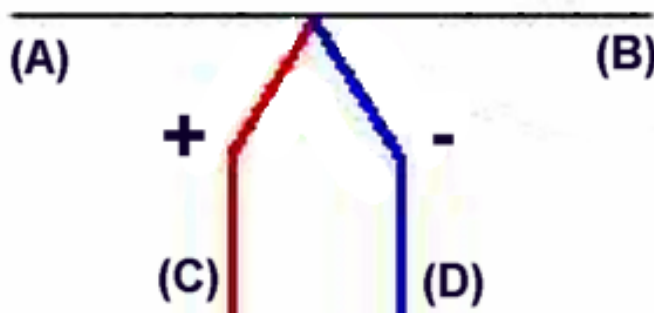
De set bestond uit een draaispoelmeter, een thermokoppel, een relais, een transformator, en verschillende soorten aansluitingen/connectoren.

Het relais met 12V of 24V werkspanning hebben we zelfs niet nodig. De transformator evenmin. Zoek een geschikt (bij voorkeur metalen zoals aluminium) kastje, waarin de volgende onderdelen gemonteerd worden:



De 50 Ω kunstantenne bestaat uit twee parallel gesoldeerde 10W weerstanden van 100 Ω. Monteer op het voorpaneel, behalve de meter, een RCA phone jack waarvan de binnengeleider gesoldeerd wordt naar (A). Dat is een van de twee klemmen van het thermokoppel, en de buitenaansluiting geaard wordt aan het metaal van het kastje.

### Thermokoppel met vier klemmen uitvoering , zoals indertijd bij de Heathkit bouwdozen geleverd.

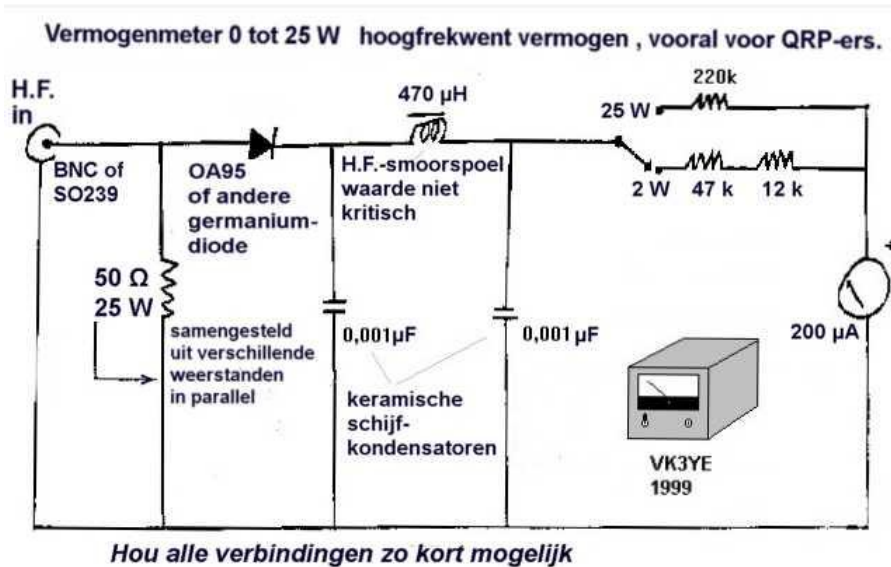


De 50 Ω weerstand wordt gesoldeerd tussen de andere aansluiting (B) van het thermokoppel en de massa van het metalen kastje. Voor alle verbindingsdraden dikke koperen geleiders kiezen. Tenslotte wordt de paneelmeter met zijn twee klemmen met de geschikte polariteit aangesloten op de klemmen (C) en (D) van het thermokoppel.

De wattmeter in serie met een 50 Ohm kunstbelasting is daarmee voltooid. Als de schaal van de draaispoelmeter M bv. geijkt is met streepjes van 0 tot 10, moet ze nog geijkt worden in vermogen. Dat kan bv. met een tabel die boven de meter geplakt wordt zoals in de hierboven staande afbeelding.

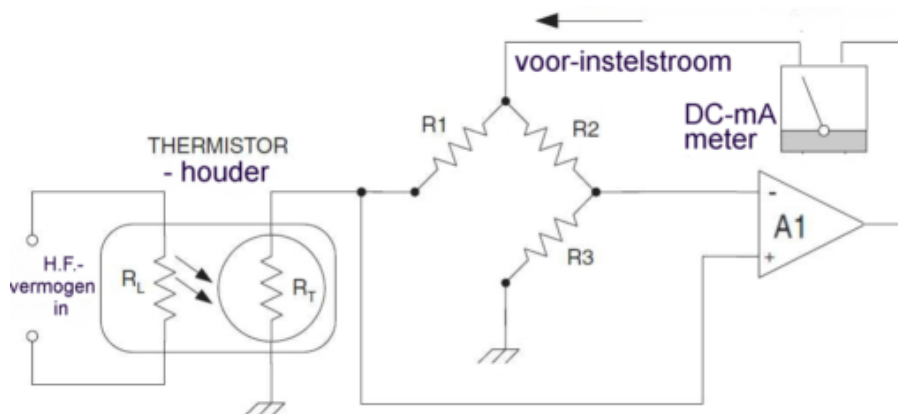
Deze tabel is gemaakt op basis van de formules van het vermogen zoals  $P = V \cdot I = V^2/R = I^2 \cdot R$ . Ofwel gebruikt men een geleende nauwkeurig geijkte wattmeter waarop men hetzelfde HF ingangsvermogen toepast als op de door onszelf vervaardigde, en ijkt de meterschaal van deze laatste door ze te vergelijken met de schaal van de geijkte wattmeter.

Met een paar zelfklevende stickers kan men het voorpaneel van het toestel voorzien van nuttige aanduidingen.



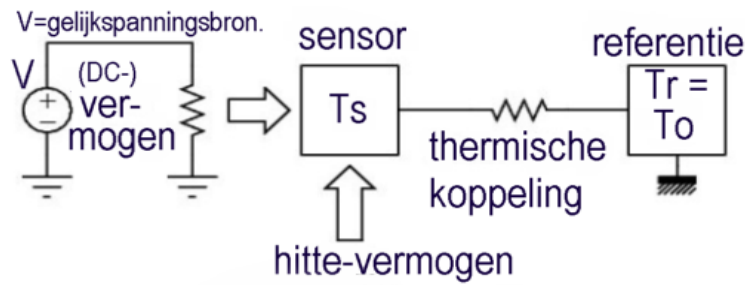
**De Bolometer als vermogensmeter voor kleine vermogens.**

Wanneer hoogfrequente energie geleverd wordt aan een weerstandsbelasting (R), dissipeert deze het daarmee overeenkomstig vermogen en zet dit om in warmte[ energie (in kWh)= vermogen (in kW) maal tijd (in uren):  $Q_{\text{energie}} = P \cdot t$ . Als de belasting R een relatief slechte thermische koppeling heeft met –meestal– een koelvin, zal de temperatuur van R stijgen tot  $R_T$ .



Door de temperatuurstijging te meten is het mogelijk om het gemiddelde vermogen te bepalen dat geleverd werd aan de belasting R.

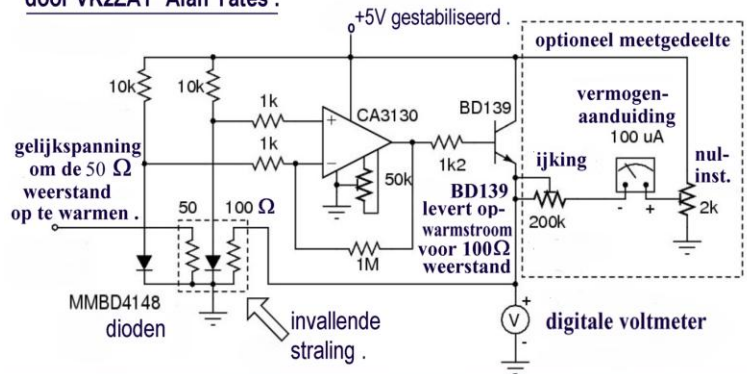
Er duiken wel verschillende problemen op bij deze aanpak, onder meer de ijking van een meettoestel (dit ligt moeilijk bij en door veranderingen van de omgevingstemperatuur).



VK2ZAY dokterde een dergelijk systeem uit, waarin hij de thermistor(s) verving door twee silicium dioden met een temperatuurcoëfficiënt van 2 mV/K (K= graden Kelvin) waarmee hij naar zijn zeggen een betere thermische stabiliteit bereikte dan met thermistors. Eén van de dioden wordt opgewarmd door twee ertegen geplakte weerstanden (100Ω en 50Ω) en de andere niet. De uitgangsspanning van de dioden (of beter de spanningsval tussen beiden volgens het hieronder volgend schema) wordt versterkt door een CA3130 op-amp met offset-compensatie en deze stuurt het 100 Ω verwarmingselement.

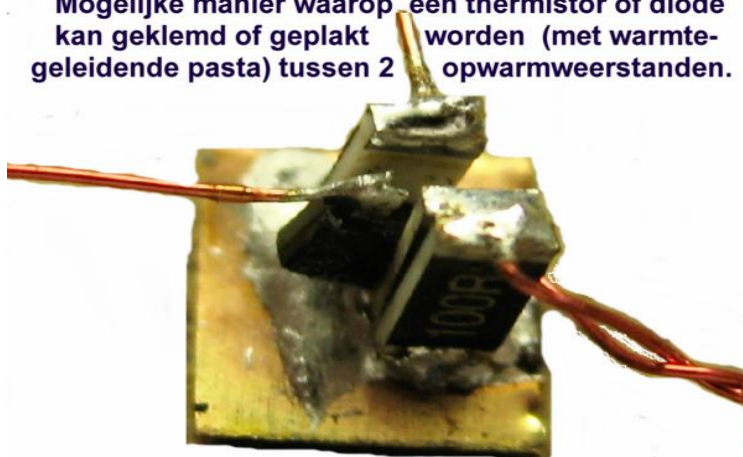
De (niet volledig open-lus-) versterking van de opamp bedraagt 30dB. Een thermische tegenkoppeling zorgt voor stabiliteit.

**Bolometer voor het meten van een invallend stralingsvermogen door VK2ZAY Alan Yates .**



We laten nu V2ZAY aan het woord: In een eerste versie om hoogfrequent vermogen (afkomstig van een elektromagnetische straling, of van een uitwendige warmtebron, bv. de punt van een warme soldeerbout, of van een laserstraal) te meten, gebruikte ik twee gewone weerstanden die rond de thermistor (hier de rechtse diode) met isolerend plakband werden samengehouden. Deze diode werkt als opslorper voor invallende hoogfrequente- of warmtestraling

**Mogelijke manier waarop een thermistor of diode kan geklemd of geplakt worden (met warmtegeleidende pasta) tussen 2 opwarmweerstanden.**



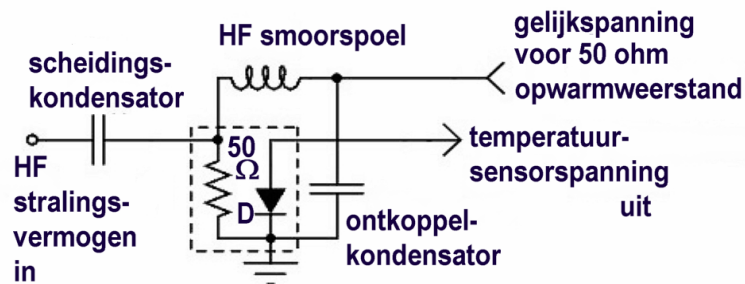
De linkse diode is een temperatuur compensatie diode en het opwarmen ervan tussen mijn vingers deed de vermogensmeter uitslaan. De schakeling moet wel geijkt worden voor een bepaalde omgevingstemperatuur. Voor het rechtstreeks aflezen van het vermogen in de 100Ω belastingweerstand moet de 100 μA meter geijkt worden in milliwatt. Een afzonderlijke 50Ω weerstand, een zogezegde 'dummy', is thermisch gekoppeld met de diode in de controle lus.

Het totaal gemeten vermogen is gelijk aan  $W = Q + I^2 \cdot R$  waarin:

- Q de energie is veroorzaakt door het vermogen van de invallende straling,
- I de stroom door 50 Ω weerstand (in het hieronder voorgestelde eenvoudigste geval), geleverd door de gelijkspanningsbron.

Q wordt door de diode omgezet in een uitgangsspanning.

**Eenvoudigst mogelijke opstelling voor deze soort bolometer:**



Normaal zou de diode dus een thermistor zijn. Voor een rechtstreekse aflezing moet het opwarmingsvermogen gemeten en afgetrokken worden om de grootte van het stralingsvermogen, dat geleverd wordt door de uitwendige bron, te weten te komen. Met andere woorden:  $Q = W - I^2 \cdot R$ . Men meet de verandering in het verwarmingsvermogen tussen de schakeling in rusttoestand en nadat er een uitwendig stralingsvermogen werd op toegepast.



Het systeem is geconfigureerd om vermogens van 1 mW tot 100 mW te meten, dat is een 20 dB dynamisch bereik. De ondergrens daarvan kan uitgebreid worden door actieve koeling van de sensor. Hierdoor zal de gevoeligheid van de schakeling niet alleen toenemen, maar ook zal het schadelijke ruisniveau verkleinen.

De schakeling kan dienen om de straling te meten die afkomstig is van allerlei bronnen. Niet alleen het vermogen van laserstralen, maar bv. ook als pyrometer (voor het meten van warmtestraling, meestal vanop een afstand). In dit laatste geval is het gewoon een kwestie van de benodigde optica (zoals een lenzensysteem) aan het toestel toe te voegen en het te ijken.



### Opmerkingen.

- Het is belangrijk de sensor-detector te beschermen tegen verschillen in de omgevingsverlichting en af te sluiten voor tocht door luchtstroming.
- De verwarmings- en belasting weerstanden moeten, om een nauwkeurige werking van de schakeling te bereiken, zo Ohms mogelijk gekozen worden. Dus zonder eigen zelfinductie.
- De 50 Ohm 'dummy' metaalweerstand mag niet teveel in waarde variëren, anders treedt er een rendementsverlies op.
- Doorheen de dioden moet een ongeveer constante stroom vloeien om het thermisch evenwicht niet te verstoren.
- De linkse referentiediode compenseert variaties in de omgevingstemperatuur. Indien men deze omgevingstemperatuur strikt constant zou kunnen houden, is die referentiediode er niet meer nodig.

Vereist is slechts dat de temperatuur van de rechtse sensordiode (of 'taster') constant gehouden worden tot op het ogenblik dat men zal af te rekenen hebben met een opwarming en daardoor een aangroei van nul tot een maximum vermogen door en na de toepassing van een invallend stralingsvermogen.

- Het kan nodig blijken kleine ontkoppel condensatoren parallel over de dioden te solderen om het oppikken van ongewenst HF door de dioden te voorkomen.
- Fotovoltaïsche problemen kunnen zich met onder glas ingekapselde sensordioden voordoen. Het kan nodig blijken het glas (rond bv de 1N4148's) extra zwart te schilderen.
- Niet alle zwarte verven zijn ondoorzichtig voor het volledige frequentiespectrum dus voor de scala van optische gevoeligheid van dergelijke siliciumdioden.
- Grotere weerstandswaarden voor de verwarmingsweerstand zullen toelaten kleinere vermogens te meten, maar ruis zal een probleem worden.
- De voeding moet goed gestabiliseerd worden, anders zal de nul instelling van de analoge meter veranderen en de 100 Hz rimpelspanning van de voeding kan terecht komen in de terugkoppel lus van de OpAmp
- De schakeling moet een thermisch evenwicht bereiken vooraleer men zinvolle metingen kan uitvoeren. Gelukkig gebeurt dat hier vrij snel, na een paar seconden.
- 1/f-ruis kan een probleem opleveren wanneer men de gevoeligheid probeert te verhogen.



## E. Verzwakker om grotere vermogens te kunnen meten.

De volgende schakeling is opgebouwd met gewone bedrading zonder een printplaat, maar wel met een koperen of messing lamel die op haar plaats gehouden wordt door ze aan de centrale pen van een BNC te solderen.



R1 is met korte draden gesoldeerd tussen de centerpen van de BNC-connector en het messing plaatje. De bedoeling van de hierboven staande schakeling is met een vermogensmeter die aangesloten wordt op J3, en ontworpen werd om slechts een gering HF vermogen te meten, een groter vermogen te meten door een verzwakker te plaatsen tussen de bron en de vermogensmeter.

De schakeling bestaat uit een plat stuk messing, L1, gesoldeerd tussen de coaxiale connectoren J1 en J2, waardoor de uitgang van een zender een  $50 \Omega$  afsluiting ziet. De weerstand R1, in serie met R2, zorgt voor een spanningsdeling van het ingangssignaal. R2 shunteert J3 en zorgt daarmee tegelijkertijd voor een  $50 \Omega$  uitgangsimpedantie voor J3. Met de verhouding  $(R2/(R1+R2))$  stelt men de verzwakking in, dus het uitgangsniveau.

Men kan op die manier een verzwakking invoeren tussen bv. +10 dBm tot +50 dBm voor een 100W uitgangsvermogen van de zender. Veel hangt af van de vermogensdissipatie van de weerstanden R1 en R2 en die zijn slechts voor maximum 0,5W. C1 is een frequentie-compensator en is gemaakt van een stuk #22 AWG geïsoleerde draad, die over een afstand van 1,5 cm doorloopt tot buiten de rand van het messing plaatje en bijna rust tegen de lichamen van twee weerstanden.

De waarde van C kan met een analyzer, als men daarover beschikt, bijgeregeld worden zodat de aanpasser een vlakke amplitude vertoont in functie van het frequentie-verloop van 1 MHz tot 500 MHz, met slechts 0,1 dB afwijking in amplitude tot 500 MHz (afgenomen op J3). Als men niet beschikt over een spectrum analyzer of een laboratoriumkwaliteit-vermogensmeter, kan men toch nog altijd verwachten dat het verloop van het uitgangssignaal dat afgenomen wordt via J3 vlak blijft binnen de 1 dB tot 500 MHz. Als metingen beneden de 150 MHz belangrijk zijn kan men de N-connectoren vervangen door BNC connectoren.

De eenvoudigste manier om de verzwakker te ijken is met een geijkte signaalgenerator eerst op 10 MHz te beginnen, met ingestelde verzwakkingsniveau's van -20 dBm en -30 dBm. Wie niet beschikt over een kwaliteit signaalgenerator, kan de op de verzwakker aangesloten vermogensmeter ijken met behulp van een laagvermogen zender. Een vermogen van 1 tot 2 W op 7 MHz is prima. De zender via de verzwakker aansluiten op een kunstantenne (een dummy) waarvan de uitgangsspanning afgelezen wordt met een diodedetector en digitale voltmeter. Als het uitgangsvermogen 1W bedraagt, zal de gemeten piek HF-spanning rond de 10V liggen. De detectoruitgang zal ongeveer 9,5V aangeven en het signaal wordt van de uitgang van de zender tot de vermogensmeter dan -10 dBm verzwakt.

### Groot vermogen meter.

Hoewel de bolometer-meetmethode over het algemeen gebruikt wordt voor het meten van kleine vermogens in de grootteorde van microwatts of milliwatts, kan men dezelfde principes toepassen voor het meten van grotere vermogens.

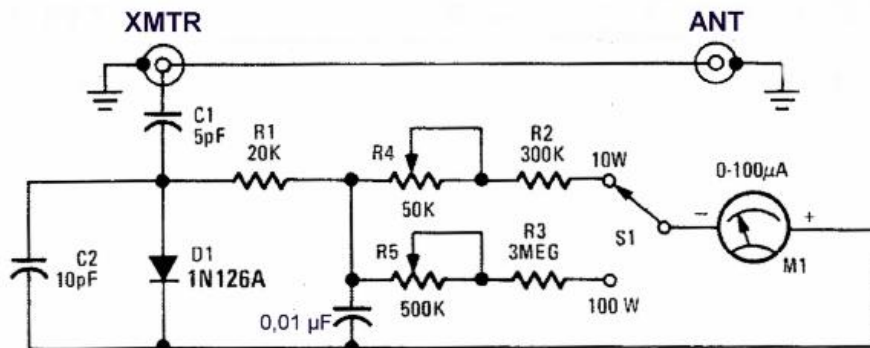
Een voorbeeld daarvan is het meten van het vermogen dat gedissipeerd wordt door een luchtledige of gas gevulde lamp (zoals typisch toegepast in de 'Fotometrie'). Omdat de temperatuur en de weerstand afhangen van het op de lamp toegepast HF vermogen, kan dit gemeten worden door de weerstand van de gloeidraad te bepalen. Dit is mogelijk door een gelijkstroom door de gloeidraad te jagen en er dan de weerstand van te meten met een Ohm meter of beter met een of andere nauwkeurige meetbrug, ofwel als alternatief, een fotocel te gebruiken of een pyrometer die de helderheid van de gloeidraad meet, en daaruit de temperatuur ervan afleidt.

De betrekking tussen de weerstand van de gloeidraad of zijn temperatuur, en het vermogen dat in de gloeidraad gedissipeerd wordt, kan bepaald worden door een ijking met gelijkstroom of met een 50 Hz wisselstroom. Deze werkwijze is onafhankelijk van de frequentie op voorwaarde dat de gloeidraad niet langer is dan een tiende van de golflengte van de erop toegepaste wisselspanning, laagfrequent of hoogfrequent.

### Hoogfrequente vermogensmeter tot 100 watt.

De hieronder volgende schakeling stelt een vermogensmeter voor, die 'in lijn' met een coaxiale kabel geplaatst wordt tussen de zender en de antenne. Een 30 cm lang stuk 50 Ω coax kabel, aan de twee uiteinden voorzien van de geschikte (twee mannelijke) connectoren, is daarvoor geschikt en wordt gemonteerd in een aluminium behuizing.

Een 100 μA draaispoelmeter wordt met de hand (met zwarte streepjes op de meterschaal) geijkt in watt. Met een schakelaar op het voorpaneel kiest men tussen twee vermogensbereiken 0 tot 10W en 0 tot 100W (vermogen met hoogste meetbare frequentie = 60 MHz).

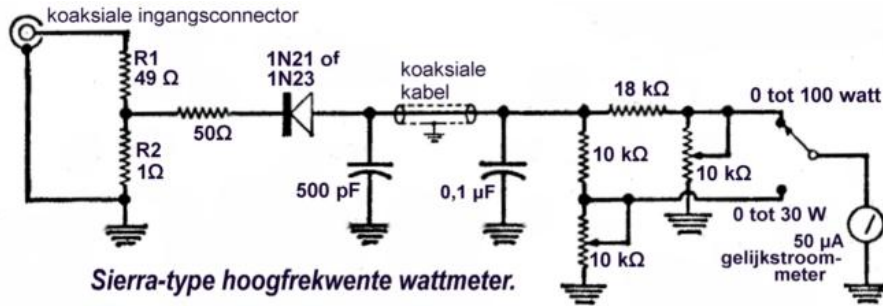


**Hoogfrequente vermogensmeter heeft twee bereiken en kan maximaal 100 W HF meten (volle schaal-uitslag).**

Twee potentiometers worden toegepast, vooral om bij het eerste in werking stellen, de schakeling te ijken (bv. tot een 5W volle schaaluitslag van de meter). De ijking van de meterschaal in vermogen is mogelijk door aan de antenne-uitgang een 50 Ω kunstantenne aan te sluiten en dan de formule  $P = V^2/R$  toe te passen om het vermogen te berekenen uit de over de dummy afgelezen spanning (bv. met een buisvoltmeter of transistorvoltmeter met bijbehorende HF-probe). Deze wordt gekwadraterd en gedeeld door 50.

Zo kan men de schaal van de meter voor verschillende waarden van het aan de ingang toegepast hoogfrequent vermogen ijken. Met S1 in de 10W stand, regel R4 tot de uitwijking van de meternaald overeenkomt met het berekend uitgangsvermogen. Met de schakelaar omgelegd naar de 100W stand kan hetzelfde plaatsvinden door R5 bij te regelen.

Andere mogelijke schakeling:



Zet de zender aan en noteer het vermogensniveau op de meter. Bij een QRP-zender moet dit ergens tussen de 1,5W en 3 W liggen. Als men fluit in de microfoon moet dit een vergroting van de uitlezing van de meter tot gevolg hebben.

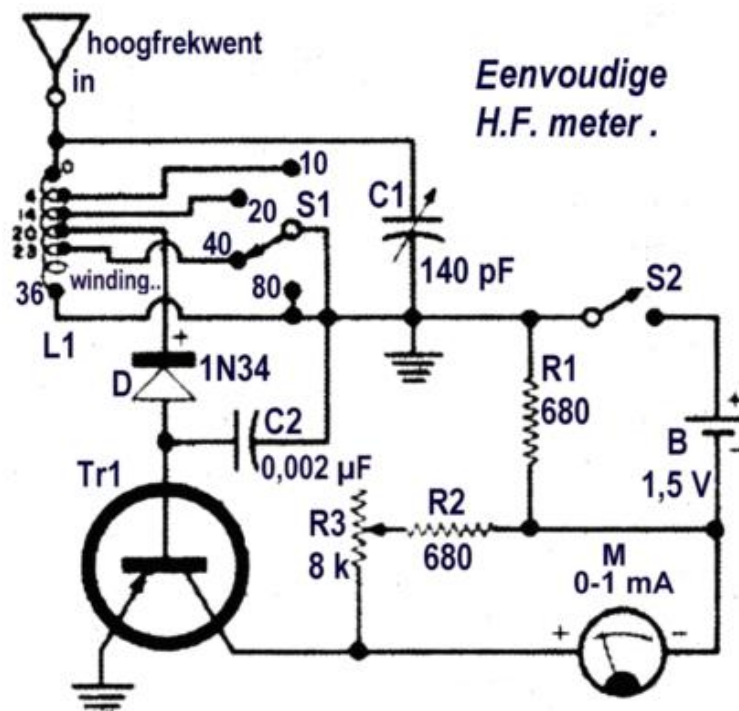
Meet de plaatspanning (met een gelijkspanningsmeter) van de eindbuis van de zender (of de collectorspanning in het geval van een transistor eindtrap) terwijl de zender ingeschakeld onder spanning staat. Voorzichtigheid dus geboden in het geval van hoge spanningen.

Meet eveneens de kathodestroom of de plaatstroom van de HF-eindversterker. Vermenigvuldig de gemeten plaatspanning met de waarde van de plaat- of kathode stroom (in ampère) en in het hierboven veronderstelde geval moet dit product een vermogen opleveren tussen 4 en 5. In het geval van een penthode of tetrode eindbuis zal de kathodestroom (plaatstroom + schermroosterstroom) iets groter zijn dan de plaatstroom.

Sommige Tx/Rx zijn voorzien van een 'metering-jack' die toelaat de kathodestroom te meten van HF vermogen-eindversterker.

**Goedkope hoogfrequent meter.**

Deze eenvoudige HF indicator is bruikbaar voor een ganse reeks toepassingen in de shack of de mobiele installatie. Men kan de schakeling laten werken als een absorptie-frequentiemeter (indien geijkt), een veldsterktemeter en een modulatie monitor, als men er een koptelefoon op aansluit. Echter één van de belangrijkste taken kan het opladen van een antenne zijn van een zender of een mobiele zender.



#### Onderdelen-lijst:

- B = 1,5-volt cel (mag ook een platte batterij van 4,5 V zijn).
- C1 = 140 pF regelbare condensator.
- C2 = 0,002  $\mu$ F mica condensator.
- D = kristaldiode (Sylvania 1N34 of gelijkwaardig)
- L1 = #24-draad gewikkeld op een isolerende cilindrische drager met 2,5 cm diameter:32 windingen per 2,5 cm lengte, voorzien van aftakkingen zoals op de figuur aangegeven.
- M = 0-1 mA gelijkstroommeter.
- R1, R2 = 680 Ohm, 1/2 watt weerstand.
- R3 = 6500-10000 Ohm potentiometer.
- S1 = 1- polige, 4-standen draaischakelaar.
- S2 = S.p.s.t. omkipschakelaar.
- TR1 = pnp transistor (wat men liggen heeft).
- 1 Aluminium chassis + bijbehorend deksel om er een gesloten metalen doosje van te maken.

De schakeling kan eenvoudig nagebouwd worden en praktisch elke goedkope (pnp-) transistor kan de rol van Tr1 vervullen.

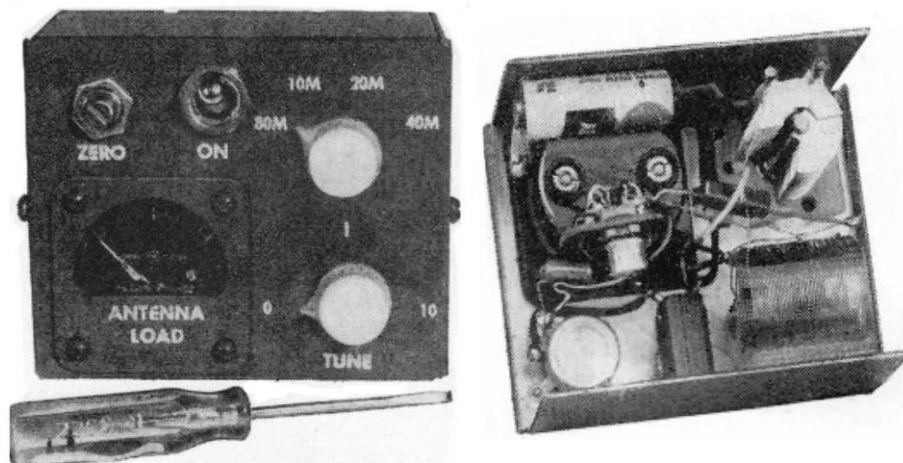
Voor een maximale gevoeligheid wordt een transistor met een beta (stroomversterking) tussen 25 en 45 aangeraden. Het aantal windingen van de spoel L1 is op het schema aangegeven. Het hoogfrequent vermogen dat door de L1-C1 kring over deze resonantiekering gepiekt is, wordt gelijkgericht door de diode D. De gelijkgerichte spanning stuurt de basis-emitter ingang van Tr1. De stroomversterking van Tr1 zorgt ervoor dat de 0,1 mA meter tot een zekere uitwijking gestuurd wordt, afhankelijk van de sterkte van het HF ingangssignaal. De condensator C2 dient in de gelijkrichterschakeling als hoogfrequent kortsluitende ontkoppelcondensator. Hoe groter het opgepikte hoogfrequent, des te groter de uitslag van de meter.

#### **Enkele toepassingen.**

- a. Nadat het toestel met S2 ingeschakeld is op de batterijspanning, regelt men de naald van de meter op nul met potentiometer R3 in de kollektorkring van de transistor. Bevestig een dunne draad aan de ingangsaansluitklem die zich aan de achterzijde van de behuizing bevindt, en koppel daarmee het HF naar de afgestemde ingangskring die met S1 ingesteld is op een van de amateurbanden tussen 10 m en 80 m. Een 10 cm draadlengte voldoet als men de goede werking van een oscillator, frequentie verdubbelaar of eindtrap van een zelfgebouwde zender wil controleren.
- b. Als men de schakeling wil gebruiken om de veldsterkte van een gerichte antenne te controleren, kan de ingangsdraad vervangen worden door een verticale staafantenne. Als de straling te sterk binnenkomt, kan het toestel als harmonische indicator gebruikt worden. Dan plaatst men de bandschakelaar S1 op de 40 m stand, als men de veldsterkte van een 80 m antenne wenst te meten, op het ogenblik dat het uitgangsvermogen van de 80 m zender daarnaar wordt toegevoerd. Bij een zender met een pi-uitgangnetwerk, kan men controleren of dit goed werkt om de antenne op te laden.
- c. Voor mobiele werking, met een buiten (bv.in een auto, een tent of caravan) opgestelde zender, kan de auto-antenne dienen als ontvangstantenne voor het metertje, voor zover deze antenne op het voorpaneel van de auto bereikbaar is, wat meestal niet het geval is. In dat geval kan men een metalen bumper van de auto gebruiken als antenne en deze met een stukje geïsoleerde draad verbinden met de ingangsklem van het meettoestelletje.
- d. Als het apparaatje gebruikt wordt als absorptie- frequentiemeter, kan deze geijkt worden met een heterodyne frequentiemeter die met de ingang gekoppeld is d.m.v. een 500 pF condensator.
- e. Om een gemoduleerd signaal te monitoren, kan men een koptelefoon tussenvoegen in de kollektorkring van de transistor op de plaats van de mA-meter die tijdelijk verwijderd wordt.



De hieronder staande foto geeft een idee over hoe men het meettoestelletje kan afwerken:



### **De Bouw.**

Een 10 cm x 7,5 cm x 6 cm aluminium chassis herbergt alle onderdelen.

De spoel (L1) wordt afgetapt en aangesloten op de schakelcontacten van S1. De as van S1 is doorheen een in het voorpaneel geboorde opening doorgevoerd en wordt op het uiteinde voorzien van een pijlknop. De spoel kan met haar kunststofsteun gecementeerd worden op een geschikte plaats in de behuizing.

Voorzichtigheid is geboden bij het solderen van de kristal diode (D) in de schakeling en het is best daarbij een warmte afvoerende lange bektang te gebruiken waarmee men de te solderen aansluitdraden van de diode stevig omklemt tijdens het maken van de verbinding(en). De transistor kan rechtstreeks vast gesoldeerd worden op een zelfgemaakte printplaat, maar het is toch beter daarvoor een transistor voetje te voorzien. De 1,5 volt cel (of 4,5 V batterij) wordt in een daarvoor geschikte batterijhouder geplaatst.

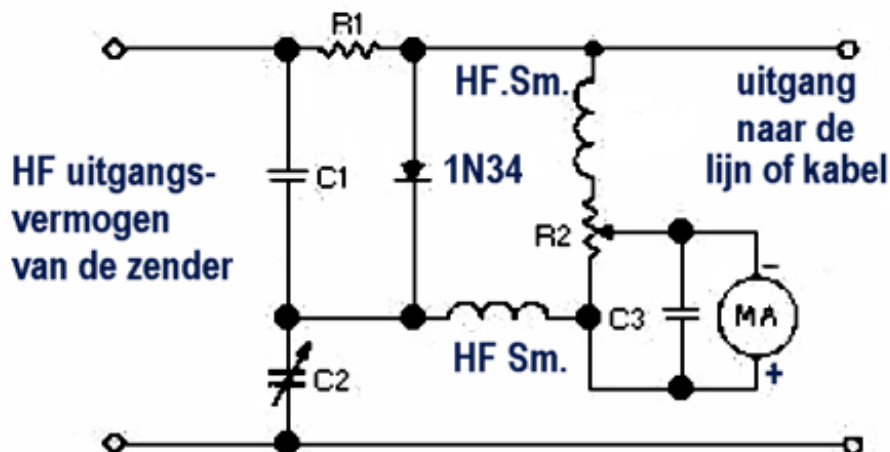


## F. Weerstand-condensator bruggen, vooral voor het meten van de SGV.

### SGV brug.

Een SWR-meter is een onmisbaar stuk testapparatuur tussen onze Tx/Rx en de antenne. Hij is er nodig omdat als de uitgang van de zender (die via een omschakelrelais ook de ingang van de ontvanger is) en de daarop aangesloten voedingslijn of kabel niet correct aangepast is aan de stralingsweerstand van de antenne, niet alle energie overgebracht zal worden naar de antenne en uitgestraald. Integendeel wordt een deel van het hoogfrequent vermogen teruggekaatst naar de zender. Het percentage van het vermogen dat aldus gereflecteerd neemt toe naarmate de verkeerde aanpassing groter is.

### Voorbeeld van een brug voor het meten van de staande golf verhouding.



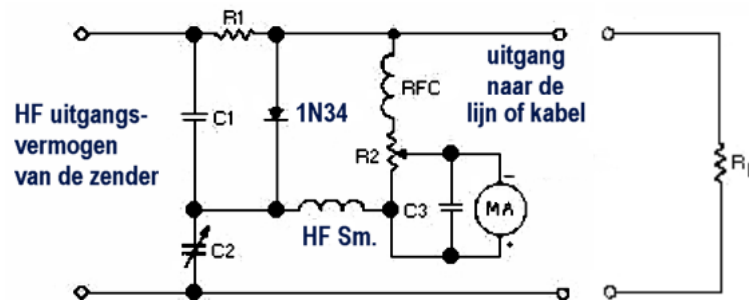
De brug is theoretisch onafhankelijk van de erop toegepaste frequentie. Dit is echter enkel het geval wanneer de frequentie van de erop toegepaste hoogfrequente spanning laag genoeg is.

Indien dit niet het geval is kunnen huideffect, spreidingszelfinductie en parasitaire capaciteit tussen de bedrading en de schakelementen onderling een (storende) rol gaan spelen. De bedrading moet kort gehouden worden om haar ongewenste reactantie, die de brug uit evenwicht zou kunnen brengen, geen kans te geven.

De gelijkrichter bedrading (niet voorgesteld) moet geïsoleerd worden van de brugcomponenten, zodat geïnduceerde e.m.k.'s niet resulteren in een foutieve aanduiding op de mA-meter. Het is best enkel gebruik te maken van weerstanden met verwaarloosbare eigen capaciteit en zelfinductie.

Om een nieuwgebouwde brug te ijken, volgt men best de volgende procedure teneinde foutieve meteraflezingen tot een minimum te herleiden.

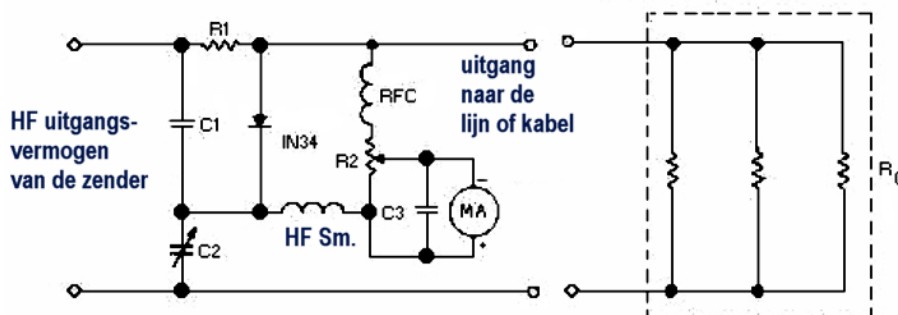
- 1) Sluit aan de uitgangsklemmen van de brug een inductievrije weerstand  $R_L$  (in de hieronder staande figuur) aan, die een weerstandswaarde heeft die gelijk is aan de karakteristieke impedantie van de lijn.



- 2) Pas een HF spanning op de ingangsklemmen en stel de regelbare condensator C2 zodanig in, dat de mA-meter een minimale waarde aangeeft. Sluit de weerstand  $R_L$  vervolgens aan op de ingangsklemmen en de HF generator aan de uitgangsklemmen. M.a.w. zijn generator en belasting van plaats verwisseld. Regel de grootte van de HF spanning die nu aan de rechterkant van de brug werkt, zodanig dat de meternaald volledig uitwijkt tot het einde van de schaal.
- 3) Herstel dan de oorspronkelijke toestand met de HF generator links en de belasting  $R_L$  rechts over de uitgangsklemmen. De meterstand mag nu niet meer dan 1% of 2% van de volle schaaluitslag afwijken, anders is het nodig de bedrading wat aan te passen.

Sluit nu de te onderzoeken transmissielijn aan op de uitgangsklemmen van de brug. Aan het uiteinde van de lijn worden nu een aantal inductievrije weerstanden ( $R_0$  genoemd in de hieronder staande figuur) met verschillende weerstandswaarden, als belasting van de lijn uitgetoetst tot de brug in evenwicht komt (meteruitslag = 0). Ervan uitgaande dat de brug oorspronkelijk in evenwicht was indien men een weerstand met grootte van de karakteristieke impedantie op de uitgangsklemmen aansloot, kan de staande-golfverhouding nu berekend worden uit de volgende vergelijking:

$SWR = SGV = R_L/R_0$  of  $R_0/R_L$  waarin  $R_0$  = golfweerstand van de lijn en  $R_L$  = belastingsweerstand.



Kies uit de twee mogelijkheden, de uitdrukking die een verhouding groter dan 1 oplevert. Daarmee kan men de meterschaal dan rechtstreeks in staande golf verhoudingwaarden iken, en ook de regelbare condensator C2 voorzien van een schaal waarop verschillende karakteristieke impedanties aangeduid worden.

Dit is mogelijk door het aanbrengen van geschikte weerstandswaarden  $R_0$  over de uitgangsklemmen van de brug en de stand van C3 noteren telkens -door zijn verdraaiing- het evenwicht van de brug bereikt wordt (nul uitslag van de meternaald). Op die manier is een bereik van  $R_0 = 50$  tot 300 Ohm haalbaar.

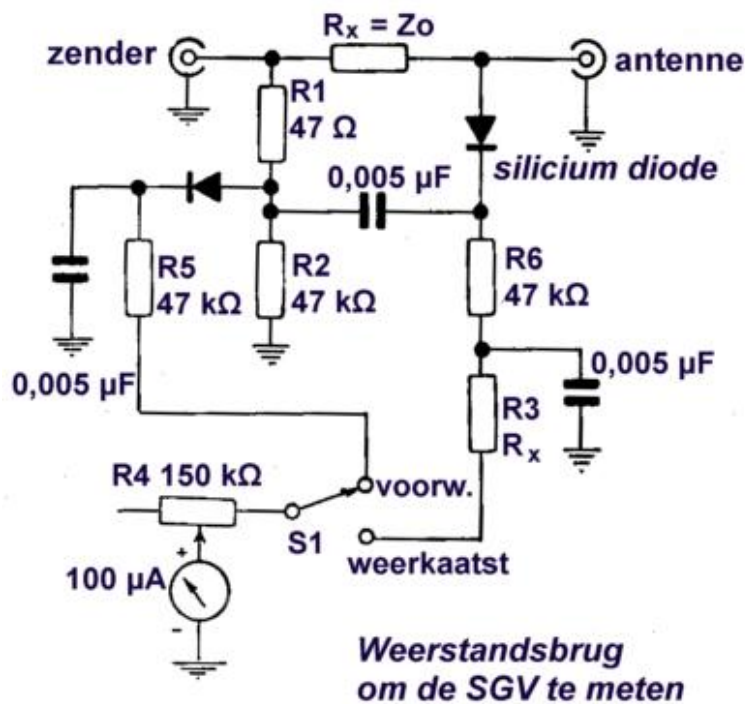
### Andere weerstand – SGV – brug.

De meeste SWR bruggen bestaan uit een bemonsteringslijn ('sampling lijn') die parallel wordt geplaatst met de aanvoerlijn van het hoogfrequent vermogen, waardoor een e.m.k. wordt geïnduceerd in de daarop aangesloten schakeling waarin het HF door dioden gelijkgericht en

verder verwerkt wordt om een draaispoelmeter mee te sturen en te doen uitwijken voor een schaal die men in SGV kan ijkten.

Omdat een diode enkel stroom doorlaat in een bepaalde zin bij een geschikte oriëntatie van de anode en de kathode kunnen we een diode zodanig in de schakeling opnemen, dat ze zowel de voorwaartse stroom als de teruggekeerde stroom op de lijn doorlaat. Twee dioden worden bijgevolg daarvoor gebruikt, een per stroomrichting en -zin, die e.m.k.'s detecteren geïnduceerd door de heen- en de terug stroom.

Er is een ander type brug beschikbaar, namelijk de weerstand SWR brug, waarvan de schakeling hieronder voorgesteld is. In dit instrument vloeit de gehele stroom door de voedingslijn die de uitgang van de zender met de antenne verbindt, de weerstand  $Z_o = R_x$ . Het is duidelijk dat een (te) groot vermogen resulteert in een temperatuurstijging van deze weerstand die een waarde kan hebben tussen  $47 \Omega$  en  $470 \Omega$ .



### **Werkwijze:**

Men sluit de brug aan op de uitgang van een zender en, wanneer deze ingeschakeld is, regelt men de gevoeligheid van de SWR-meter, leest de grootte van de teruggekaatste stroom af en past de erachter staande antenntuner zodanig aan, dat de voorwaartse stroom naar de antenne maximaal wordt en de teruggekaatste nul. Men kan de SGV berekenen uit  $(I_v + I_r) / (I_v - I_r)$ .  $I_v$  is de op de meter afgelezen waarde van de voorwaartse stroom en  $I_r$  deze van de gereflecteerde of teruggekaatste.

De meterschaal kan met deze gegevens ook rechtstreeks in SGV-waarden geijkt worden, bijvoorbeeld van SWR= 1:1 tot SWR= 10:1. Als men grotere SGV-waarden dan 10:1 zou toelaten (3:1 is al veel) maakt men de eindtrap van de zender kapot, en krijgt men overvonking op de voedingskabel.

Het controleren van de nauwkeurigheid van een brug is eenvoudig als men zich houdt aan de volgende afspraken:

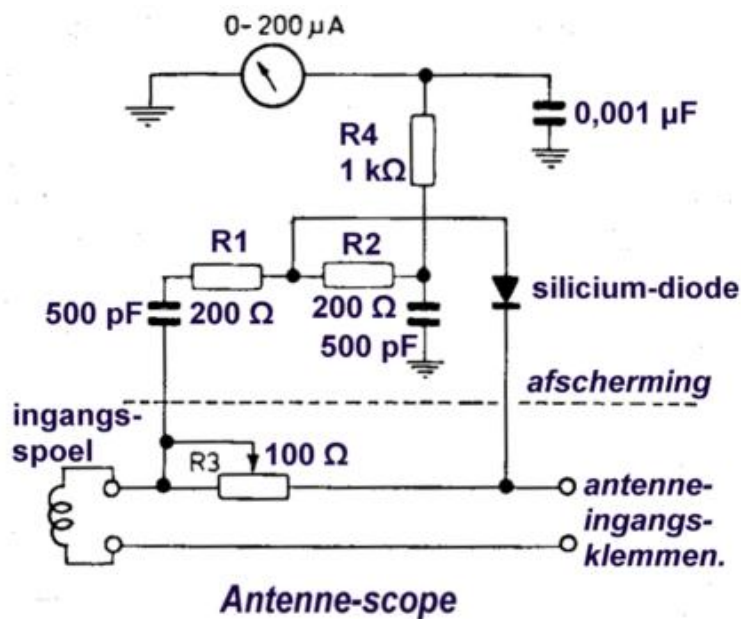
- A. De aflezingen op de meter moeten dezelfde zijn als men de invoer en uitvoer omkeert, m.a.w. als men de zenderaansluiting en de antenneaansluiting omwisselt.

- B. Dit geldt ook als men de grootte van het uitgangsvermogen van de zender wijzigt. Indien de meter dan bij de omwisseling een andere waarde aanduidt, is het nodig de instelling van de gevoeligheid van de meter bij te regelen.
- C. De metingen mogen niet frequentie-afhankelijk zijn. Dit laatste is bv. wel het geval indien de dummy zich gedraagt als een inductieve belasting. Op 3,5; 7; 14 en 28 MHz zal men dan een schijnbare SWR meten die niet overeenstemt met de werkelijke.

Als de brug alle drie de tests foutloos doormaakt, is ze van aanvaardbare kwaliteit.

Als men zeker is dat de antenne in resonantie is op de gekozen centerfrequentie, dat zal normaal zo zijn bij een  $SWR = SGV = 1:1$ , te bekomen door de antennelengte aan te passen, kan men de voedingsimpedantie berekenen uit: Antenne-impedantie = (de golfweerstand  $Z_0$  van de voedingslijn - of kabel)/SWR.

Als men niet zeer zeker is van het resultaat, kan men de meting hernemen met een 'Antennescope'.



Dit instrument is gebaseerd op het feit dat wanneer de potentiometer R3 wordt ingesteld op dezelfde weerstandswaarde als de voedingsimpedantie van de geteste antenne, de brug dan in een evenwichtstoestand zal verkeren en de meter nul zal aflezen. Nochtans zal een volledige nul aflezing zich enkel voordoen wanneer de sturende (excitatie) bron op de resonantiefrequentie van de antenne werkt, bij een zuiver resistieve belasting. Een grid dip oscillator (GDO) (of transistor-dipper) kan dienen als bekrachtigingsbron, en de gebruikswijze ervan verloopt dan als volgt:

- Verbindt de test clips met de antenne-aansluitingen (feeder uiteinden naar het voedingspunt van de antenne).
- Kies de GDO-spoel met het gepaste frequentiebereik, namelijk dat waarin de centerfrequentie van de antenne valt. Steek de twee aansluitpennen van de spoel in de op de GDO daarvoor voorziene houder.
- Stem de GDO af door verdraaiing van de as van de condensator die inwendig in het toestel, parallel staat met de spoel. Verdraai met de in frequentie geijkte draaischijf, de regelbare condensator tot het meettoestel van de GDO een terugslag van de naald vertoont. Bij de scherpste terugval, lees op de geijkte schaal van de GDO de frequentie af, waarop dit gebeurt.
- Regel de potentiometer van de antennescope zodat de antennescope-meter nul aanduidt.



(e) Als de GDO-meter geen scherpe terugslag naar nul vertoont, herhaal c) en d).

We hebben nu zowel de resonantiefrequentie van de antenne gemeten als haar voedingspunt-impedantie. In gevallen waarin het voedingspunt van de antenne niet bereikt kan worden, kan een lengte van de voedingslijn, gelijk aan een exact veelvoud van een halve golflengte aangesloten worden tussen de antenne en de antennescope-testclips die verbonden zijn met het andere uiteinde van de feeder.

Voor een open voedingslijn, een 'kippendraad-feeder' geldt deze regel zonder meer omdat de isolatie tussen de twee draden praktisch lucht is. Bij andere soorten voedingslijnen met bv. polyethyleen isolatie moet de halve golf lengte vermenigvuldigd worden met de verkortingsfactor  $v_f$  (velociteitsfactor), die ligt tussen 0,66 en 0,88 (bekijk de transmissielijntheorie daarover voor de verschillende soorten kabels en lijnen). De potentiometer R3 moet een hoge kwaliteit koolstof regelbare weerstand zijn, d.w.z. met zeer weinig eigen capaciteit en eigen zelfinductie op de frequenties tussen 3,5 en 30 MHz.

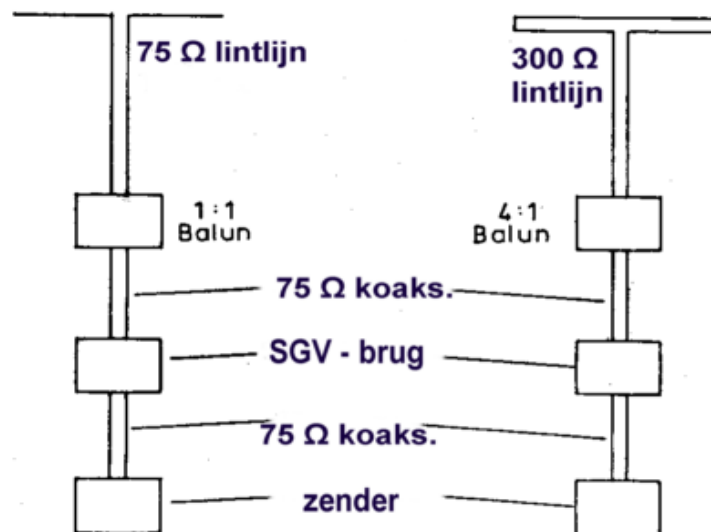
### **Andere metingen.**

Als in ons antennesysteem één of andere vorm van coaxiale kabel voorkomt, moet er tussen het uiteinde van deze kabel en de voedingsklemmen van de antenne, steeds een balun geplaatst worden.

Wie dat bij het installeren van zijn Tx/Rx naar de antenne niet gedaan heeft, heeft alle moeite voor verspild en wat hij/zij denkt als goede prestaties waar te nemen van het geheel (meestal met kunst- en vliegwerk, zoals met een antennetuner die niet nodig is bij een via een balun gevoede symmetrische antenne), beseft niet dat het veel beter kan, en dan wel op alle gebieden van vorm van het stralingsdiagram bij zenden en ontvangen, de signaalsterkte, het rendement, prestaties om door de dx-er gehoord te worden, enz.

Bij contests komt iedereen aan de beurt bij het zeer zeldzaam dx-station, behalve hij/zij die met een rechtstreeks met een coaxiale kabel gevoede (meestal beam-) antenne, alles verprutst heeft. Of gevoed met de zogenaamde 'choke' of "de mantelstroomspoel", enkele windingen opgewikkelde coaxiale kabel, nog zo'n prul dat geen balun is, en enkel bedrieglijk een betere staande golf verhouding toont ter plaatse van de zender in de shack, maar nooit ter plaatse van de antenne.

De regel is: **gebruik altijd een echte balun**, behalve voor sommige verticale antennes, zoals bv. de grondvlak- antenne of 'ground plane'.



In de figuur wordt een 75 Ohm dipool rechtstreeks gevoed met een 75 Ohm lintlijn en een 300 Ohm gevouwen dipool, rechtstreeks met een 300 Ohm lintlijn. Bij de dipool gebeurt dit via een 1:1 balun aan de onderzijde gestuurd door een coaxiale 75 Ohm kabel, in de veronderstelling

dat achter de 50 Ohm uitgang van de Tx/Rx een afstemeenheid staat, gecombineerd met een SGV-meter, die 50  $\Omega$  in naar 75  $\Omega$  uit ingebouwd heeft. Idem voor de gevouwen dipool opstelling waar in dat geval een 1:4 balun toegepast wordt. Wenst men een 50  $\Omega$  coaxiale kabel aan te sluiten aan de onderzijde van de twee baluns, dan is het nodig de transformatieverhouding van de baluns enigszins te wijzigen, maar daar bestaat genoeg literatuur over, met zelf gewikkelde ferrietkern-baluns.

### **Nauwkeurige meting van de lengte van de voedingslijn.**

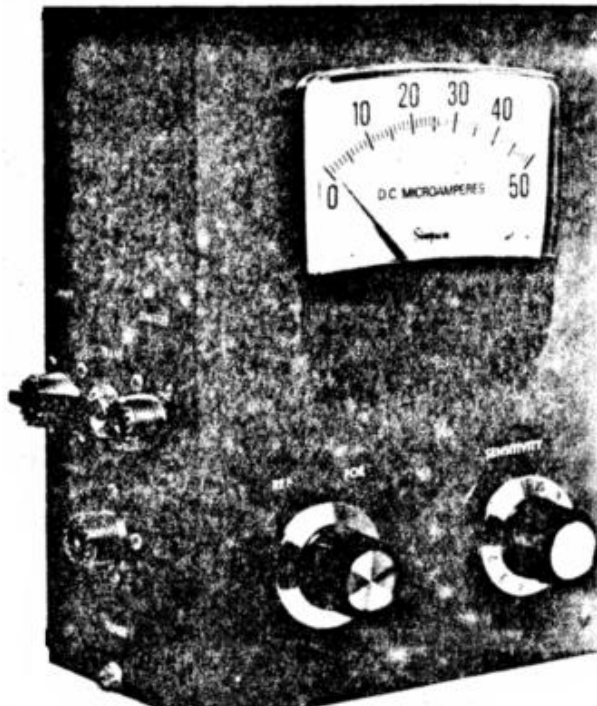
Gelukkig is het eenvoudig om kwart golflengten van een voedingslijn of voedingskabel (en veelvouden daarvan) te meten door gebruik te maken van een GDO. Daartoe knipt men een deel van de feeder af, dat iets langer is dan een geschatte kwart golflengte. Dit deel wordt opgehangen aan een handige steun (bv. met houten spelden aan een waslijn) en uit de buurt gehouden van metalen voorwerpen die de meting zouden kunnen beïnvloeden.

De twee geleiders aan de onderkant van de feeder worden tijdelijk met elkaar verbonden over een spoel die slechts 1 winding telt en de GDO wordt gekoppeld met deze spoel. De andere kant van het stuk voedingslijn wordt opengelaten door de twee geleiders op die plaats niet met elkaar in aanraking te laten komen. De frequentieschaal van de GDO wordt nu verdraaid tot er zich een terugslag van de meternaald voordoet. Dat is dan de frequentie, waarop de golflengte kan berekend worden uit  $\lambda/(4)$  (in meters) =  $c/(4 \cdot f) = 300/4 \cdot (f \text{ in MHz})$ .

De lengte van het stuk transmissielijn waarbij de 'dip' optrad is een kwartgolf lang op de frequentie van de dip. Andere lengten kunnen daaruit bepaald worden door meting van de fysieke lengte van die kwart golf sectie. Dezelfde meting kan hernomen worden, met de andere kant van het stuk voedingslijn kortgesloten, door de twee geleiders op die plaats van hun isolatie te ontdoen, en aan elkaar te solderen. Nu zal de naald van de meter terugslaan op een frequentie, die een halve golflengte van de lijn of kabel aangeeft, dus:  $\lambda/(2)$  (in meters) =  $c/(2 \cdot f) = 300/2 \cdot (f \text{ in MHz})$ .

Als er zich tijdens zo'n metingen met een GDO meerdere dip's voordoen tijdens de meting, moet men altijd de laagste frequentie kiezen die nog een terugslag veroorzaakt.

### **Nog een weerstandsbrug: Afregelschakeling met een SGV –meter.**



Het basisidee is eenvoudig. De uitgang van de zender wordt aangesloten op een kunstantenne (dummy) en een kleine (hoeveelheid) spanning wordt bemonsterd door middel van een HF transformator in de brug. Deze spanning wordt vervolgens gebruikt om een eenvoudige

Wheatstonebrug mee te sturen, die ontworpen is voor 50 Ohm. Wanneer een antenne-aanpassingssysteem verbonden is met de brug, duidt de nul van de brugmeter aan dat het antennesysteem 50 Ohm ziet.

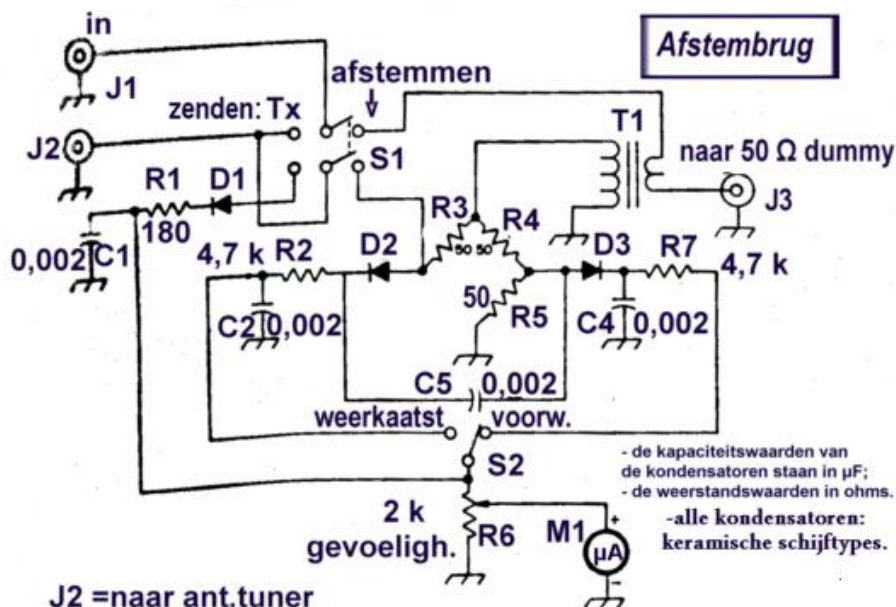
Met een DPDT-schakelaar kan men overschakelen van de afstem- naar de uitzendstand. In de zend- positie staat de zender rechtstreeks aangesloten aan het aanpassingsnetwerk en vandaar naar de antenne. Bovendien laten een schakelaar (S2) en een gevoeligheidscontrole (R6) toe zowel heengaannde als weerkaatste spanningen weer te geven.

De meter kan gemakkelijk geijkt worden in waarden van de staande golfverhouding VSWR, zodat het eenvoudig wordt om de zender af te regelen voor optimaal rendement en voor de beste aanpassing aan de stralingsweerstand van de antenne.

Componenten-lijst:

- D1 tot D3: germanium diode 1N198 of gelijkwaardige
- M: 0 tot 50  $\mu$ A gelijkstroommeter (draaispoel)
- R3 tot R5: 47  $\Omega$ , 1 watt koolstofweerstanden in serie met 2,7  $\Omega$
- T1: primaire wikkeling: 2 windingen nr.#20 geëmailleerde draad;  
secundaire wikkeling: 10 windingen #24 geïsoleerde draad

Alles gewikkeld op Amidon ringkern T50-6, of gelijkwaardige kern.



De schakeling bevat geen onderdelen waarvan de waarde kritisch nauwkeurig moet zijn. De nauwkeurigheid van de brug wordt bepaald door de precisie van de drie 50 Ohm weerstanden (R3 tot R5). Men kan elk van deze samenstellen door een 47  $\Omega$  weerstand in serie te solderen met een 2,7  $\Omega$  weerstand. Men kan zich in de handel ook drie precisieweerstanden van 50  $\Omega$  aanschaffen, terwijl een standaardreeks-waarde van 51  $\Omega$  ook bestaat en overal goedkoop verkrijgbaar is.

Het doel van D1 en R1 is er op toe te zien dat de zender hoogfrequent vermogen aflevert wanneer de schakelaar S1 in de 'zend'-stand staat.

De schakeling kan ook gebruikt worden om het uitgangsvermogen te meten (als de SGV gelijk is aan 1:1). Men kan de uitslag van de meter ijken m.b.v. een geijkte nauwkeurige hoogfrequent wattmeter.

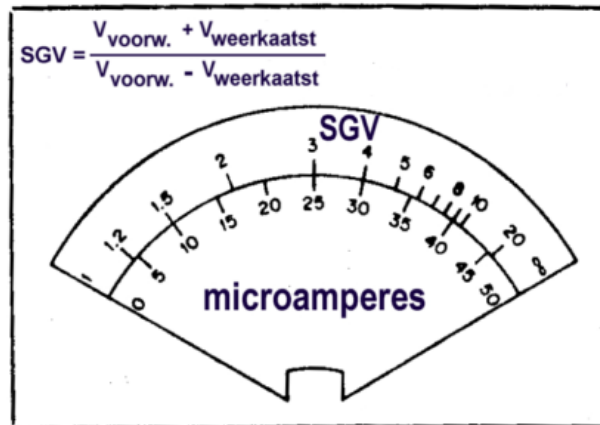
### Het in werking stellen:

Het is een eenvoudige zaak om dit toestel te bedienen. Stel eerst S1 in de afstempositie en S2 in de voorwaartse (-golf-) positie. Regel vervolgens de zender af tot hij voldoende HF

uitgangsvermogen aflevert. Stel dan S2 op de weerkaatste (-golf-) positie en regel de antenneafstemmer zodanig bij dat de meter van de brug nul aanduidt. S1 kan nu op de zendstand geplaatst worden.

Om het HF uitgangsvermogen af te lezen, plaats S2 in de stand 'voorwaarts'. Men kan S1 ook in de afstemstand plaatsen en de antenne-tuner in de shack bijregelen tot de meter nul aanduidt. Op dat ogenblik is de SGV= 1:1. Het enige wat men daarna nog hoeft te doen, is de schakelaar op 'zenden' te zetten, en men kan dan op antenne beginnen uitzenden.

Het is met deze schakeling mogelijk zowel de naar de antenne lopende spanning te meten, als de weerkaatste. Hieronder is een mogelijke vorm van geijkte schaal voor dit toestelletje voorgesteld.



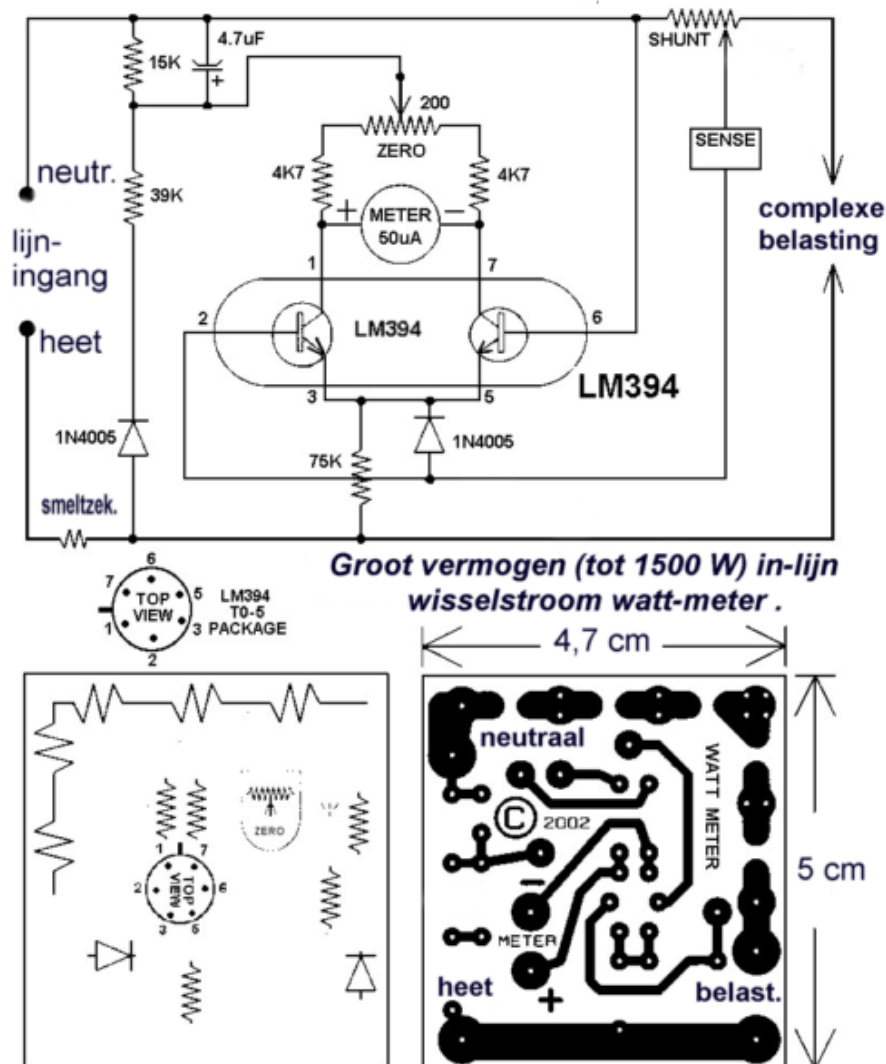
Zoals te zien is op de foto (bovenaan), staan de coaxiale connectoren (op de zijkant) en de schakelaar S1 (op het voorpaneel) dichtbij elkaar, opzettelijk op die manier geplaatst om de draadverbindingen aan de binnenkant van het kastje (15 X 20 X 10 cm) zo kort mogelijk te houden.

Deze schakeling laat toe de QRM veroorzaakt tijdens afregelen van de zender te reduceren, om niet te zeggen te doen verdwijnen. In samenwerking met een antenne-afstemmer elimineert de schakeling ook het afstem- en giswerk en laat toe snel over te gaan naar zenden op een gekozen station of frequentie.



## G. Meten van het vermogen van een toestel dat aangesloten is op een 110 V~ of 220 V~ wisselspanningsnet.

Deze schakeling werd overgenomen uit het "National 1986 Data - Linear Application Handbook" maar de auteur ('Chemelec') van dit artikel ontwierp er de printplaat voor.



Het schema beschrijft een nauwkeurige wattmeter met meerdere bereiken, afhankelijk van de Ohm waarde van de shunt. De shunt-weerstand kan rond de 0,001 Ohm liggen voor een volledige uitslag op een 1000 watt schaal. In dit toestel werd gekozen voor een 1500 watt volle schaaluitslag en de meter is (onrechtstreeks) geshunteerd door 5 kleine lussen kort stuk draad in een zigzag-vorm of in een "n\_n\_n\_n" vorm, uit #16 AWG draad. De te kiezen draaddikte en de lengte van de shunt zijn bepaald door het gewenste vermogensbereik in watt. Een 14 AWG of een 12 AWG zullen waarschijnlijk beter voldoen voor een 1500 watt shunt, maar de te wikkelen of in een vorm buigbare draad wordt dan langer. Een te kort stuk (shunt) draad warmt op en de weerstand ervan verandert dan, waardoor meetfouten ontstaan.

*Enkele opmerkingen:*

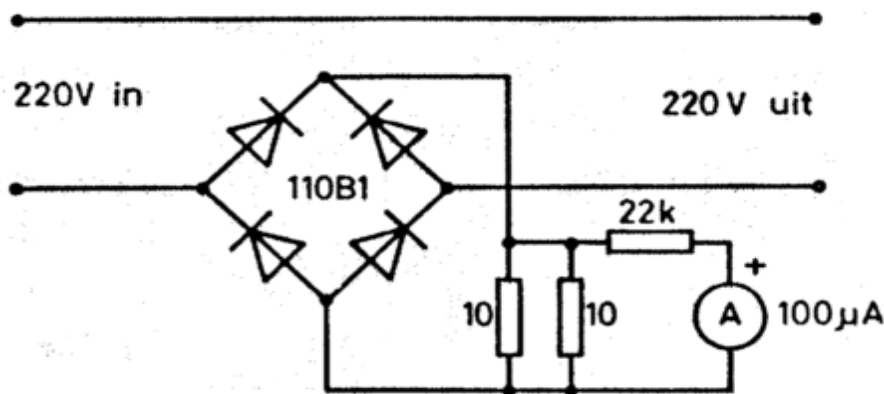
- 1) de LM394 die in deze schakeling gebruikt wordt, trekt slechts weinig stroom voor de eigen werking.
- 2) De rejectiefactor voor blindvermogen-belastingen die reactieve stromen zouden voortbrengen, is beter dan 100:1.
- 3) De niet-lineariteit bedraagt ongeveer 1% van een volledige schaaluitslag, als men een 50 µA-meter toepast.



- 4) De schakeling meet stroom op de negatieve halve perioden alleen, en liefst van een wisselstroomnet dat geïsoleerd is via de secundaire van een scheidingstransformator.
- 5) De vermogensbelasting van dit toestel in stationaire toestand bedraagt slechts 0,5 watt.
- 6) Als men de 'lijningang' aansluit op een 110 V~ of een 220 V~ net, dan is een in-lijn smeltzekering zoals onderaan op het schema, geen luxe, en vanzelfsprekend, wegens de gevaarlijke wisselspanningen.

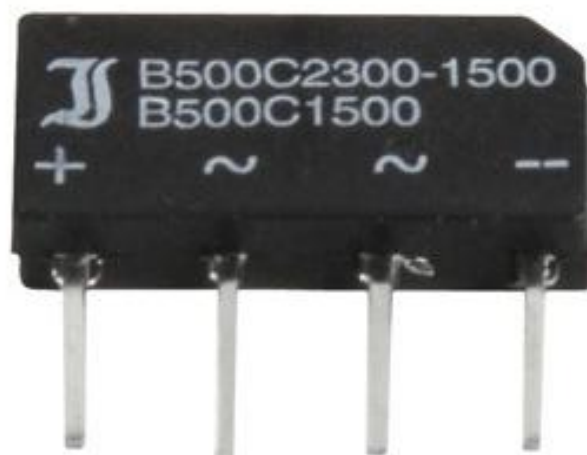
**Vermogensmeting met dioden en een vervangingsweerstand als belasting of kunstantenne.**

**Vermogensmeting met een bruggelijkrichter.**



We meten het vermogen dat door een 220 V wisselspanningsnet geleverd wordt aan een belasting die bestaat uit Ohmse weerstanden of gloeilampen (in de schakeling niet voorgesteld), maar aan de rechterzijde op de 220V~ uit wordt aangesloten (typisch tot 100 watt.)

Omdat we te doen hebben met een spanning met constante amplitude, is het voldoende de stroom te meten. We sturen de door de diodebrug gelijkgerichte stroom door een weerstand van 5 Ohm die bestaat uit twee parallel geschakelde weerstanden van 10  $\Omega$  (elk 2W of 5W) teneinde een voldoende dissipatie te verkrijgen. Over deze gecombineerde weerstand verschijnt een gelijkspanning die evenredig is met de gelijkgerichte stroom, dus ook evenredig met het vermogen. Via een 22k  $\Omega$  voorschakelweerstand wordt de spanning door een 100 $\mu$ A-metertje gemeten, dat rechtstreeks in vermogen kan geijkt worden, als men dit vergelijkt met de aanduidingen door een standaard vermogensmeter die men in bruikleen heeft gevraagd.

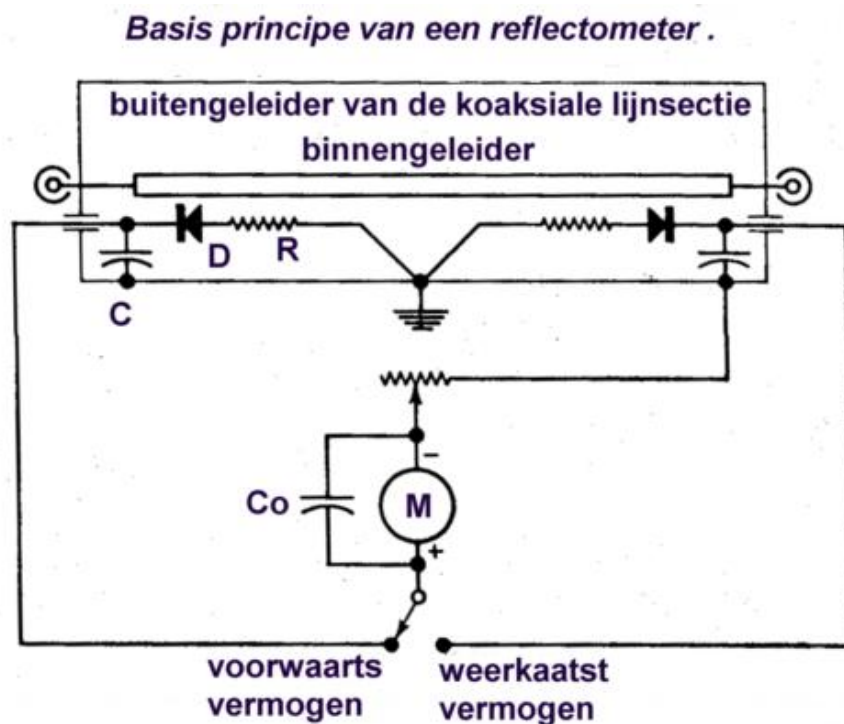


## H. HF Voltmeters en vermogensmeters, en het reflectometer-principe.

Een HF vermogensmeter kan ook dienen om uit het gemeten vermogen  $P$  de spanning over een belasting  $R$  af te leiden, vermits  $P = V^2/R$  waaruit  $V$ , als  $P$  en  $R$  gekend zijn ( $V = (P \cdot R)^{0,5}$ ).

Dergelijke meettoestellen worden vaak gecombineerd met systemen die ook de staande golfverhouding op een transmissielijn kunnen bepalen, waarbij een heengaand en een gereflecteerd vermogen gemeten worden. Uit deze twee waarden wordt de SGV afgeleid.

De eenvoudigste opstelling daarvoor maakt gebruik van twee dioden die samen met een weerstand  $R$  en een condensator  $C$  een gelijkrichterkring vormen. De tijdsconstante, gelijk aan het product  $C \cdot R$ , wordt groot gekozen ten opzichte van de periode van de laagste te meten HF. Meestal volstaat het daarvoor  $R$  minstens 10000 Ohm te kiezen en  $C$  1000 pf. De condensator  $C_0$  dient enkel als extra HF filtering voor de meter teneinde deze voor HF kort te sluiten, anders zou hij inwendig verbranden.

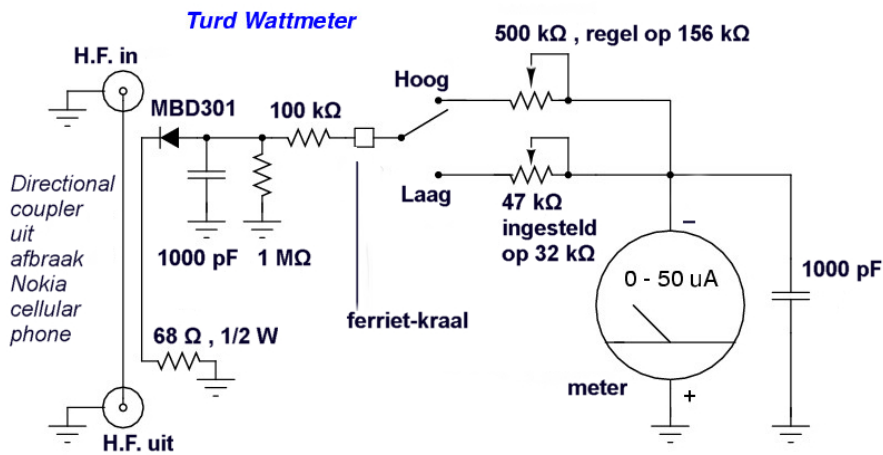


Deze instrumenten zijn brugtype voltmeters, die bestaande uit één of twee voltmeters voorzien van een gelijkrichter met weerstand en filtercondensator. Ze zijn opgebouwd uit een korte lengte coaxiale lijn, en een oppiklus zodat daarin door wederzijdse inductie een e.m.k. geïnduceerd wordt door een op de lijn lopende golf.

Deze zich verplaatsende hoogfrequent induceert niet alleen inductief, maar ook gedeeltelijk door een capacatieve koppeling een e.m.k. naar de aftaklus. Men kan een heengaande en een gereflecteerde golf meten (door het systeem fysisch om te keren) en de meter  $M$  kan zowel in watt als in staande golfverhouding (SGV of VSWR) geijkt worden.

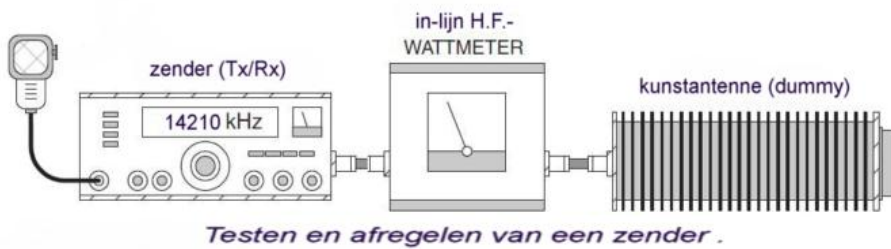
Voor relatieve of betrekkelijke metingen en de berekening van de VSWR, is er geen speciale ijking nodig. Maar voor nauwkeurige stroommetingen moet het instrument wel geijkt worden voor elk specifiek frequentiebereik of voorzien van plug-in elementen voor verschillende frequenties en verschillende vermogens.

Omdat instrumenten van dit type zelf betrekkelijk weinig vermogen opnemen, kunnen ze als permanente vermogensmonitoren worden achtergelaten in de voedingslijn of om doorlopend de voorwaarden te controleren waarin een antenne werkt en HF stroom trekt van de zender.



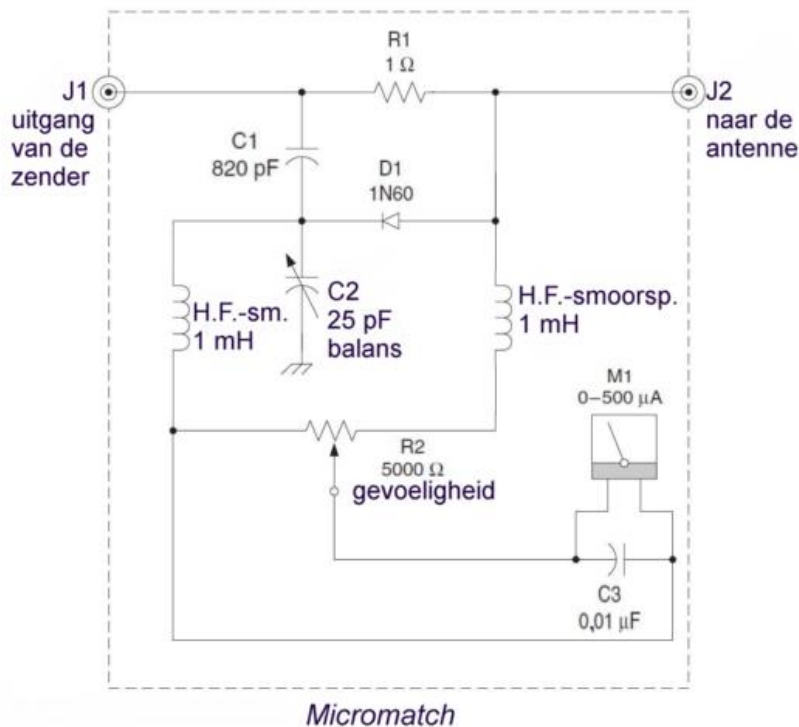
### Praktische in-lijn brugschakelingen.

Een in-lijn HF-vermogensmeter kan in verschillende vormen en uitvoeringen voorkomen die vaak superieur zijn t.o.v. de klassieke Wheatstonebrug, hoewel men in de schakeling dikwijls ook een vorm van brugschakeling herkent. Men kan een dergelijke vermogensmeter tijdens het zenden met de Tx/Rx gewoon tussen geschakeld laten zitten tussen de uitgang van de zender en de antenne (of voorlopig een kunstbelasting).



### Micromatch

Een vorm van een in-lijn HF-vermogensmeter is de micromatch met een schakeling die vergelijkbaar is met een Wheatstone brug waarin de impedantie van de antenne een tak vertegenwoordigt, en een paar capacitieve reactanties (XC1 en XC2) twee andere takken.



De uitgangsspanning van de zender, dus de ingangsspanning van de brug wordt gelijkgericht door D1 en gefilterd door R2/C3, alvorens te worden toegepast op een microampèremeter (opmerking: alle meters van 100  $\mu$ A tot 1 mA volle schaaluitslag kunnen hiervoor dienen). De brug bestaat uit  $X_{C1}$ ,  $X_{C2}$ , R1 en  $R_L$  (de antenne of een belastingsweerstand).

De nul toestand ontstaat wanneer  $X_{C1}/X_{C2} = R1/R_L$ . Voor 50 Ohm antennesystemen bedraagt de verhouding  $R1/R_L = 1/50$ . Een waarde van ongeveer 15 pF = C2, is vereist om de juiste C1/C2 verhouding te bekomen. Voor een 75 Ohm systeem (zoals een dipoolantenne gevoed met een 75  $\Omega$  symmetrische twin) is ongeveer 10 pF nodig.

Sommige nabouwers van de schakeling geven er de voorkeur aan een compromis te sluiten dat zowel voor 50  $\Omega$  als voor 75  $\Omega$  een aanvaardbare oplossing is, door aan te nemen dat de op de antenneklem J2 aangesloten antenne, een 68 Ohm stralingsweerstand heeft. In dat geval is als capaciteitswaarde voor C2 ongeveer 12 pF nodig, voor een 1/68 verhouding.

De serieweerstand (R1) is een 1 Ohm weerstand die men kan samenstellen uit (in commerciële micromatch HF wattmeters) tien 2 watt, 10 Ohm weerstanden in parallel. Het HF vermogensniveau wordt geijkt door het instellen van de gevoeligheidspotentiometer R2.

### Terugkeerverlies en vermogen meten met Micromatch.

In een vermogen metende brugschakeling meten we zowel het heengaand vermogen dat door de uitgang van de zender naar de antenne wordt gestuurd, als het weerkaatste vermogen.

De betrekking tussen de twee vermogens, uitgedrukt in dB, staat bekend als het terugkeerverlies van het weerkaatste vermogen (return-loss). Dit verlies is gerelateerd aan de grootte van de reflectiecoëfficiënt "r" (of de Griekse letter gamma =  $\Gamma$ ) door de gelijkheid: verlies =  $20 \cdot \log(r)$ . En de reflectiecoëfficiënt r zelf, is bepaald door de staande golf verhouding VSWR als  $r = (VSWR - 1) / (VSWR + 1)$ .

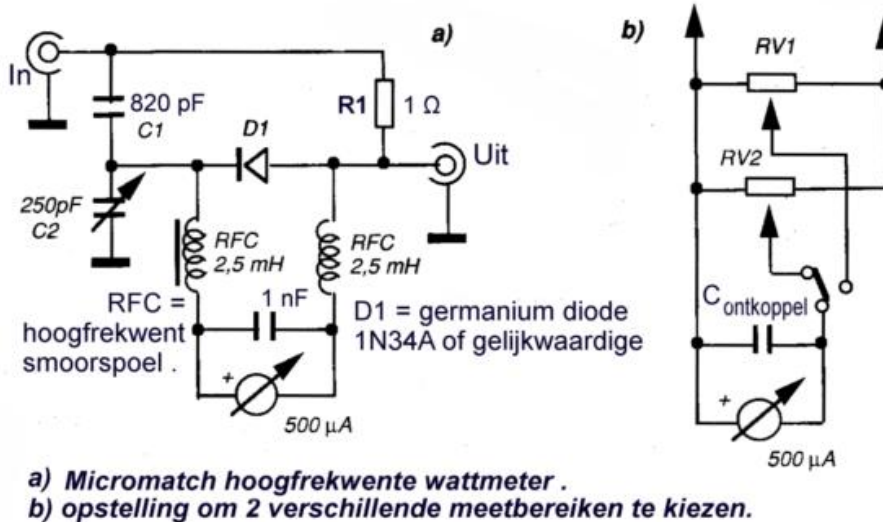
De volgende tabel vergelijkt het terugkeerverlies, de weerkaatsingscoëfficiënt, en de VSWR voor een aantal waarden. Als men rekening wenst te houden met de fasehoek (voor reactieve belastingen), zal een vollediger voorstelling van r nodig zijn onder de vorm van:  $r = (Z - Z_0) / (Z + Z_0)$ .

terugkeer- verlies dB	r-coeff.	VSWR= $(1+r)/(1-r)$
1	0,891	17,4
2	0,794	8,72
3	0,707	5,85
4	0,631	4,42
5	0,562	3,57
6	0,501	3,01
7	0,447	2,61
8	0,398	2,32
9	0,355	2,10
10	0,316	1,92
12	0,251	1,67
14	0,199	1,50
16	0,158	1,38
18	0,126	1,29
20	0,100	1,22
25	0,056	1,12
30	0,032	1,07
35	0,018	1,04
40	0,01	1,02
45	0,0056	1,011
50	0,00316	1,006
60	0,001	1,002

Al deze waarden zijn belangrijk, ook voor het gebruiken van het Smith-diagram als grafische weergave van de antenne-impedantie.

Eén van de voordelen van een terugkeerverliesbrug, is dat een impedantiemeting bij laag vermogen kan uitgevoerd worden.

**Andere uitvoering van de micromatch:**

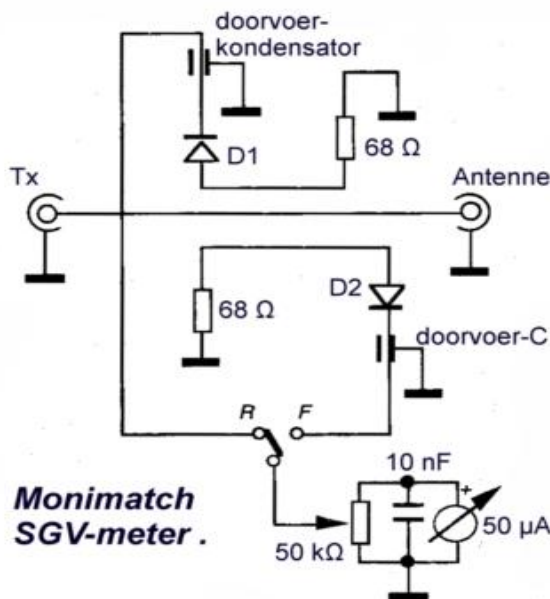


Deze micromatch is geschikt als een 'in-lijn' wattmeter en is gebaseerd op een Wheatstonebrug. De takken van de brug zijn samengesteld uit C1, C2, R1 en de impedantie van de antenne (aangesloten op 'Uit'). De waarde van R1 bedraagt 1 Ω, waardoor op deze wijze slechts zeer weinig vermogen wordt gedissipeerd bij het tussenvoegen van deze schakeling in een transmissielijn.

De Micromatch is bestaat in drie mogelijke uitvoeringen: met 1 vermogensbereik, met twee of met drie (10W, 100W of 1000W volle schaaluitslag). Een mogelijkheid om tussen twee bereiken te kiezen is voorgesteld in (b).

**De Monimatch.**

Een populair type van SGV aanduider is de "Monimatch", in het bijzonder bruikbaar op VHF en UHF.



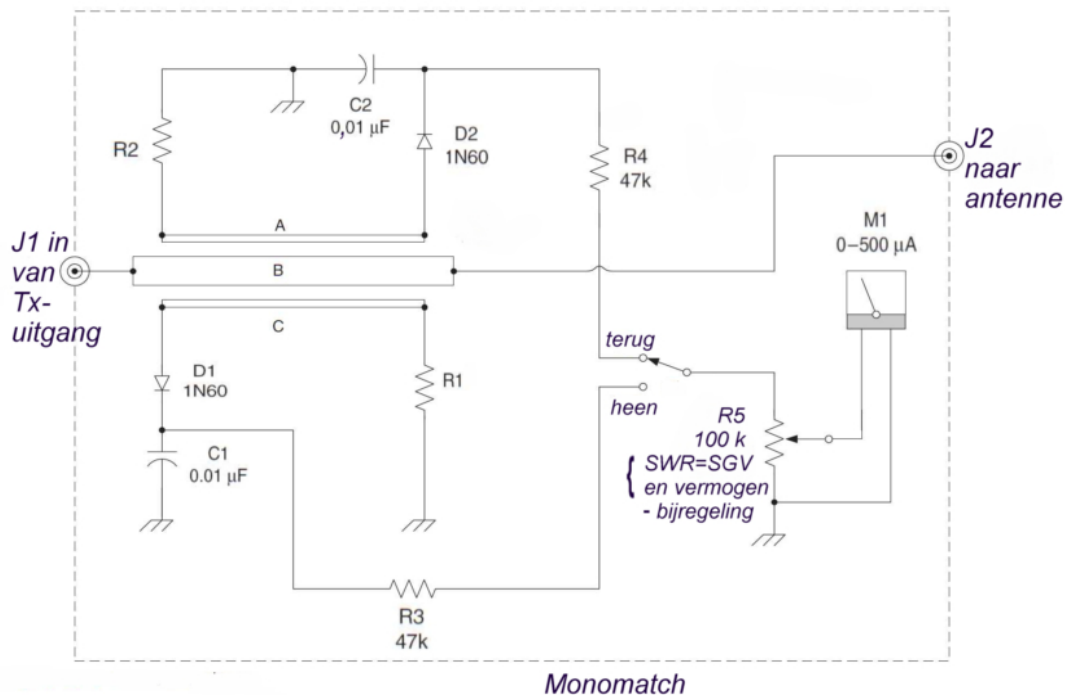


Het hart van dit instrument is de oppik-sensor, die gevormd wordt door twee geleiders of koppellussen, één voor elke richting (voorwaartse- en gereflecteerde zin) die evenwijdig met en dichtbij de centrale geleider (draad of buis) van een coaxiale kabel liggen, waarvan de isolerende buitenmantel en de gevlochten metalen afscherming verwijderd werden.

In sommige uitvoeringen bestaan de twee koppellussen uit twee geëmailleerde koperdraden, die geschoven worden tussen de gevlochten afscherming van de coaxiale kabel en de polystyreen isolatie van de binnengeleider van deze laatste (de isolerende buitenmantel van de kabel is dan wel verwijderd om dit te kunnen). In nog andere versies wordt dit gehele koppelsysteem verkregen door de drie geleiders op een gepaste manier op een kleine printplaat te etsen. Dit laatste is vooral praktisch op de zeer hoge frequenties. De volledige schakeling wordt daarna wel, voorzien van de geschikte connectoren, in een afschermende metalen behuizing ondergebracht.

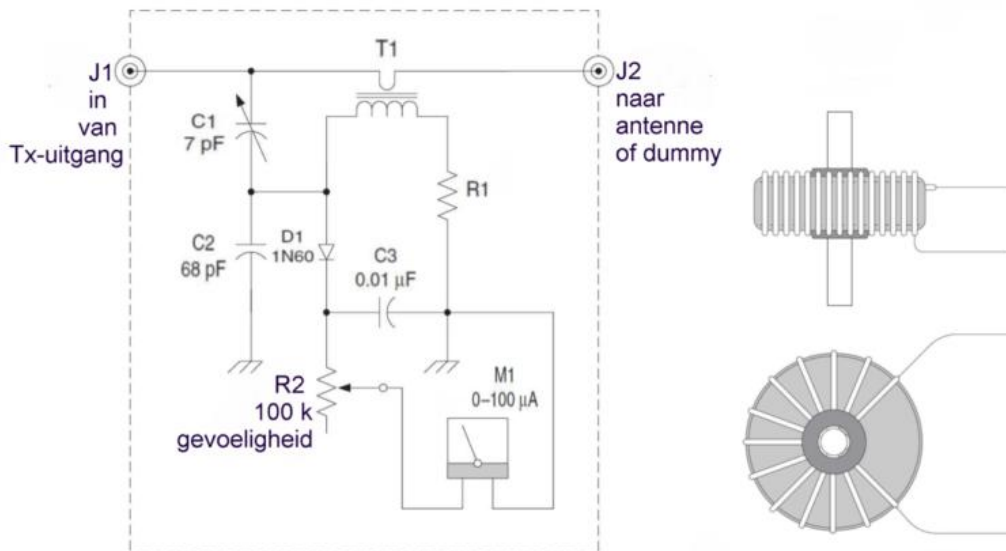
### Andere uitvoering van de Monimatch.

De klassieke transmissielijn-monimatch HF wattmeter kan gebruikt worden op frequenties van HF tot VHF. Deze bestaat uit drie stukken transmissielijn (A, B en C) die met elkaar verbonden zijn als een richtkoppeling. In oudere instrumenten werd de transmissielijn-richtkoppeling vervaardigd met een lengte RG-8/U coaxiale kabel met een paar dunne geëmailleerde draden geschoven tussen de binnen-afscherming en de isolerende buitenmantel. In recentere instrumenten zijn de drie transmissielijnsegmenten geëtsd op een printplaat.



De bemonsteringslijnen A en C worden afgesloten, hetzij op 50 Ohm of op 75 Ohm niet-inductieve weerstanden (bv. met koolstofsamenstelling of metaalfilm). Ook hier zou men een compromiswaarde van 68 Ohm (zoals ook hogerstaand opgemerkt) kunnen kiezen zodat men op 50 Ohm of 73 Ohm antennen metingen kan verrichten met slechts een kleine foutmarge.

De volgende figuur geeft een andere monomatch-uitvoering weer, waarin een breedband transmissielijn-transformator toegepast wordt. Die is gewikkeld op een ringkern uit fijnverdeeld ijzer of een ferrietring. Een detail van de transformator toont de afmetingen: een 12mmx40 mm toroidale kern wordt bewikkeld met 10 tot 30 windingen #22 tot #30 geëmailleerde draad, waarbij tussen de twee draadeinden een afstand van tenminste 30 graden gelaten wordt. Een rubberen pakking wordt in de opening van de ringkern aangebracht en daar wordt de transmissielijn doorgevoerd. Als voedingslijn die door de opening loopt, kan ook een koperen of messingbuis met kleine diameter dienen.

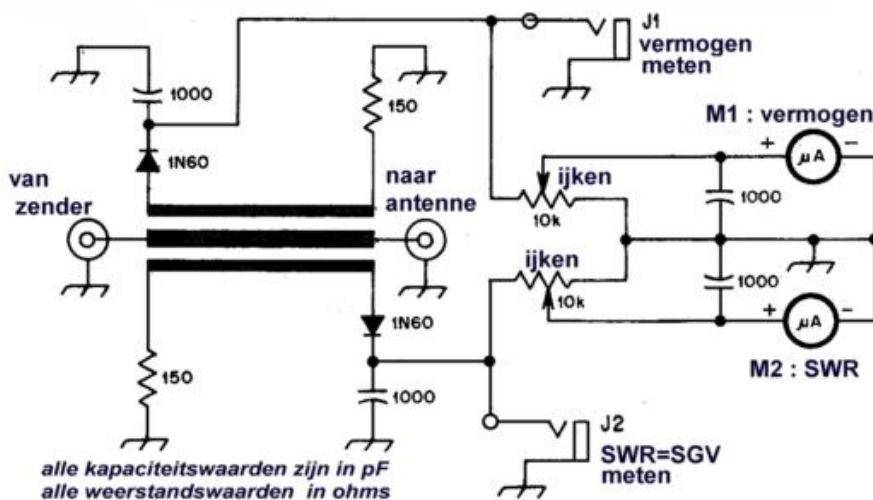


### Vermogen – en SGV – meter voor visueel gehandicapte ham's.

De hieronder volgende hoogfrequente brug is uitgerust met een toon verschuivend laagfrequent systeem om de visueel gehandicapte radioamateur te helpen het pi-netwerk in de eindtrap van een zender, en een antenne aanpassingssysteem af te regelen.

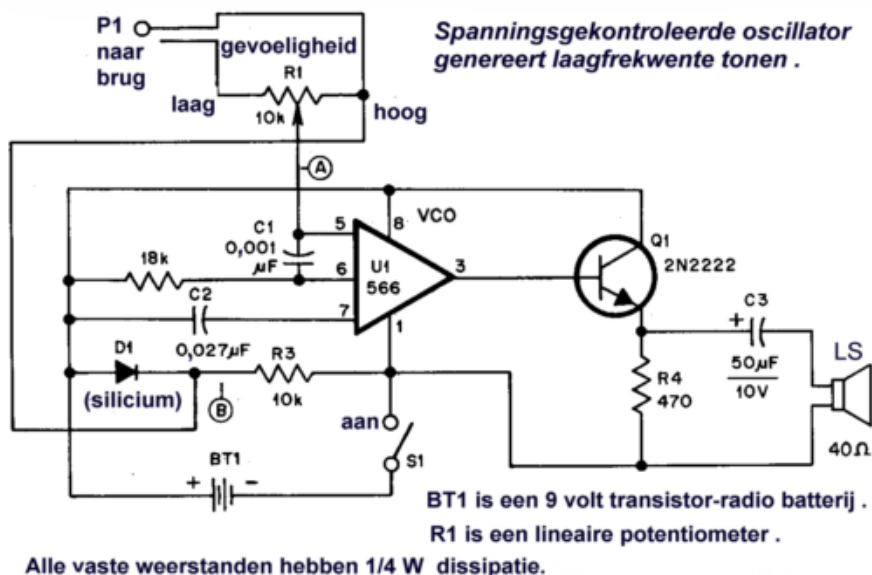
Ze laat de operator toe de antenne goed en juist op te laden en de dip in de plaatstroom of de collectorstroom van de eindtrap van de zender met zelfvertrouwen in te stellen. Optimale prestaties worden met dit systeem bereikt.

### De schakeling.



De eenvoud van dit ontwerp (gebaseerd op een SWAN-SWR-1A) springt naar voor uit het schema. Om de afregelingen auditief te kunnen weergeven, dient een spanningsgecontroleerde oscillator (VCO) met een 566 IC., en een laagfrequent versterker die een (kleine)luidspreker stuurt.

De 566 is normaal bedoeld om te werken op een 12V voeding, maar met een 9V batterijvoeding werkt deze schakeling ook.



De plug P1 wordt, naargelang men het vermogen of de SGV wil meten, ingeplugd in ofwel jack J1 of J2 van de meetschakeling.

De LF transistor Q1 is de 2N2222 die voldoende uitgangsvermogen kan leveren om een kleine luidspreker te sturen.

De emitterweerstand  $R4 = 470 \Omega$  van de transistorversterker beperkt de batterijstroom tot ongeveer 18 mA. Wanneer de geluidswaergave meer dan voldoende is, kan men  $R4$  vervangen door  $1000 \Omega$ , waardoor de door de batterij te leveren stroom zal verlagen tot 12 mA.

Elke verplaatsing van de aftakking op de potentiometer  $R1$ , zal een andere spanning toepassen op pin 5 van de 566 waardoor de uitgangsfrequentie zal veranderen, zoals aangegeven in de volgende tabel. Een 2 V verandering zal leiden tot een drie-octaven verschuiving in de uitgangsfrequentie.

spanning tussen A en B	Uitgangs-frequentie in Hertz
0	157
0,5	433
1	717
1,5	931
2	1157

Voor de in de twee schema's gekozen waarden en zonder ingangssignaal, zal de uitgangsfrequentie van de toongenerator dichtbij de 150 Hz liggen. Toepassing van een 2 V spanning zorgt ervoor dat de toon verhoogt tot 1200 Hz.

De 566 zal niet oscilleren als men pin 5 rechtstreeks zou verbinden met de positieve klem van de (9 volt) voedingsspanning, maar door het installeren van  $D1$  en het over deze diode ontstane spanningsverval, zal de 566 een 150 Hz toon afleveren. De uitgangsspanning op J2 van de SWR- brug zal liggen tussen nul en ongeveer +4 Volt als een groot vermogen op een HF band van de uitgang van de zender wordt toegepast op de ingang van de meetschakeling.

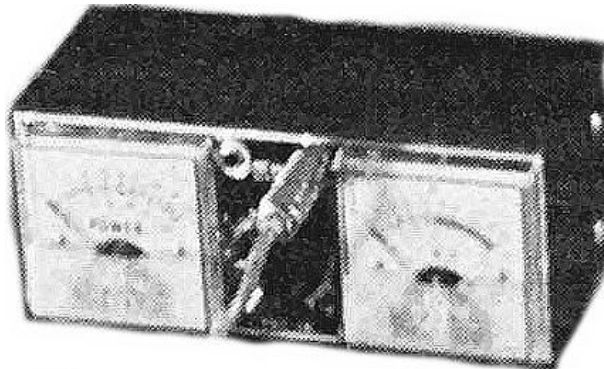
Een deel van deze spanning wordt toegepast op de 566 via de gevoeligheidsregelaar  $R1$  die men naar believen kan instellen om een 150 Hz tot 1200 Hz toon te horen.

De 1N60 gelijkrichterdiode in de meetschakeling zal reageren op het afstemmen van de plaatkring van de zender, en daardoor de tonaliteit van de 566 en de laagfrequent versterker veranderen, namelijk hoe meer vermogen de zender produceert aan zijn uitgang, des te hoger de toon wordt met 1200 Hz als maximum.

Als men na aansluiting van de antenne, het Tx/Rx-systeem afregelt voor de kleinste SGV, zal de toonhoogte laagst zijn na de laagfrequent versterking.

Tijdens deze afregelingen wordt er dus niet gekeken naar de twee  $\mu\text{A}$ -meters, want als men dat doet, heeft men het laagfrequent generator- en versterkersysteem niet nodig.

### **Constructie.**



De twee schakelingen worden gebouwd in een aluminium kastje van 76x178x32 mm of groter, naargelang men de twee visuele meters op het voorpaneel wil monteren of de meters geheel weglaten, wat ook mogelijk is voor bijvoorbeeld een blinde operator.

Als de luidspreker bv, maar een klein type is zoals uit een afbraak van een computer, kan hij permanent ergens tegen geplakt worden met twee-componenten epoxy-cement.

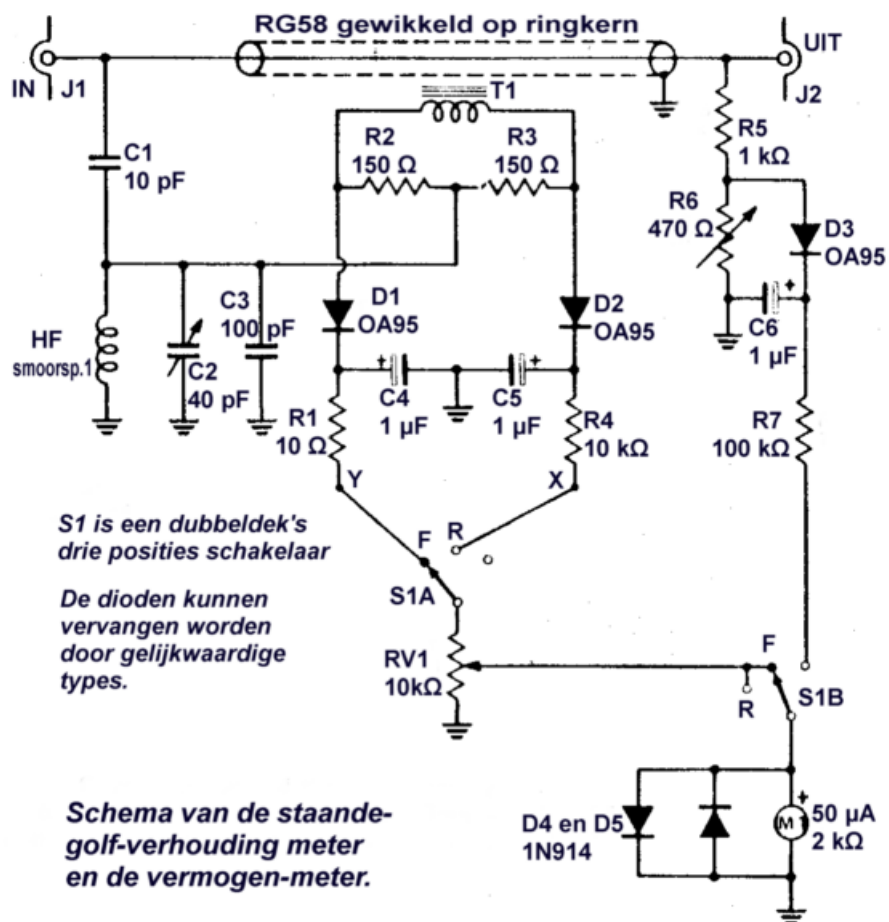
De aan/uit schuifschakelaar op het voorpaneel wordt dichtbij de 9 V batterij (aan de binnenkant) gemonteerd. De lineaire 10 k $\Omega$  potentiometer wordt vlakbij de 566 opgesteld. Geen enkel deel of component van de schakeling mag de metalen delen van de behuizing aanraken.

### **De ETI 139 reflectometer en vermogensmeter.**

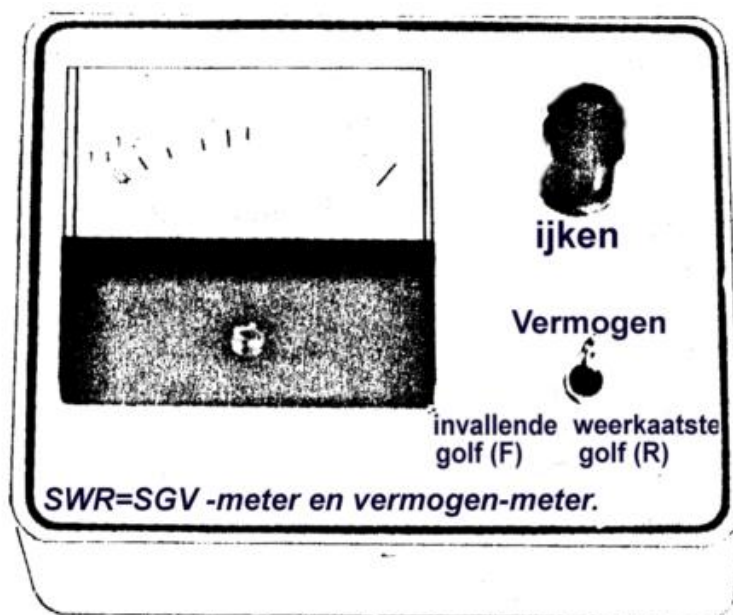
Dit meettoestel is gemakkelijk na te bouwen voor een frequentiebereik van 100 kHz tot 100 MHz, en voor het meten van hoogfrequent vermogens tussen 500 mW en 500 Watt. Dat is dus beter dan de meeste meters die slechts 3 MHz tot 30 MHz als frequentiegebied bestrijken en meestal slechts veel kleinere HF-vermogens kunnen meten.

### **Bouw.**

De constructie is zeer eenvoudig. Het zelf maken van een gedrukte schakeling op een epoxy printplaat is aan te bevelen aan de hand van het hieronder volgende schema.



Alle onderdelen zijn gesoldeerd op de koperzijde van de print, die vervolgens voorzien wordt van de coaxiale aansluitingen en de nodige bevestigingsbouten om hem vast te schroeven in het kastje waar op het voorpaneel de micro-ampèremeter komt.



De ijkknop op het voorpaneel van de metalen doos bedient de trimmer C2 (met keramische isolatie of mica isolatie of luchttrimmer).



Men kan beginnen met het wikkelen van de secundaire windingen van de ringkern-stroomtransformator. Knip een 45 mm lengte van een stuk RG58 50 Ohm kabel en verwijder de isolerende buitenmantel en de gevlochten metalen afscherming. De lengte is niet kritisch.

Steek het kort stuk kabel dat nog overblijft van de RG58 door de opening van de ferrietring nadat daarop enkele windingen geëmailleerde koperdraad werden gelegd als secundaire wikkeling van transfo T1, en monteer dit geheel op de zelfgemaakte printplaat door de uiteinden van de secundaire aan epoxyzijde door twee voorgeboorde gaatjes vast te solderen. De onderkant van de ringkern kan daarbij nog extra vastgezet worden op de epoxy d.m.v. een zachte plasticen cement. De twee uiteinden van de 4,5 cm lange (primaire van T1) binnengeleider worden respectievelijk aan de centrale pen van de in- en uitgangconnector gesoldeerd. Let daarna op de juiste polariteit van de drie dioden, anders zal de schakeling niet werken.

De dioden D1 en D2 zijn gelijkrichters van de som- en verschilspanningen over de secundaire van T1. De condensatoren C4 en C5 zijn ontkoppelcondensatoren die zowel hoogfrequente als laagfrequente (modulatie) spanningen kortsluiten.

De hoogfrequent smoorspoel (HFsmoorsp.1) heeft (via C1) een hoge reactantie voor de hoogfrequente spanning die staat over de "in" connector, maar zorgt tegelijkertijd voor een lage gelijkstroomweerstand voor de signaal-gelijkrichters D1 en D2. De vermogensmeting is mogelijk door een deel van de HF spanning op de doorlopende lijn, vanaf de uitgangconnector af te takken via R5 en R6 en dit gedeelte gelijk te richten met D3.

De condensator C6 werkt kortsluitend voor zowel hoogfrequente als laagfrequente spanningen. Aangezien de gelijkrichter maar weinig belast wordt door de R7 van 100 k $\Omega$  en omdat de inwendige weerstand van de meter 2 k $\Omega$  bedraagt, is het mogelijk het piekvermogen te meten. De dioden D4 en D5 beschermen de meter tegen eventuele inwendige verbranding door hoogfrequent.

Verbindt tenslotte de meter, de potentiometer en de schakelaar met zo kort mogelijke dikke vertinde draden aan de binnenzijde van het kastje.

### ***Ijking.***

Een geschikte hoogfrequent generator, een vervangingsantenne of dummy en een HF-voltmeter of een nauwkeurige HF-stroommeter (bv. met thermokoppel) zijn nodig om het instrument te ijken.

Het toestel wordt aangesloten tussen de HF bron en de dummy load die voorlopig de antenne vervangt op de rechtse (uit) connector.

Zet de schakelaar op "heengaande golf= forward= F". Draai de gevoeligheidspotentiometer RV1 volledig tegen de klok in. Schakel de HF-vermogensbron in en verdraai de as van RV1 in wijzerzin om de metergevoeligheid te verhogen. De naald van de meter moet verder uitslaan, anders werd D1 met de verkeerde polariteit in de schakeling opgenomen. Stel RV1 in voor volle naalduitslag op de meterschaal.

Schakel over naar het omgekeerde stroom lezen, F van 'reflected' of weerkaatst. Regel de trimmer C2 bij tot de meterstand minimum is. Het moet daarbij mogelijk zijn de nul tot dichtbij te benaderen, zelfs bij de grootst mogelijke gevoeligheid die met RV1 werd ingesteld. Dit voltooit de afregeling van de reflectometer-sectie. De meterschaal kan met de hand beletterd worden met "Letraset" of met wrijfletters en -cijfers. De oorspronkelijke belettering van de meter kan overschilderd worden en een nieuwe SWR en vermogensschaal aangebracht.

### ***Werking.***

De reflectometer maakt gebruik van een stroomtransformator, met een secundaire waarvan men het aantal windingen kan vergroten als men een grotere uitslag van de meter wil bekomen. De oorspronkelijke gevlochten afscherming van de coaxiale kabel kan men eventueel laten zitten op voorwaarde dat ze nergens elektrisch aan verbonden wordt, hoewel

men kan proberen ze naar aarde te solderen, dan beschikt men over een elektrostatisch-afgeschermdde primaire.

De secundaire van de stroomtransformator is door een lekveld gekoppeld met de korte lengte van coaxiale kabel.

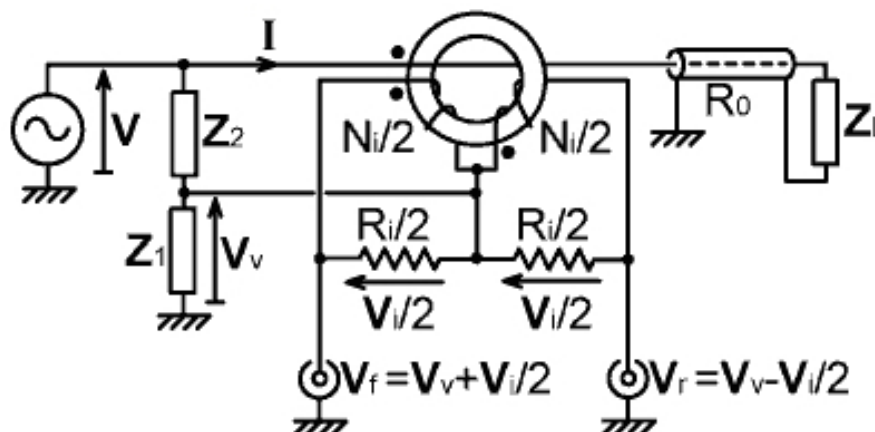
De secundaire is via R2 en R3 voorzien van een kunstmatige middenaftakking die verbonden is met de capacitieve spanningsdeler C1-en C2//C3) afgetakt van de HF ingang, zodat de som- en verschil-spanningen de meter kunnen bereiken.

### Andere reflectometer (of SWR) brug.

Een SWR brug is een reflectometer-brug met een meterschaal die geijkt is in staande golf verhouding (SGV= SWR). De reflectometerbrug kan bestaan uit een stel van twee impedantiebruggen, waarvan de ene normaal gebruikt wordt en de andere toegepast wordt met een generator en een belasting.

Wanneer een impedantiebrug gebruikt wordt om een belasting zoals een antenne, aan te passen aan de karakteristieke impedantie van een transmissielijn, dan treedt deze aangepaste toestand op wanneer de stroom die teruggekaatst wordt door de belasting nul is. Indien dit niet het geval is, dan is elke onbalans aflezing evenredig ( $V_v + V_r$ ) met  $V_v =$  voorwaartse golf en  $V_r =$  de gereflecteerde) met de vierkantswortel uit het weerkaatste vermogen.

Als er een gereflecteerd vermogen op de lijn bestaat, is de totale spanning op de lijn gelijk aan de som van de heengaande en de gereflecteerde spanningen. Deze samengestelde spanning heeft ongeveer een sinusoidale vorm, waarbij spanningsminima (knopen) samenvallen met stroommaxima (buiken) en dit vanaf de generator tot aan de belasting.



Hierboven is een prototype-brug voorgesteld die werkt met een stroomtransformator. De primaire bestaat uit een enkele doorlopende draad. Als er enkele windingen geïsoleerde draad als secundaire wikkeling liggen op de ringkern, dan is de middenaftakking daarvan een gevoelig punt. Aan weerszijden van dat midden ontstaat enerzijds de van de generator naar de belasting lopende golf, en aan de andere kant de weerkaatste golf. Omdat er geen al te groot verschil tussen de twee secundaire windingen zou bestaan, moet de afstand van het midden tot het uiteinde van de twee secundaire klein zijn in vergelijking met de golflengte op de hoogste werfrequentie. Dat is de praktijk altijd wel het geval.

De grootte van  $V_f$  is evenredig is met de vierkantswortel van het voorwaartse (van de generator naar de belasting lopend) vermogen (onafhankelijk van het gereflecteerde vermogen) en de grootte van  $V_r$  is evenredig is met de vierkantswortel van het gereflecteerde vermogen en is onafhankelijk van het heengaande vermogen.

De evenwichtsvoorwaarde van de brug is  $V_v - V_i/2 = 0$  waarbij de hier vermelde spanningen aangeduid zijn op de brug-elementen in de figuur hierboven.

Er bestaan uitvoeringen van deze principeschakeling met twee diodegelijkrichters die de gelijkgerichte HF wisselspanning over de twee helften van de secundaire gelijkrichten en dan toevoeren naar elk een afzonderlijke meter. Dus twee meters in de schakeling, terwijl andere uitvoeringen dit oplossen door met een keuzeschakelaar (met twee standen, meestal Fwd= voorwaarts, en Rev.= weerkaatst) slechts 1 enkele meter te gebruiken.

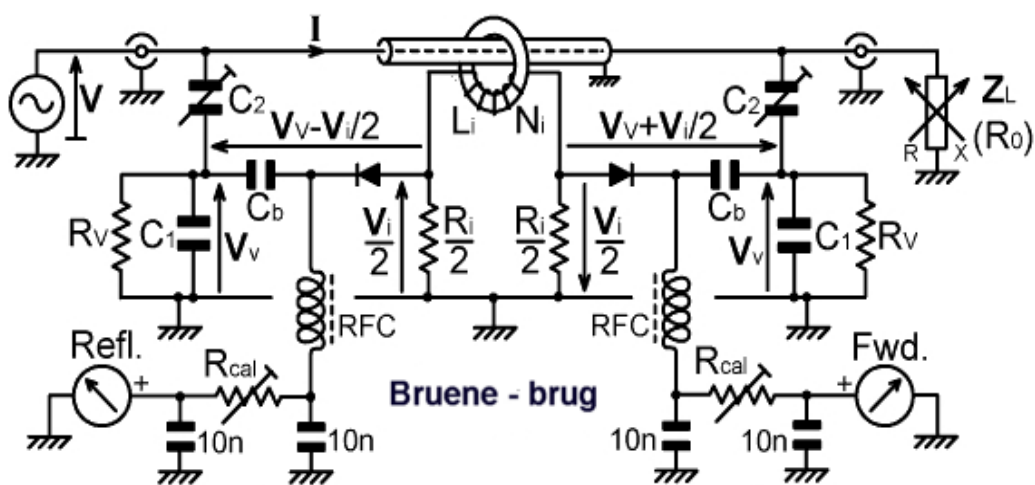
Warren Bruene gebruikte twee bruggen met zogenaamde 'sampling' of bemonsteringsnetwerkjes, waarmee bedoeld wordt dat bij het nemen van steekproeven van de lijn waarop het vermogen gestuurd wordt, het gereflecteerde spanningsnetwerk verplaatst wordt in de richting (of beter: zin) van de belasting en de voorwaartse spanningsnetwerk in de richting van de generator.

Proberen we één en ander beter te begrijpen aan de hand van een voorbeeld.

Veronderstel dat men een brug wenst te ontwerpen die in evenwicht komt wanneer de belasting  $(50+j*0)$  Ohms is. Als men deze brug rechtstreeks op een  $100 \Omega$  belastingsweerstand aansluit, zal ze een SWR van 2:1 aanduiden. Als de weerstand zuiver Ohms is en niet reactief, absorbeert hij al het aangeleverd vermogen, zodat er in dit geval geen weerkaatst vermogen bestaat.

De 2:1 SWR geldt enkel in het geval dat de brug een weerstandsgrootte van  $100 \Omega$  (of  $25 \Omega$ ) ziet aan de ingang van een  $50 \Omega$  transmissielijn.

De "Richtinggevoelige Wattmeter", hieronder weergegeven, is gebaseerd op een ontwerp van Warren Bruene (W0TTK, W50LY), van de Collins Radio Company (bestaat niet meer, spijtig!), die populair werd onder de radioamateurs vanaf de jaren 1960, met twee diode-detectoren en een ringkern uit HF ijzerpoeder, en enkele ontkoppelcondensatoren en gelijkspannings-blokkeringscondensatoren zoals  $C_b$ :



De hoogfrequente smoorspoelen RFC houden het eventueel nog aanwezige hoogfrequent tegen, zodat dit de twee meters niet kan bereiken en beschadigen.

Zoals men op het schema kan zien werken de twee dioden in een parallel detectie-opstelling met aan elke kant  $R_v$  en  $C_1$ .

Een potentiometer  $R_{cal}$  laat toe de meters te ijken. De evenwichtsvoorwaarde van de brug is:  $V_v - V_i/2 = 0$

**Voorbeeld van de dimensionering met enkele componenten:**

Een Amidon T68-2 kern (met  $A_L$ -waarde= 5,7 nH) wordt bewikkeld met 35 windingen #26 AWG geëmailleerd draad. De belasting van de transformator secundaire bedraagt  $20 \Omega$ , wat betekent dat de twee weerstanden gemerkt, als  $R_i/2$ , elk  $10 \Omega$  zijn.

De condensator C1 is 330 pF, en C2 is een 7 pF trimmers.  $R_v = 512 \Omega$ . Het werkfrequentiegebied ligt op 3,5 tot 30 MHz.

### **Afregeling:**

Omdat een dergelijke brug volledig symmetrisch is, kan men in- en uitgang met elkaar omwisselen. Nadat over de belastingsuitgang een  $50 \Omega$  weerstand aangesloten is, en het gereflecteerde spanning-bemonsterend netwerk op nul geregeld is (af te lezen op de betreffende meter), kunnen de generator- en belastingaansluitingen omgewisseld worden voor het instellen van de andere trimmer (C2).

Voor het ijken van de meterschalen, kan de spanning over de belasting gemeten worden (bijv. met een oscilloscoop en een x10 probe, mits de toegelaten scope-ingangsspanning niet wordt overschreden). De generator- en belastingaansluitingen kunnen nog eens omgewisseld worden om de twee meter-serieweerstanden  $R_{cal}$  bij te regelen.

In het geval van een hoogvermogen zender, wordt aan zijn vermogen uitgang een lijnverzwakker (bv. een dummy-belastingweerstand met aftakkingen) toegepast. De meters kunnen het best rechtstreeks in watt geijkt worden. Het is aan te raden in dergelijke schakelingen enkel lineaire potentiometers toe te passen en geen logaritmische.

### **Een antennetuner met ingebouwde reflectometer.**

Om ervoor te zorgen dat L1 goed gewikkeld en juist afgetakt is op de 12 windingen, wordt de ringkern zodanig op de printplaat geplaatst dat de uiteinden kunnen vast gesoldeerd worden op de daarvoor voorziene punten van de zelf getekende en geëtste print.

Men kan de 12 windingen ook vervangen door 12 draadoverbruggingen waarvan men de uiteinden soldeert naar voorgeboorde gaatjes, zodanig dat dit geheel het uitzicht heeft van een spoel. Men zou ook (ééndeks) schakelaars kunnen etsen op de printplaat.

De regelbare condensator C1 wordt vervolgens geïnstalleerd op de koperfolie-kant van de print en voorzien van een verlengingsas (liefst in nylon, dus geen metaal) als doorvoer door het voorpaneel van de behuizing, als deze regelbare condensator daar zelf niet voldoende van voorzien is.

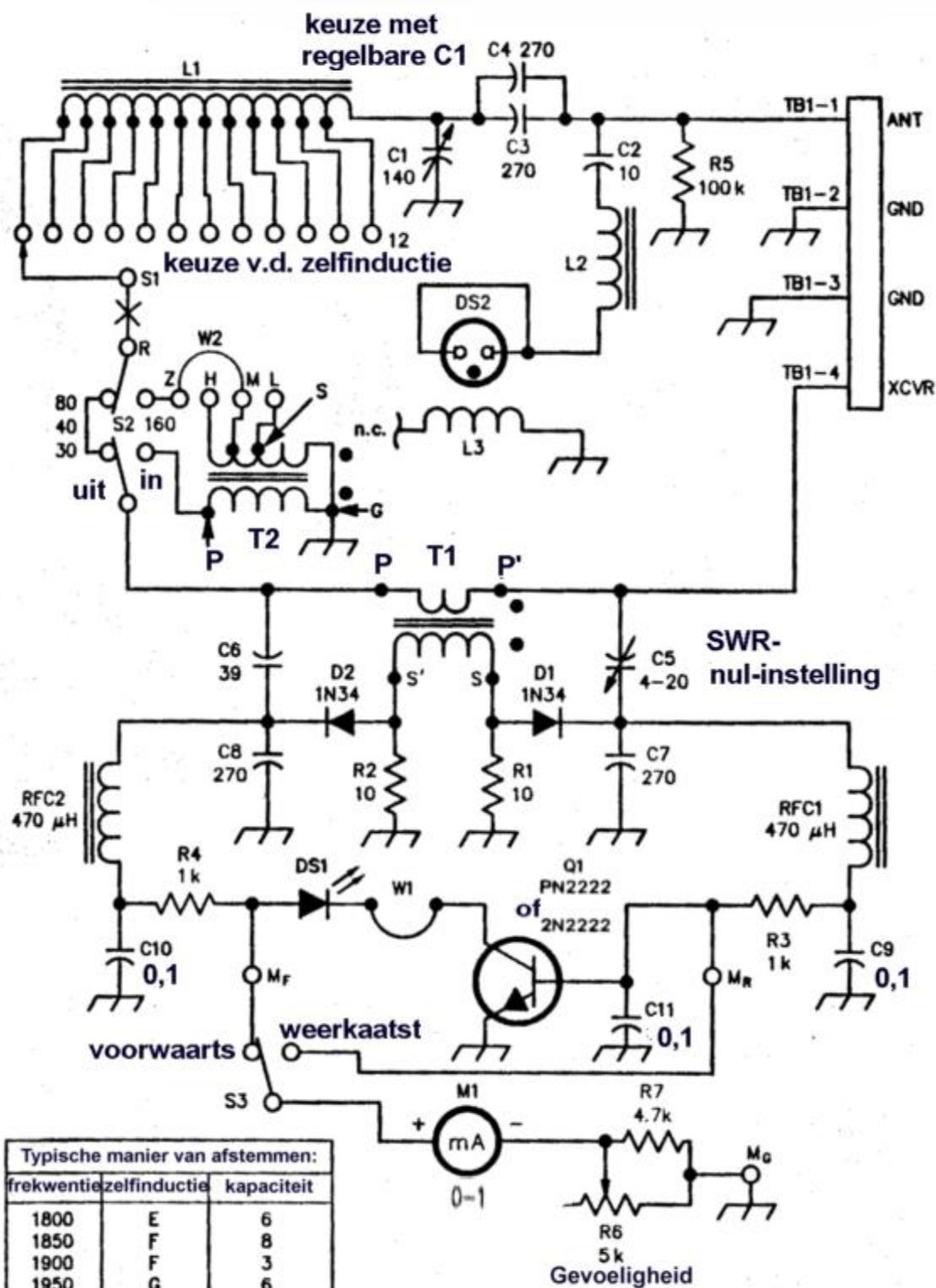
Een tandwieloverbrenging voor de CV zou ook kunnen.

De primaire van transfo T1 wikkelt men, aanvangend in het punt P, dan de draad door de opening van de ringkern stekend, nog een tweede winding op dezelfde manier leggend, en eindigend in P' na in totaal drie windingen gelegd te hebben op de primaire en 12 op de secundaire tussen S en S'.

Links daarboven staat op het schema nog een andere transformator T2 waarvan de primaire eveneens in het punt P vertrekt en loopt tot de massaklem G en de secundaire van G naar S. Daarna worden daar nog twee windingen bij gewikkeld van S naar M en van M naar H. Als men de draadoverbrugging van Z naar M, L of H legt, wordt daardoor de beste aanpassing voor de 160 m band gekozen.

Trimmercondensator C5 die gebruikt wordt tijdens het afregelen van de schakeling, wordt opgesteld aan de koperfoliekant van de printplaat. De LED en neon lamp (DS1 en DS2) worden slechts later geïnstalleerd op het ogenblik dat men klaar is om de ganse schakeling in het kastje onder te brengen.

Deze behuizing mag uit plastic vervaardigd zijn met een aluminium voorpaneel en kan bv. als afmetingen 17x12x5 cm hebben. In een opening van het voorpaneel is de meter gemonteerd en een kleinere opening dient om de as van C6 door te voeren.



Typische manier van afstemmen:

frekwentie	zelfinductie	capaciteit
1800	E	6
1850	F	8
1900	F	3
1950	G	6
2000	H	8
3500	D	6
3700	D	4
3900	D	3
7100	H	4
10100	J	3

● = opletten voor de juiste fase v.d. wikkelingen ,  
 RFC = hoogfrequentie smoorspoel.  
 De letters in de tabel verwijzen naar de in de niet voorgestelde printplaat geboorde gaten .

Schema van de ATL-10 antenne-tuner. De letters verwijzen naar de in de printplaat geboorde gaten. Tenzij anders aangegeven, zijn weerstanden ¼ watt, 5% tolerantie koolstof- of film weerstanden.



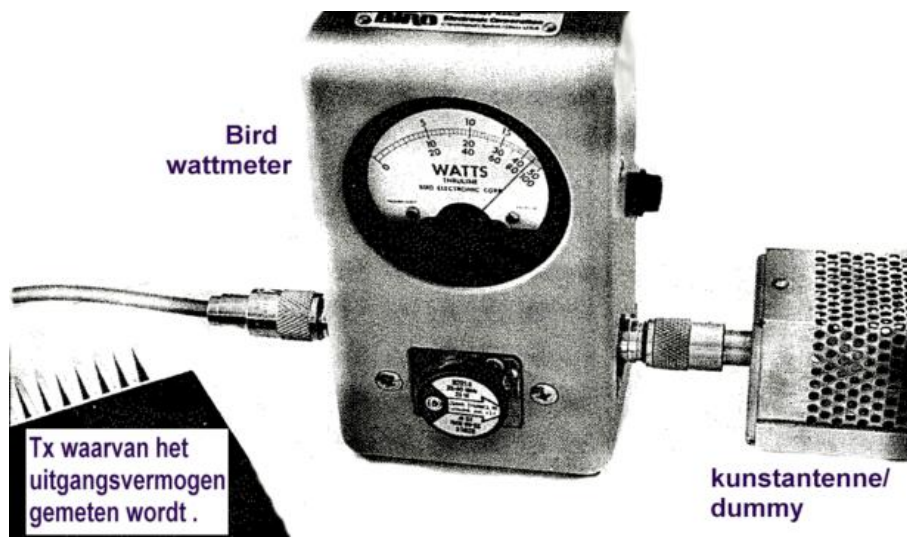
De condensatorwaarden op het schema staan in microfarads (mF) en deze van de regelbare condensatoren en enkele andere in picofarads (pF) zoals blijkt uit de hieronder volgende componentenlijst. De weerstanden zijn in Ohm gegeven.

### Lijst der componenten.

- C1 5 tot 140 pF regelbare condensator.
- C5 4 tot 20 pF trimmer.
- C9 tot C11 0,1 uF, 50 V keramische schijfcondensator.
- D1, D2 1N34A germanium diode.
- DS1 LED.
- DS2 NE-2 neon lamp.
- L1 12 windingen #22 geïsoleerde draad op Amidon FT-114A-61 ringkern
- L2 22  $\mu$ H hoogfrequente smoorspoel.
- L3 3 windingen #22 solide draad rond DS2.
- M1 0 tot 1-mA meter.
- Q1 PN2222 of MPS2222A
- R6 5 k $\Omega$  potentiometer
- RFC1 en RFC2 470  $\mu$ H smoorspoelen.
- S1 1-polig, 12-positie draaischakelaar.
- S2 DPDT schuif-schakelaar
- S3 SPDT schuif- of tuimelschakelaar.
- TB1 4-verbinding klemmenbord.
- T1 Primaire: 3 windingen #28 geëmailleerd; secundaire: 12 windingen #28 geëmailleerd; gewikkeld op Amidon ringkern FT-37-61
- T2 primaire, 36 windingen #24 geëmailleerd; secundaire: 22 windingen op Amidon T94-1 ringkern.

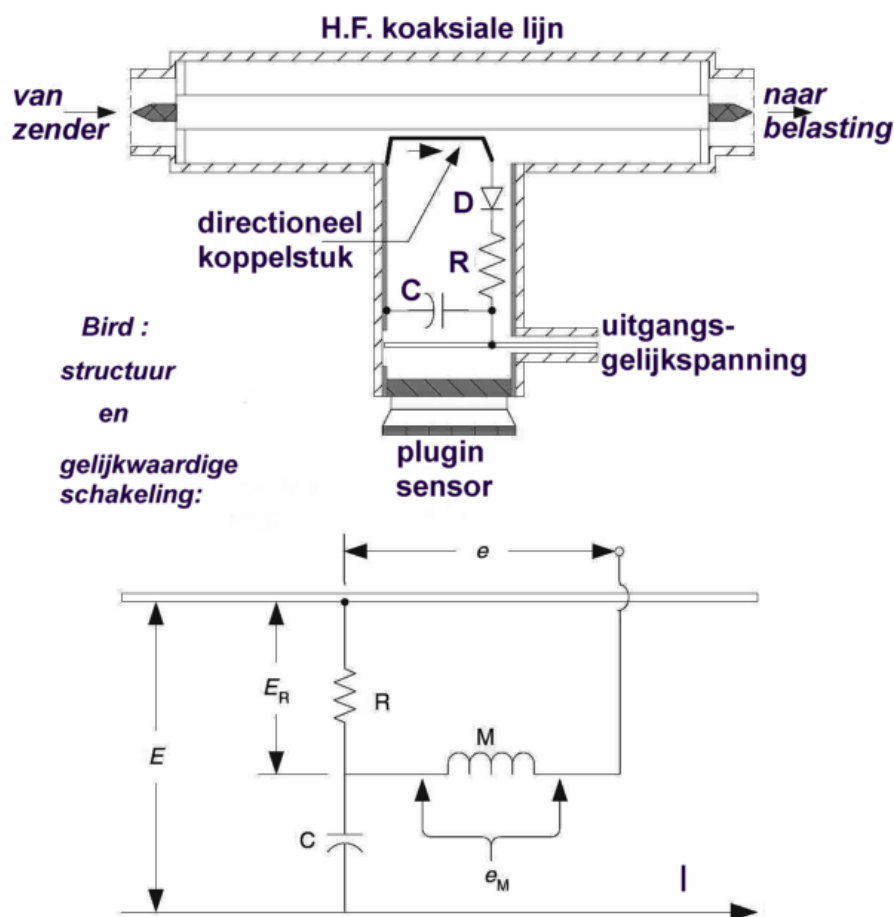


**I. Opstelling voor het meten van een HF vermogen met een goede wattmeter en een kunstantenne of dummyload.**



**De Bird Thru-line sensor en vermogensmeter.**

De sensor bestaat uit een stuk coaxiale transmissielijn en een draadlus richtkoppeling die verbonden is met een diode-detector (D).



Bekijken we de gelijkwaardige schakeling. M is de wederzijdse inductie, als koppeling tussen de lus van het directioneel koppelstuk en de binnengeleider van de coaxiaal, alsook van de spanningsdeler die bestaat uit R en C. Tussen de binnengeleider en de buitengeleider van de coaxiale lijn bestaat er een potentiaalverschil E, terwijl  $E_R$  het spanningsval is over de weerstand R. Over M meet men een spanning  $e_M$ , terwijl e de uitgangsspanning is.

In de R en C spanningsdeler is  $R \ll X_C$ , en  $e_M = I \cdot (j \cdot \omega \cdot R \cdot C)$ . In de R en C spanningsdeler is de ogenblikkelijke waarde van de spanning over de weerstand:  $e_R = E \cdot \frac{R}{X_C + R}$  maar

vermits  $X_C \gg R$ , wordt dit:  $e_R = E \cdot \frac{R}{X_C} = E \cdot (j \cdot \omega \cdot R \cdot C)$ .

Uit het schema blijkt dat de uitgangsspanning gelijk is aan  $e = e_R + e_M = j \cdot \omega \cdot \{ I \cdot [\pm M] + E \cdot R \cdot C \}$

Door de fabrikant zijn de waarden in de schakeling niet alleen zo gekozen dat  $X_C \gg R$ , maar ook dat  $C \cdot R = M/Z_0$  waarin  $Z_0$  de karakteristieke impedantie of golfweerstand van het stuk coaxiale transmissielijn is en mogelijk ook van de coaxiale voedingslijn, in de meeste gevallen belast door een antenne, waar de Bird in lijn zal tussen geschakeld worden. Daardoor wordt de hierboven berekende waarde van de uitgangsspanning:  $e = j \cdot \omega \cdot \{ I \cdot [\pm M] + E \cdot M/Z_0 \} = j \cdot \omega \cdot [M] \cdot (E/Z_0 \pm I)$ . ( $I = i$  is de ogenblikkelijke waarde van de stroom).

In elk punt langs de transmissielijn is de spanning ( $E$ ) tussen de centrale geleider en buitengeleider, een functie van de voorwaartse spanning ( $E_F$ ) en de weerkaatste spanning ( $E_R$ ). Door de juist bekeken vergelijkingen met elkaar te combineren, zien we dat wanneer de richtkoppeling naar de belasting gericht is, de uitgangsspanning van de sensor de voorwaartse

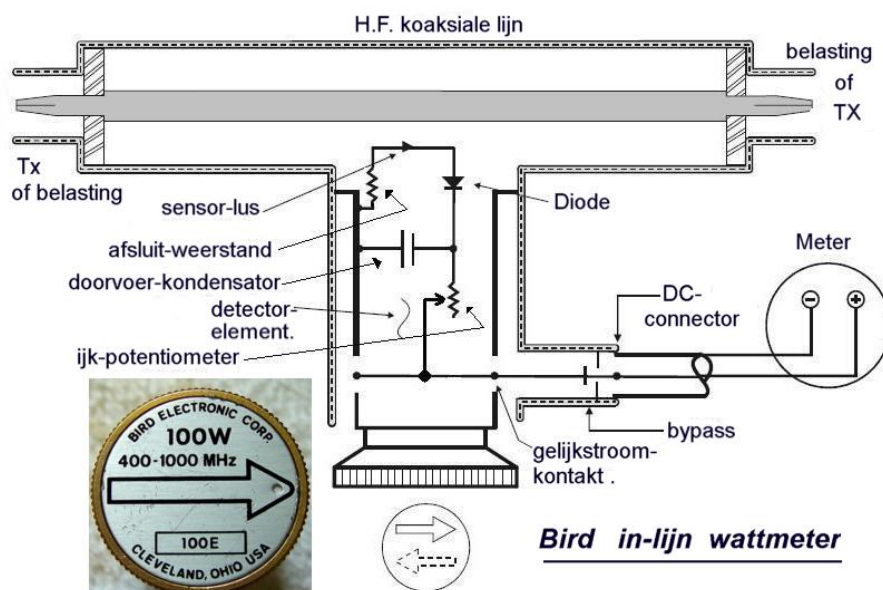
spanning leest, en een uitgangsspanning aflevert, gelijk aan:  $e = \frac{j \cdot \omega \cdot M \cdot E_F}{Z_0}$  en

wanneer de richtkoppeling naar de bron van het te meten vermogen gekeerd is:

$$e = \frac{j \cdot \omega \cdot M \cdot E_R}{Z_0}$$

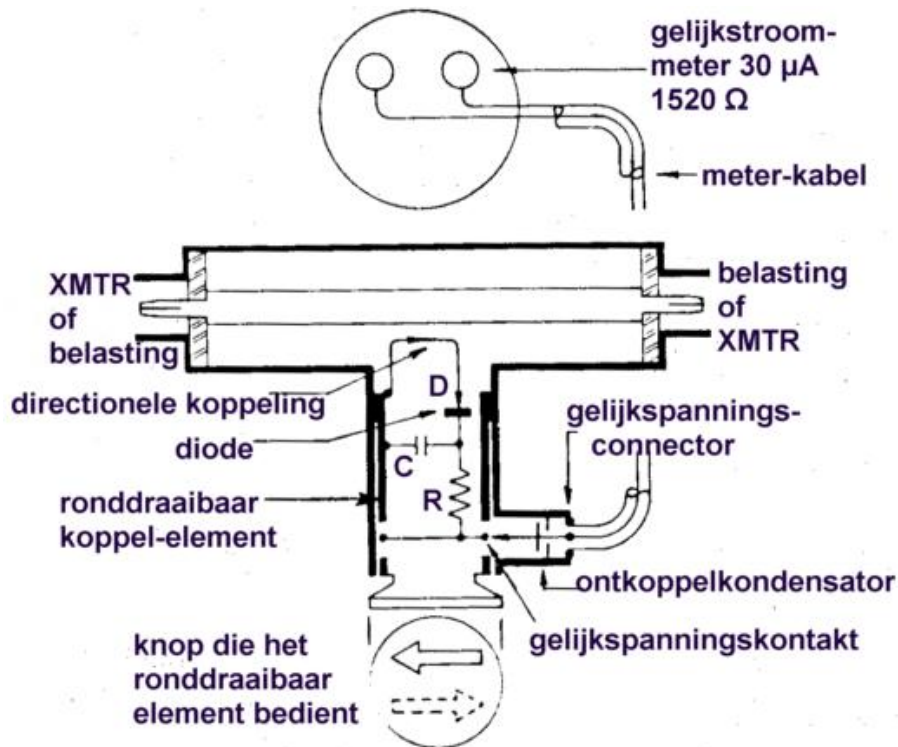
De sensor levert bijgevolg een uitgangsspanning af die een functie is van de richting of beter de zin van de hoogfrequente signaalstroom in de transmissielijn. De staande golfverhouding  $SGV = VSWR$  van het stuk coaxiale lijn in de Bird 4410A zelf, is beter dan 1,05:1 van 1 MHz tot 1000 MHz. De sensor elementen zijn plug-in's. Elk element heeft een pijl die de richting van de meting (gericht naar de belasting of naar de bron, afhankelijk of de te meten vermogens  $P_F$  of  $P_R$ ) aangeeft. Eens dat men de grootte van  $P_F$  en  $P_R$  kent (afgelezen op de meterschaal van de Bird-meter), kan men ook de staande golfverhouding op de uitgemeten externe transmissielijn

waar de Bird in lijn tussen zit, berekenen uit:  $VSWR = \frac{1 + \sqrt{P_R/P_F}}{1 - \sqrt{P_R/P_F}}$



**Bird in-lijn wattmeter**

**Variante met enigszins andere detaillering:**



De Bird wattmeter bestaat uit een kort stuk coaxiale kabel met luchtisolatie, waarvan de karakteristieke impedantie  $50 \Omega$  is. Hij kan gebruikt worden met een kunstantenne of dummy load die bestaat uit koolweerstand die ontworpen zijn voor verschillende dissipaties vanaf 5 W, tot luchtgekoelde voor grotere vermogens.

De hier voorgestelde vermogensmeter kan op de frequentiebanden van 2 MHz tot 1000 MHz een volledige meteruitslag weergeven, tussen 5 W volle schaaluitslag tot 1000 W volledige schaal met een nauwkeurigheid van 5% voor de volledige schaal.

Er zit een koppel-element ingebouwd, dat met een knop inwendig kan verdraaid worden. Deze knop is duidelijk bedrukt met een pijl, om de richting (of beter de zin) weer te geven van een golf die loopt op de transmissielijn waarin de wattmeter opgenomen is.

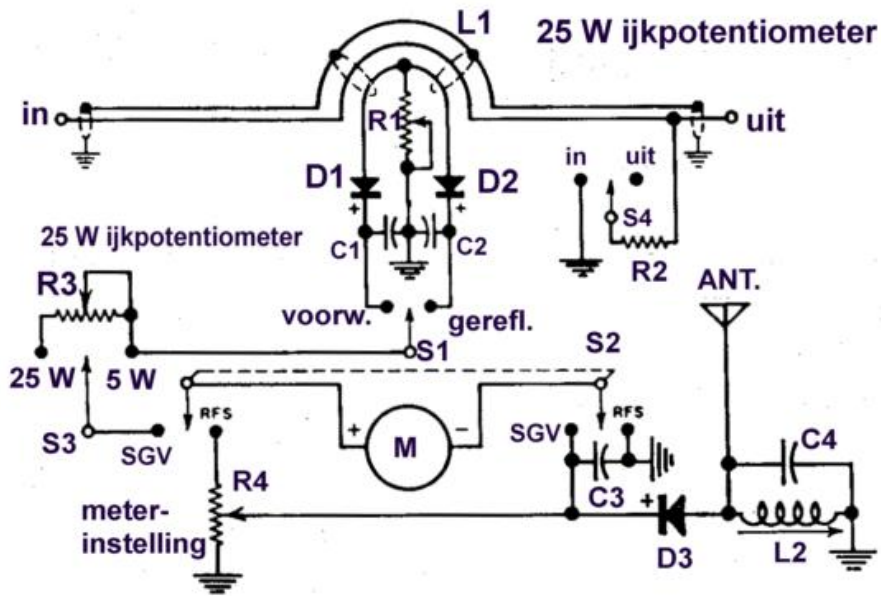
Energie wordt naar het koppel-element toegevoerd door enerzijds wederzijdse inductie en gelijktijdig daarmee een capacitieve koppeling tussen de lopende golf op de lijn en de binnengeleider van het stuk coaxiale lijn. Inductieve stromen vloeien in de zin van de golf. Capacitieve stromen zijn onafhankelijk van de zin waarin een golf loopt.

Stromen die in een zelfde zin vloeien zullen optellen in fase, en deze in de tegengestelde zin, trekken af in fase. Het systeem is zodanig ontworpen dat enkel de gekozen golf (voorwaarts lopend ofwel weerkaatst) zal uitgelezen worden en alle andere opgeheven.

Een gelijkstroom microampèremeter wordt via een kabel op de gelijkspanningsuitgang aangesloten en vermits deze kabel bv. acht meter lang is kan men de uitslag van metingen aflezen op een behoorlijke afstand van het meetpunt (=> bv. op het dak of in een boom dichtbij een antenne voedingspunt).

Hieronder is nog een andere versie van een dergelijke vermogensmeter afgebeeld. Het is het General Radiotelephone Model 615 dat vooral geijkt was voor de citizen band op 27 MHz (en tot 54 MHz) en vermogens kan meten tot maximum 25 W hoogfrequent. Er zijn twee meetbereiken kiesbaar met een keuzeschakelaar: 5 W en 25 W. Dit toestel kan ook als veldsterktemeter gebruikt worden.



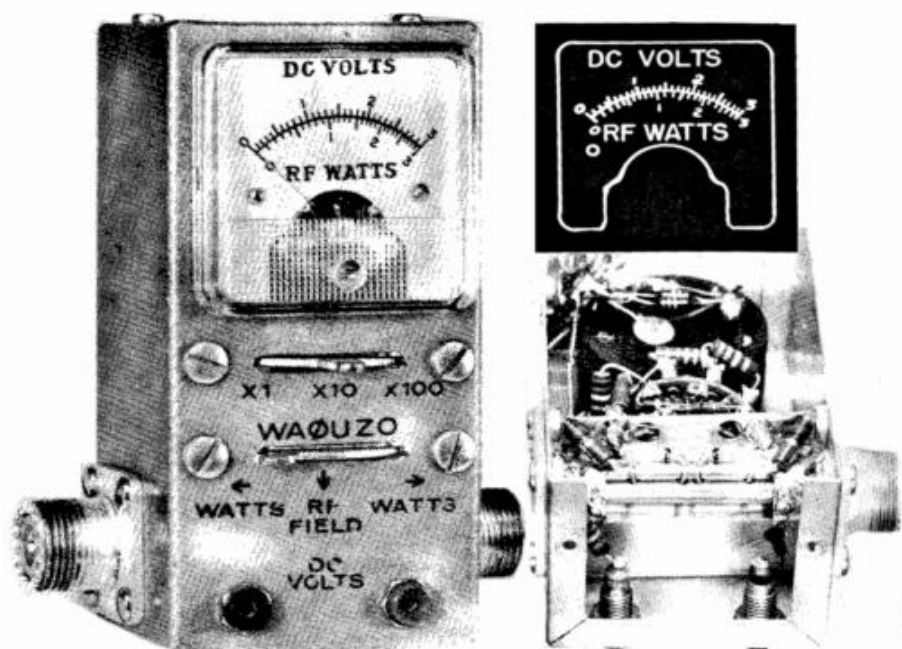




## J. Metingen op VHF = ZHF (Zeer Hoog Frequent).

### Een combinatie wattmeter, voltmeter en veldsterkte-meter voor ZHF (VHF).

Het hieronder voorgestelde -na te bouwen- toestel betekent een kostbare hulp voor het optimaal afstemmen en afregelen van een zender-ontvanger.



In het hieronder afgebeeld schema zit er een vermogensmeter die het naar de antenne gestuurd vermogen en het weerkaatste vermogen meet, een gelijkspanningsvoltmeter en een veldsterkte-meter. Op de wattmeter en de voltmeter zijn drie met een schakelaar kiesbare bereiken beschikbaar: 0 tot 3, 0 tot 30 en 0 tot 300.

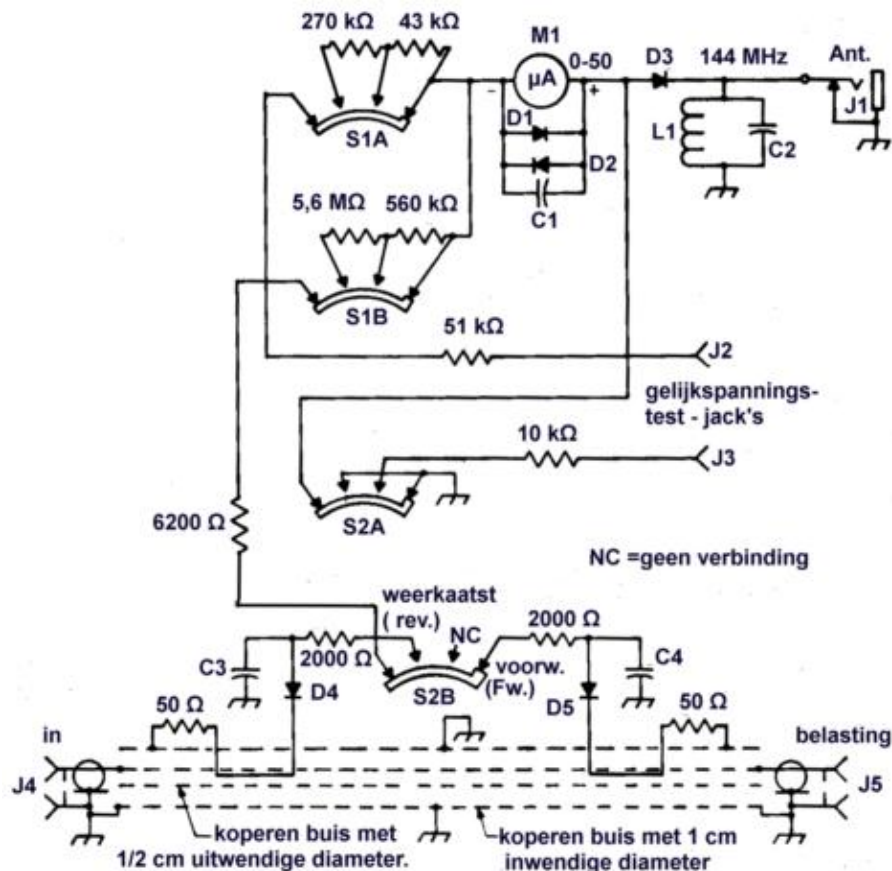
De bovenste schakelaar op de foto hierboven, wordt gebruikt om één der drie vermogensbereiken te kiezen, en de schakelaar in het midden dient om het op de lijn naar de antenne gestuurd en het gereflecteerd vermogen af te lezen, of voor het gebruik van het instrument als veldsterkte meter. De stekkerbus-aansluitingen aan de onderzijde zijn bedoeld voor meetsnoeren en de op het uiteinde daarvan bevestigde testpennen.

De meterschaal is voor dubbel gebruik ingedeeld: de bovenste schaal voor te meten gelijkspanningen in volt en de onderste schaal is geijkt, rekening houdend met de niet lineaire karakteristiek van de dioden, in watt vermogen.

De dioden D4 en D5 moeten zo goed mogelijk gepaard worden, dus precies gelijk dioden met dezelfde karakteristieken, opdat het toestel goed zou werken. Men kan twee dioden uitzoeken die een goed passend koppel vormen door met een Ohmmeter de doorlaatstroom te meten en de stroom in de spierzijn tot men twee stuks gevonden heeft met volkomen gelijksoortige en even grote weerstanden.

Aangezien het toestel ook kan dienen als veldsterktemeter, kan er een oppiklus op aangesloten worden, die de magnetische veldsterktestraling van een antenne zal kunnen oppikken. Deze lus is over 90 graden draaibaar om zowel horizontaal gepolariseerde al verticaal gepolariseerde velden te kunnen detecteren. Op de uiteinden van de lus kan bv. een tweemaal 70 cm lange dipool aangesloten worden, bevestigd op een gecreosoteerde houten lat, die met een verticaal daarop in het midden gemonteerde bezemsteel draaibaar is in de lucht tot de antenne horizontaal evenwijdig staat met de (bekrachtigde) antenne waarvan men de veldsterkte wil meten. Op 150 MHz zou de lengte van een dergelijke meetdipool 1 meter bedragen.

De veldsterktemeter (bovenste deel van de hieronder volgende schakeling) bestaat uit een eenvoudige afgestemde parallelresonantiekring en een miniatuur jack die in zijn normale stand de afgestemde parallelkring kortsluit op het ogenblik dat de antenne niet aangesloten of verwijderd is.



### Constructiedetails.

Men begint de bouw met het verzamelen van alle onderdelen. De dunwandige koperen buizen zijn verkrijgbaar in de meeste modelvliegtuigwinkels of in een loodgieterszaak of een supermarkt. Breng de doosafmetingen (12,5 cm x 6 cm x 6 cm) over op een aluminium plaat en snij of zaag de stukken op maat. Boor alle gaten voor de meter, de schakelaars en de connectoren. Hier en daar zal bijvijlen met een ronde of halfronde zoetvijl nodig zijn.

Bij het installeren van de componenten kunnen soldeerlipjes die op een plastieken drager, met een schroef te bevestigen, nuttig zijn tenzij er besloten wordt van de gehele schakeling een printplaat te ontwerpen in epoxy, deze te etsen en op maat te zagen met een ijzerzaag.

Als het kastje af is, kan men het een verflaag geven ter verfraaiing van die behuizing. Gebruik druk- of natte-transfer decals voor de belettering, en werk alles af met een laag transparante spray om de klus te klaren en om eventuele stickers te beschermen. Snij ten slotte de koperen buizen op lengte en monteer ze volgens het hierboven staand schema, na vier gaten geboord te hebben in de binnenste en buitenste buizen volgens het schema.

### Componentenlijst.

Alle weerstanden hebben 1/2 watt dissipatie, 5% tolerantie, en zijn niet draadgewikkeld.

- C1 220 pF schijfcondensator keramisch.
- C2 15 pF schijfcondensator keramisch (voor de 2-meter band).
- L1 spoel met zelfinductie gedimensioneerd voor 144 MHz, parallel met C2, maar men kan ook een spoel met andere zelfinductiewaarde kiezen om een (andere) band te bestrijken waarop men dikwijls werkt.
- C3, C4 500 pF doorvoercondensator.

- D1 tot D5 1 N34A germanium diode.
- J1 normaal gesloten aansluiting.
- J2 en J3 normaal open aansluitingen.
- J4 en J5 type SO-239 connectoren.
- M1 50  $\mu$ A meter
- S1, S2 2-polige, 3-standen draaischakelaar

(ref.: A combination wattmeter, voltmeter and Field-Strength meter for VHF, door Robert D. Shriner, WA0UZO, in QST oktober 1970.)

### Een ZHF=VHF wattmeter bouwen en gebruiken.

De hieronder volgende schakeling meet zowel de staande golf verhouding, als het uitgangsvermogen van een zender, en is vooral ontworpen voor de 2 meter en de 6 meter band (eventueel ook de 10 meter band of de 70 cm).



Het duurste onderdeel is de meter van 0 tot 50  $\mu$ A, maar degenen onder ons die nog een afbraakmeter liggen hebben uit een set 19 of uit een R107 of andere W.O.II-surplus, kunnen daarop terugvallen. De behuizingskast is samen gesoldeerd uit stukken printplaat die nadien kunnen geveerd worden met een spuitbus met een zelfgekozen kleur.

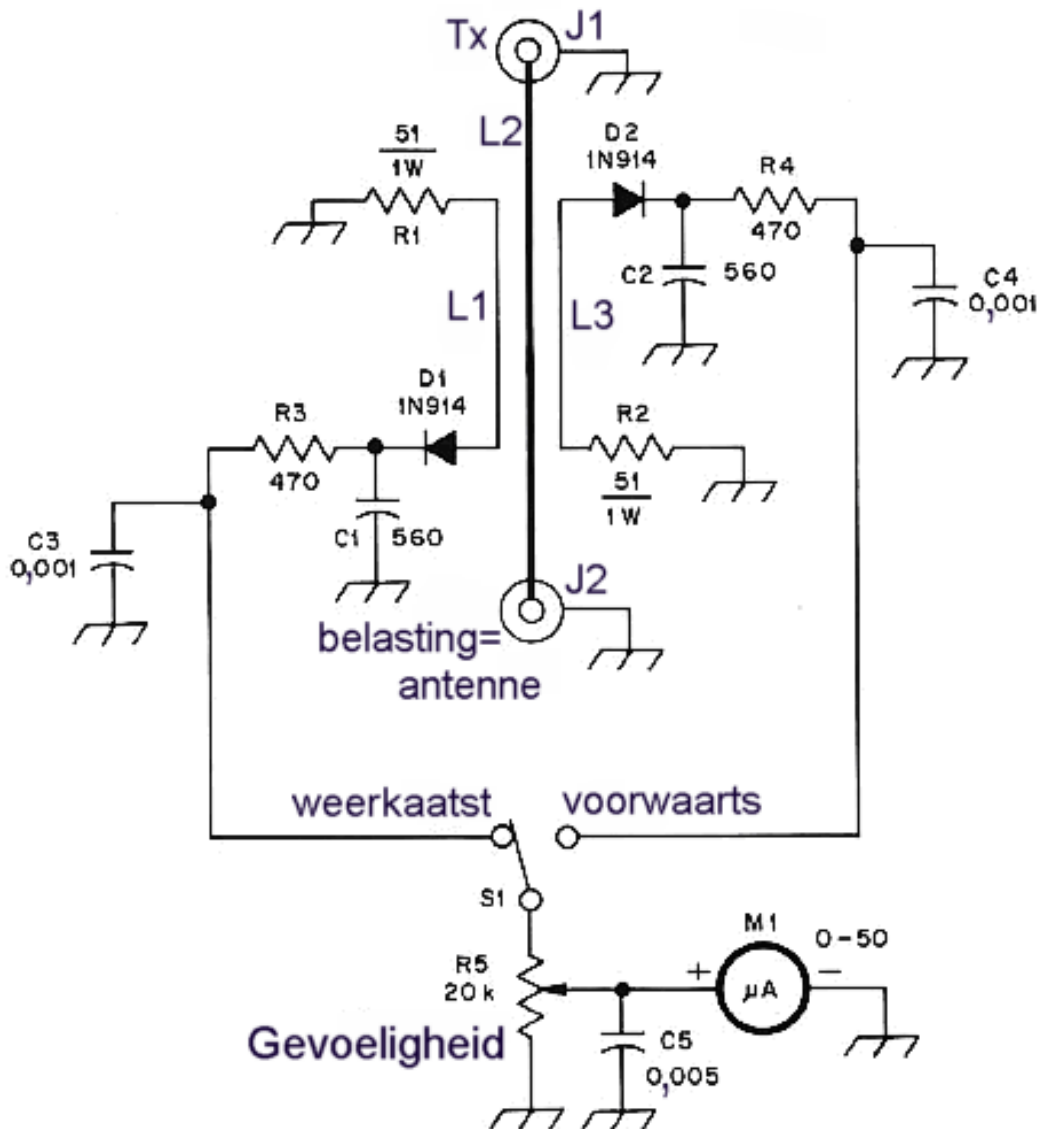
### Algemene opmerking: Nog meer over soorten SGV Indicatoren.

De twee populairste schakelingen om de SGV= SWR en hoogfrequent vermogen te meten, zijn de directionele- en de reflectometer soorten. Ze kunnen ingepast worden in een coaxiale transmissielijn als onderdeel van deze leiding. De in- en uitgangsimpedantie van het meettoestel moet dan dezelfde zijn als deze van de kabel (meestal 50  $\Omega$ , zoals RG-8 of RG-58) waarvan ze deel gaan uitmaken als in-lijn toestel, anders worden de uitgevoerde metingen onnauwkeurig.

Ook mogen de bemonsteringsstalen die genomen worden tijdens de uitgevoerde metingen, geen merkbaar vermogen absorberen van het totale vermogen dat door de zender via deze lijn of kabel naar de antenne gestuurd wordt, hoewel er natuurlijk wel een klein deel van dat vermogen nodig is om de meetschakeling goed te laten werken. M.a.w. mag de meetschakeling geen groot invoegverlies (insertion loss) veroorzaken.

Het volgende schema toont een eenvoudig type VHF SWR instrument als directionele SGV-indicator, die populair werd na publicatie in QST als de "Monimatch" tijdens de jaren 1960 door Lew McCoy, W1ICP.

Het is een eenvoudig instrument maar heeft het nadeel dat als de frequentie verhoogd wordt, bijvoorbeeld van 50 MHz naar 144 MHz, het toestel beter reageert op kleine vermogensniveaus. Dit komt omdat de oppiklijnen (L1 en L2) op elektrisch gebied aanmerkelijk langer (als  $f$  verhoogt:  $\Omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ ) worden op de hogere frequenties, en bijgevolg meer hoogfrequente energie opnemen dan de op de laagste frequentieband waarvoor het toestel uitgevoerd is.



### Schematische weergave van de directionele SWR meter.

De condensatoren zijn keramische schijfcondensatoren. R5 is een lineaire koolstofpotentiometer, met de controle-as gemonteerd doorheen het voorpaneel. R1 en R2 zijn ½ W, 5% koolstofweerstand. R3 en R4 zijn ½ W, 10% tolerantie weerstanden. M1 kan een 50 μA tot 200 μA gelijkstroommeter zijn. De 50 μA draaispoelmeter is de beste keuze voor de grootste gevoeligheid. Hieronder is op 1:1 schaal, dus op werkelijke grootte, een print voorgesteld van het hoogfrequent gedeelte van dit meettoestel. Een dubbelzijdige printplaat is hiervoor vereist. De plaatsing van de onderdelen is al aangegeven op het sjabloon.

Tenzij anders vermeld zijn de decimale capaciteitswaarden van de condensatoren aangegeven in microfarad's (μF). Andere staan in picofarad's (pF). De weerstandswaarden zijn gegeven in Ohm, en k= x1000.

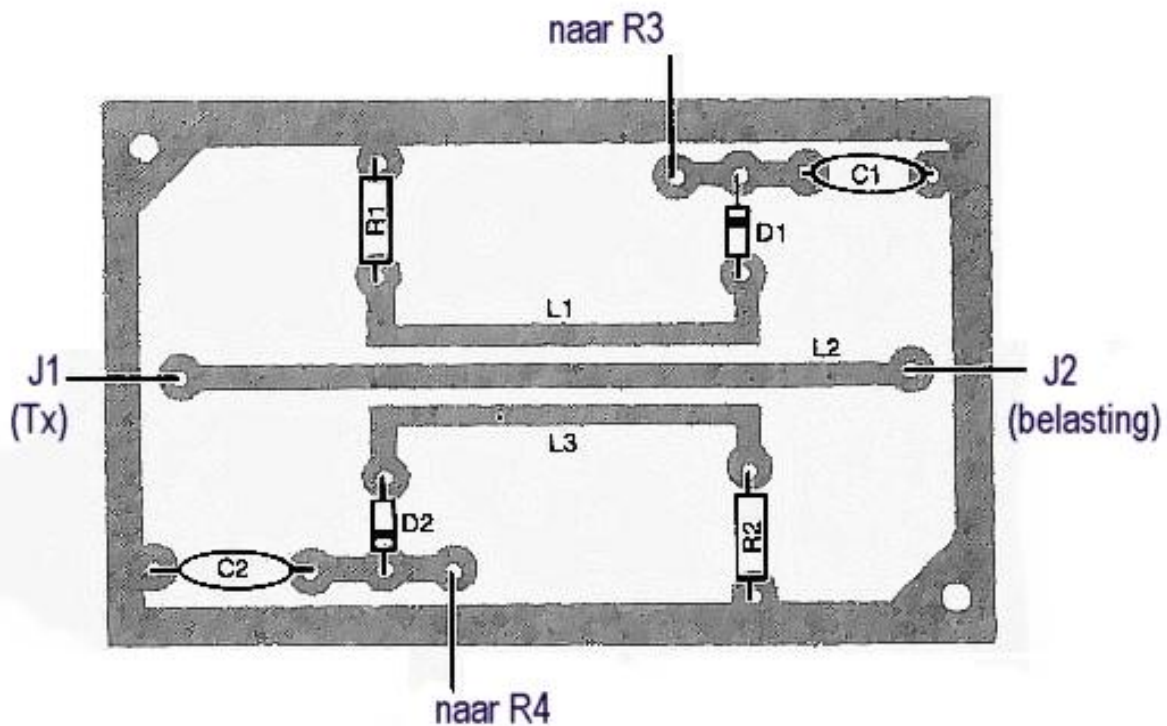
Het is het beter om dit type toestel voor het meten van een HF vermogen slechts voor één enkele HF of VHF-band te ijken, of nog verregaande, voor slechts een deel van een bepaalde band. Voor routine SGV testen, is een Monimatch echter volledig aanvaardbaar.

De voorgestelde schakeling en PC lay-out volgt het patroon van de meeste VHF/UHF directionele SGV-indicatoren.

De detectieschakeling is gebouwd op een dubbelzijdige printplaat. L2 vormt, in combinatie met het grondvlak op de achterzijde van de printplaat, een striplijn met een golfweerstand van ongeveer 50 Ohm. Dit in de veronderstelling dat de printplaat een nominale dikte heeft van 1,5 mm epoxy. L1 en L3 zijn de hoogfrequente bemonsteringslijnen.

Ook hun afmetingen zijn zodanig gekozen dat ze een 50-Ohm karakteristieke impedantie hebben.

Deze schakeling is dan geschikt voor gebruik op 50, 144, 220 en 432 MHz, op voorwaarde dat op alle mogelijke plaatsen in de schakeling zo kort mogelijke verbindingdraden toegepast worden.



De figuur is de weergave op een schaal 1:1 van de geëtste zijde van de print. Ook de manier waarop de componenten geplaatst worden, is aangegeven. De verbindingen tussen J1 en J2 naar de printplaat worden zo kort mogelijk gehouden.

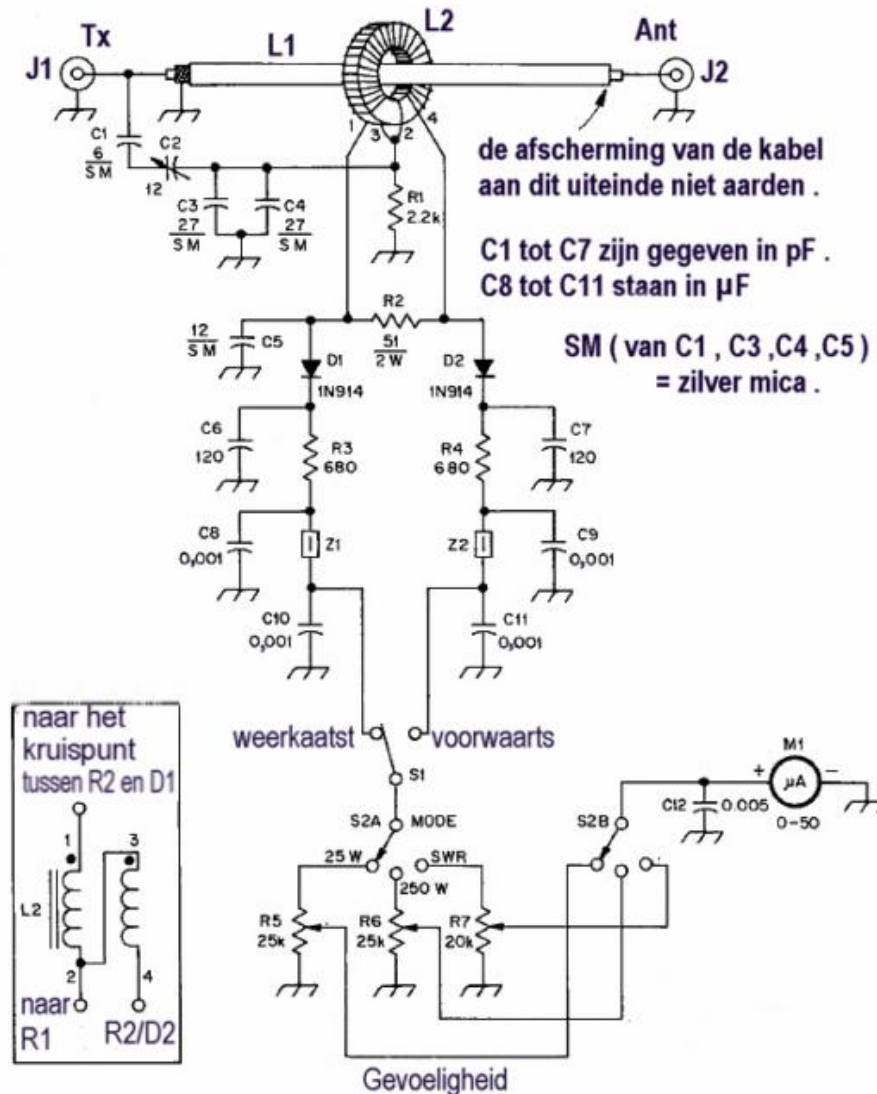
De metalen buitenkant van de connectoren J1 en J2 wordt geaard aan de rond de print lopende aardingsrand en deze laatste wordt goed elektrisch geleidend verbonden met de metalen behuizing, het best via de twee diagonaal tegenover elkaar liggende gaten (en de koperen schroeven daardoor) die aan de buitenkant van de print aangegeven zijn.

#### **De Bruene HF brug voor VHF= ZHF.**

Jaren geleden ontwikkelde Warren Bruene (hierboven al vermeld) van Collins Radio een HF brugschakeling die een standaard werd voor de meeste van de HF en ZHF. vermogensmeters in de industrie en bij de radioamateurs.



Schematische weergave van een praktische Bruene brug voor VHF:



Condensatoren met een vaste waarde zijn keramische schijfcondensatoren of zilver mica. Weerstanden zijn  $\frac{1}{2}$  W koolstof-samenstelling types, behalve R2, die een 1 W of 2 W, 5% koolstof-type is.

- C2 Miniatuur 12 pF of 15 pF trimmer met een minimale capaciteit van niet meer dan 2,5 pF.
- D1, D2 N914 of gelijkwaardige silicium schakeldiode.
- L1 5 cm lengte van RG-58 coaxiale kabel.
- L2 8 bifilaire windingen nr. 26 geëmailleerde koperdraad op een Amidon FT-50-61 ferrietkern ( $125 \mu_i$ ).
- M1 gelijkstroom microamperemeter 50  $\mu$ A.
- R5, R6 25 k $\Omega$  koolstofpotentiometer voor montage op een printplaat.
- R7 op het voorpaneel gemonteerde (met doorgevoerde as door voorpaneel-opening) van 25 k $\Omega$  koolstofpotentiometer.
- S1 SPDT tuimelschakelaar.
- S2 tweepolige draaischakelaar met drie standen.
- Z1, Z2 Amidon miniatuur- ferriet kraal ( $950 \mu_i$ ).

L1 en L2 zijn schetsmatig voorgesteld om te tonen hoe de lijnsectie en de ringkernspoel op de juiste manier moeten opgesteld worden. In feite is L1 de primaire wikkeling (gelijk aan 1 winding) van een transformator, die gewoon door de opening in het midden van de ringkern waarop de secundaire L2 gewikkeld is, gestoken wordt. C1 tot C4 maken deel uit van de brugschakeling. C2 is regelbaar waardoor de brug in evenwicht kan gebracht worden voor een

50  $\Omega$  belasting, aangesloten op J2. De voorwaartse en de weerkaatste HF stroomcomponenten die vloeien van J1 naar J2 doorheen L1, induceren e.m.k.'s in L2, die gelijkgericht worden door D1 en D2, en tenslotte een gelijkstroom opleveren die de meter M1 zal doen uitslaan. C5 dient als een frequentie-compenserende condensator die de nauwkeurigheid van de brug zal verbeteren aan de hoge kant van het frequentiebereik.

C6 tot C11 zijn ontkoppelcondensatoren. Ze worden gebruikt samen met R3, R4, Z1 en Z2 om te verhinderen dat HF energie de meter M1 zou bereiken en deze inwendig beschadigen. S2 kiest één van de drie potentiometers (R5, R6 of R7) die de volle schaaluitwijking van M1 beïnvloeden. R5 dient om de naald van de meter M1 tot op het einde van de schaal te laten uitslaan op het laagste vermogensbereik (25 W) en R6 wordt op een gelijkaardige manier gebruikt om de meter voor een hoger vermogensniveau (250 W) te ijken. R5 en R6 zijn op de printplaat gemonteerde trimmer-potentiometers. De regelknop van R7 (gemonteerd op het voorpaneel) dient als gevoeligheidsregelaar (Sensitivity) tijdens SWR metingen.

De manier waarop L2 bifilair gewikkeld wordt, is voorgesteld in de inzet onderaan links van het schema. Deze wikkelmethode is superieur aan het gebruik van een enkele wikkeling met een middenaftakking. Het voordeel van de bifilaire wikkeling (twee draden in parallel) is dat de elektrische middenaftakking veel nauwkeuriger is, dan ze zou zijn als L2 zou gewikkeld worden op de conventionele wijze. Dit is een bijzonder belangrijke overweging op ZHF, waar de brugbalans van cruciaal belang is.

### **M1 meterkeuze.**

De aanblik van de dure Simpsonmeter op de voorkant van de VHF brug kan iedereen laten schrikken, maar deze meter werd op de rommelmarkt gekocht voor 2 euro. Een dergelijke grote meter is prima voor vermoeide ogen met afnemend gezichtsvermogen. Het is niet noodzakelijk om een 50  $\mu$ A meter gebruiken, een 100  $\mu$ A of 200  $\mu$ A zullen ook voldoen, maar dan offert men wel wat aan gevoeligheid op, op de lage vermogen-stand.

Voor het zelf etsen van de print gebruikt men best enkelzijdige epoxy copperclad, en geen dubbelzijdige, want deze heeft teveel eigencapaciteit op deze VHF-frequenties.

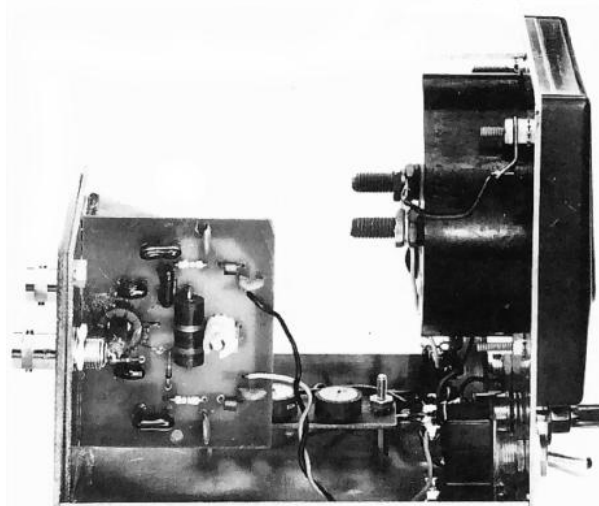
LI is een 5 cm lengte van een RG-58 coaxiale kabel. Merk op dat de afscherming van metalen vlechtwerk slechts aan één uiteinde van L1 (het ingangseinde) mag geaard worden. De kabelvlecht dient als een Faradaykooi om harmonische stromen te verhinderen doorgegeven te worden naar de secundaire wikkeling L2 door middel van een inductieve of capacatieve koppeling. L2 is gewikkeld op een ringkern met 1,25 cm buitendiameter en de opening in het midden is ruimschoots groot genoeg om er L1 doorheen te steken.

De wikkeling van L2 bestaat uit tweemaal 30 cm lange nummer #26 geëmailleerde draden. Klem het ene uiteinde van het dradenpaar in een bankschroef, en zet de andere twee uiteinden in de boorkop van een handboor. Bedien de boor totdat de twee draden verdraaid zijn over zes slagen per 5 cm (niet kritisch). Windt nu acht windingen van het aldus getorste dradenpaar op de ringkern. Spatieer de windingen gelijkmatig rond de torus. Gebruik geëmailleerde draad met twee verschillende kleuren om de juiste fasering van de wikkelingen (bekijk de inzet onderaan links in het schema) te verzekeren. Knip de overtollige draad af nadat de spoel gewikkeld is, en laat ongeveer twee centimeter aan het einde van elke draad over om er de email laag van te verwijderen en erop te solderen.

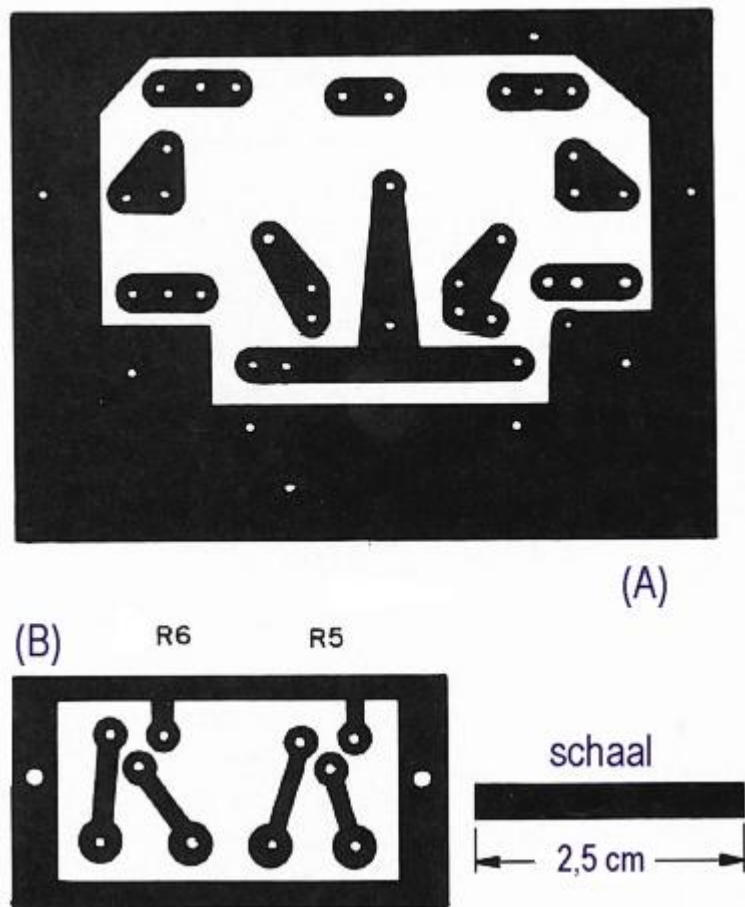
R5 en R6 worden gemonteerd op een aparte printplaat en opgesteld in de buurt van S2 dichtbij het voorpaneel. Dit verkleint de bekabelinglengten van de schakeling. Als afmetingen van het kastje kan men bv. 12,5x10x12 cm kiezen en staalwol gebruiken om de koperen oppervlakken te reinigen. Dan kan men er beter op solderen, eventueel met soldeer pasta en een grote hete soldeerbout om vloeiend te kunnen vertinnen. Een 100-W soldeerbout is voldoende om glanzende (en geen doffe) naden te bekomen. Aan het kastje wordt voldoende stijfheid en stevigheid gegeven door er eventueel op de gepaste plaatsen steunen of beugels tegen te schroeven met geelkoperen schroeven en moeren. De voltooide kast en deksel worden geschilderd met een kleur naar keuze, en eens gedroogd, kan ze voorzien worden met

decalque afpelbare letters en cijfers naast of onder en boven de regelknoppen van schakelaars, potentiometers en regelbare condensatoren.

Nadien kan het voorpaneel (met de meter afgedekt met krantenpapier) bespoten worden met helder doorzichtige acrylverf ter conservering van de aangebrachte belettering, waardoor ook vingerafdrukken op het voorpaneel voorkomen worden. Hieronder een foto van de binnenkant van de VHF-wattmeter.



De volgende figuur stelt de geëtste printplaatpatronen voor van de VHF-wattmeter. (A) is de sensor module. (B) is de R5/R6 montageplaat. De patronen worden weergegeven op de ware grootte van de koperfoliekant van de print. Zwarte gebieden vertegenwoordigen ongeëtst koperfolie. Dit is een enkelzijdige met koper bedekte printplaat.



### **Het op nul stellen van de brug.**

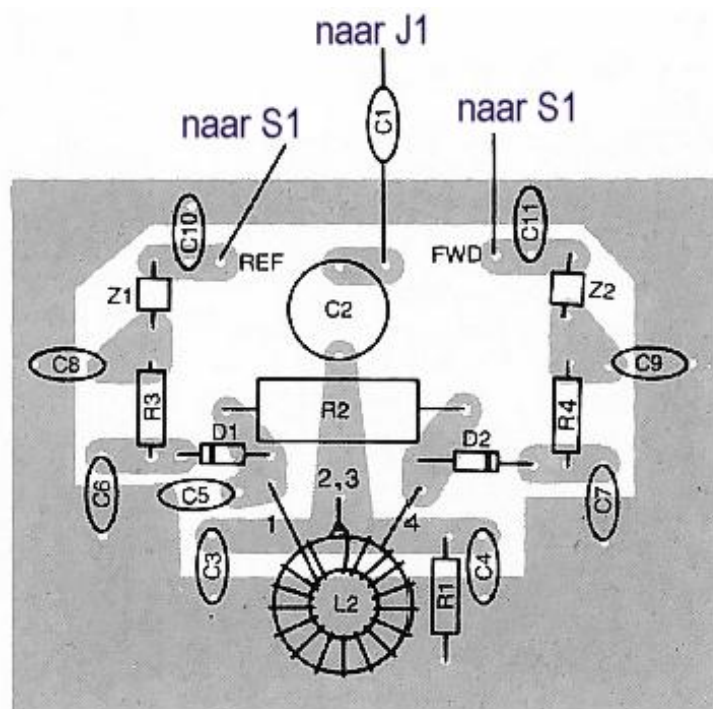
Voor het in evenwicht regelen van de brug is op de 2 m band 15 watt HF vermogen nodig, naar binnen te voeden via J1. Hierbij wordt J2 afgesloten op een goede kwaliteit 50-Ohm dummy.

Plaats S1 in de voorwaartse modus, S2 op SWR en regel de gevoeligheid (R7) op minimum (helemaal tegen de wijzerzin in). Pas zendvermogen toe en regel R7 zodat de meter M1 vol uitslaat. Zet vervolgens S1 op weerkaatst vermogen. In het ideaal geval zou de meter op nul moeten staan, en indien dit niet het geval is kan men de stand van C2 aanpassen tot de meter nul aanduidt. Als de gewenste nul verkregen is, schakelt men de zender uit en wisselt de coaxiale kabelverbindingen om naar J1 en J2. Vermogen wordt opnieuw toegepast en nagekeken of de meter nul afleest als S1 staat op voorwaarts, en of de meter een volle schaaluitslag vertoont in de gereflecteerde stand. Indien dit het geval is, is de brug goed op nul geregeld, dus in evenwicht.

### **HF vermogen-ijking.**

Om de meter te ijken op de 25 W en de 250 W bereiken, is een HF generator nodig met een uitgangsvermogen dat in grootte kan geregeld worden. De eenvoudigste methode voor het kalibreren van het instrument is het gebruik van een nauwkeurige wattmeter.

Plaats de wattmeter in serie met de zelfgebouwde schakeling. S1 moet in de FWD (voorwaartse) positie staan voor alle HF vermogensmetingen. Regel eerst R5 af zodat de meterschaal vol uitslaat met 25-W ingangsvermogen. Pas vervolgens verschillende vermogens toe die liggen tussen 0 en 25 W op de ingang J1 en noteer de schaaluitslag of breng direct streepjes aan op de schaal met het daarbij behorend vermogen.



De figuur stelt de componentenkant voor van de sensor- of de detectie module. Onderdelen worden geplaatst op de niet-koper-kant van de print. Het grijs gebied is een soort X-straal doorlichting met het uitzicht van het koperpatroon aan de andere zijde.

Het 250 W bereik wordt op dezelfde wijze geijkt door eerst R6 zodanig in te stellen dat de meterschaal vol uitslaat bij toepassing van 250 W. Vervolgens verlaagt men het vermogen in stappen en zet telkens overeenkomende streepjes op de meterschaal. Controleer achteraf of er geen wederwerking bestaat tussen de 25 W schaal en de 250 W schaal. In geval van een dergelijke interactie, herbegint de ijking met R5 en R6.

Uit het voorafgaande is duidelijk gebleken dat men twee verschillende schalen zal moeten aanbrenge op de oorspronkelijke meterschaal die blank kan geschraapt worden met een scheermesje, of wit (mat) overschilderd. Vanwege de niet-lineariteit van D1 en D2, zullen de 25 W en 250 W schalen niet samenvallen.

Als men niet beschikt over een generator die 25 W of 250 W hoogfrequent vermogen kan afleveren, bestaat er een wisseloplossing die gebruik maakt van een FET-voltmeter, of een andere voltmeter die hoogfrequente spanningen kan meten, en een daarbij behorende HF probe die de effectieve waarde van een HF spanning kan meten over een 50 Ohm dummy belasting.

Om het zenderuitgangsvermogen te bepalen, gebruikt men dan de standaard formule:  $P(W) = V_{\text{eff.}}^2 / R$  met  $V_{\text{eff.}}$  in volt en R in Ohms.

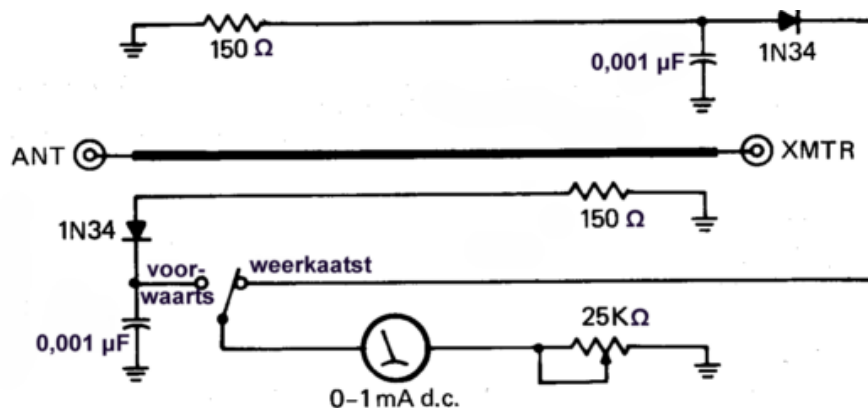
Als de effectieve waarde van de wisselspanning 50 Volt bedraagt over een 50 Ohm kunstantenne, bedraagt het vermogen 50 W. ( $P = 2500/50$ ).

Als men geen hoogvermogen VHF-generator of zender (bv. op de 2 m band) heeft, kan men gebruik maken van een 10 m zender. De brug moet wel eerst in evenwicht gebracht worden op 2 m, vooraleer men daarmee aanvangt. Wanneer men dan de ijking uitvoert met een 10 m zender, zal de ijknauwkeurigheid dichtbij deze van de 2 m band liggen, bv. in SWR-modus voor het volledige 25 W schaalbereik.

Wie over een fotokopiemachine beschikt, kan de twee vermogensschalen eerst in het groot tekenen op een blad tekenpapier, en daarna een verkleinde fotokopie maken, die geplakt wordt over de bestaande meterschaal.

### Vermogensmeting op ZHF met een eenvoudige Monimatch.

Het zeer hoogfrequent (ZHF) vermogen wordt in een kunstantenne of dummy omgezet in warmte. Dit kan plaatsvinden door een thermistor of een thermokoppel. Over de twee klemmen van een dergelijk element verschijnt een spanningsverval als het doorvloed wordt door een (HF) stroom. Energie zal niet alleen in de weerstand gedissipeerd worden, maar op een zekere manier ook in de wederzijdse inductie en in de capaciteit door de heenlopende en teruggekeerde golf.



### Monimatch –brug:

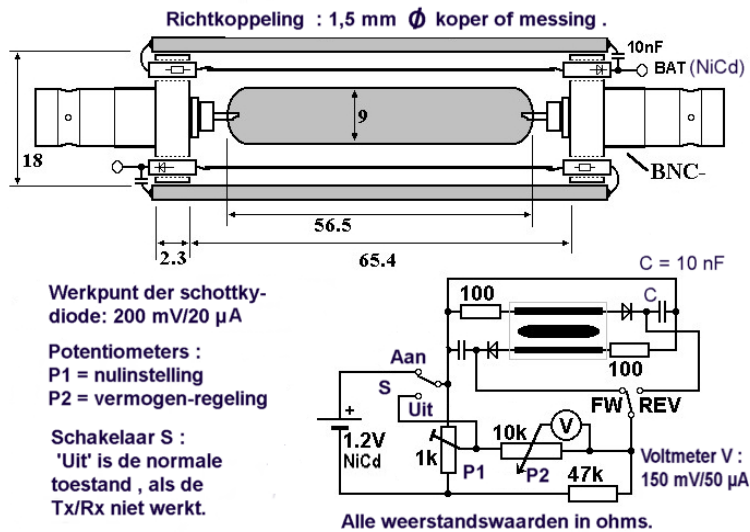
Deze opstelling werkt over een octaaf (een 2:1 frequentieverhouding) of een decade (een 10:1 frequentieverhouding)

### ZHF SGV –meter voor 140 MHz tot 440 MHz.

De VHF SWR-meter is opgebouwd uit onderdelen die overal verkrijgbaar zijn. De lengten in de hieronder staande schakeling staan in millimeters aangegeven. De meter is ontworpen voor frequenties van 140 tot 440 MHz. Het richtingskoppelsysteem is geëtst op een 1,5 mm dikke epoxy printplaat met koper- of messing-bedecking.



**VHF SWR Meter voor 140 MHz tot 440 MHz .**

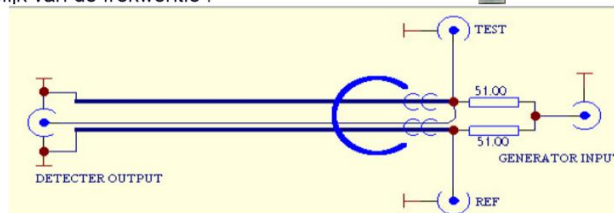


DL4YHF gebruikte een vierkante buitenste geleider, gevouwen uit dunne koperplaat of messing (D= 19 mm binnendiameter van de buitenste vierkante buis), en op zijn plaats gehouden door een BNC-connector (het type met vierkante flens). Met een 9 mm diameter koperen pijp als center-geleider, levert dit geheel een goede 50 Ohm aanpassing op.

De twee reflectometerlijnen zijn geëmailleerde koperdraden met 1,5 mm buitendiameter. De 100 Ω afsluitweerstand en de twee Schottky-dioden worden door de voormalige schroefgaten van de connectoren gestoken, waardoor ze op de juiste afstand zitten van de rest van de schakeling. De BAT41 dioden kunnen vervangen worden door betere dioden met een geringere eigencapaciteit.

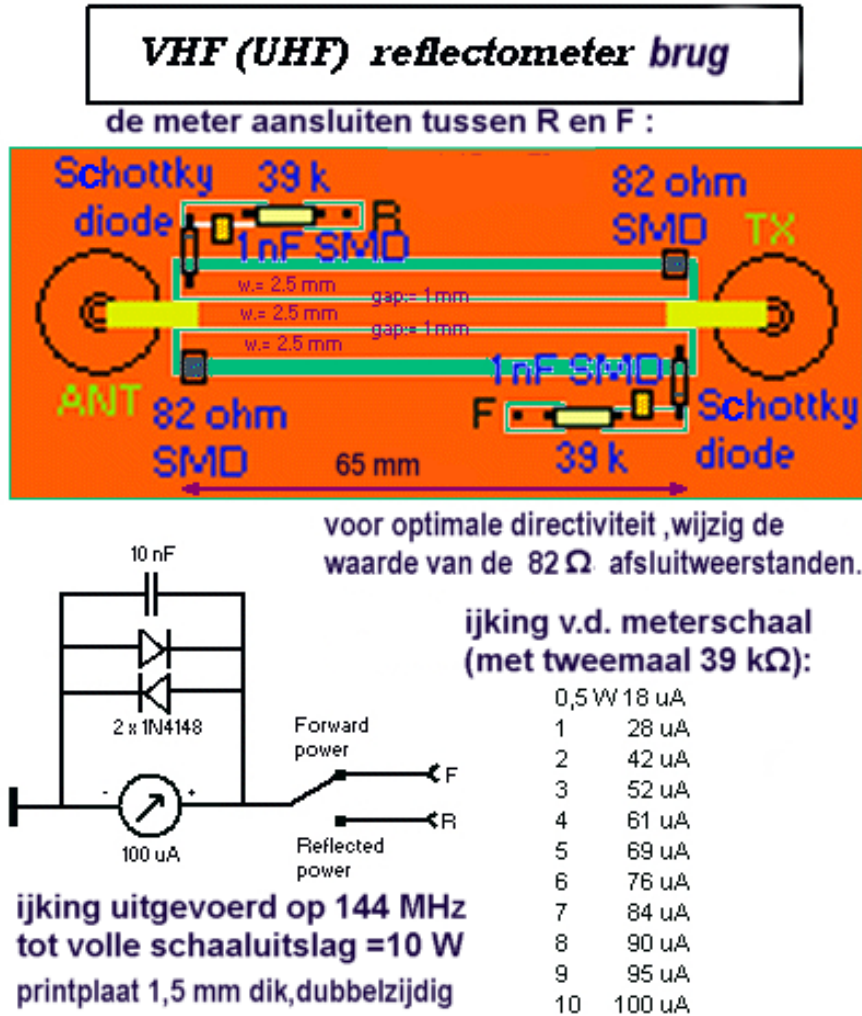
Indien men in plaats van een geplooid vierkante buitengeleider, ronde buizen verkiest die men nog liggen heeft in de shack, kan de volgende formule gebruikt worden om de impedantie te berekenen van de coaxiale lijn die aldus ontstaat, samen met de centergeleider:  $Z$  (in Ohm) =  $60 \cdot \ln(D/d)$  waarin  $d$  de buitendiameter is van de binnenste geleider en  $D$  de binnendiameter van de buitenste. Beide diameters staan in dezelfde eenheden, bv. beiden in millimeters.

Voorbeeld:  $Z = 60 \cdot \ln(21[\text{mm}]/9 [\text{mm}]) = 60 \cdot \ln(2,33) = 60 \cdot (0,847) = 50,82 \Omega$ . Hieruit blijkt dat de hierboven staande voorstelling van de uitvoering niet op juiste schaal getekend is.



In deze schematische voorstelling en op de foto , ziet men dat er kleine ringkernen inzitten , binnenin vier grote , Alles is vastgelijmd met 10 seconden snelle cyano lijm .

## VHF (UHF) strip-lijn reflectometer-en vermogensmeetbrug.



Met deze schakeling kan men tot 10 watt heengaand en weerkaatst vermogen meten, als men op bv. 144 MHz de uitgang van de zender wenst aan te passen aan de 2 m antenne. Men meet dus ook de staande golf verhouding  $SGV = SWR = 10 \cdot \log\left(\frac{[\text{weerkaatst vermogen}]}{[\text{heengaand vermogen}]}\right)$ .

De schakeling is uitgevoerd op een 1,5 mm dikke dubbelzijdige glasvezel-printplaat. Een 100  $\mu\text{A}$  draaispoelmeter dient als vermogen- en SWR-meter. De verzwakking van de volledige schakeling, indien ze in-lijn wordt opgenomen in een doorlopende voedingslijn op die frequentieband, bedraagt slechts 0,3 dB en op de 70 cm band 1 dB.

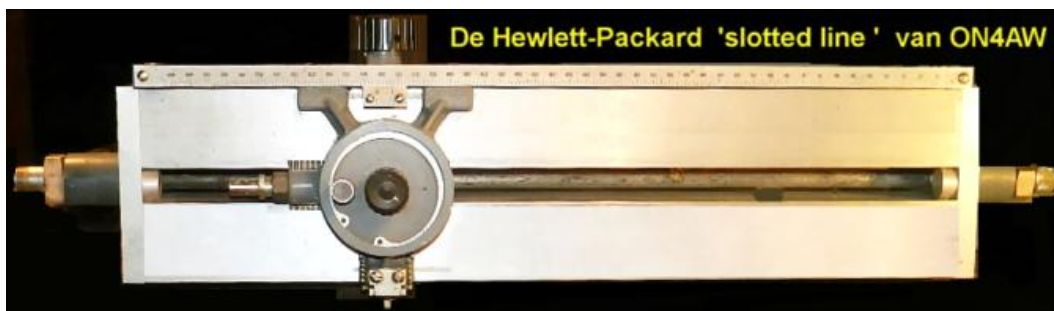
Het geheel kan gemakkelijk 50 watt verwerken, en deze schakeling is geschikt voor meer banden dan alleen maar de 2 m en de 70 cm band. Hoe lager de frequentie, des te langer de lijn moet worden, en bij een hoge frequentie dus korter.

De centergeleider van de twee connectoren (in en uit) wordt rechtstreeks aan de geëtste lijn op de PCB gesoldeerd. Als dioden werden HP 5082-2800 Schottky dioden gebruikt.

### De sleuflijn ('slotted line').

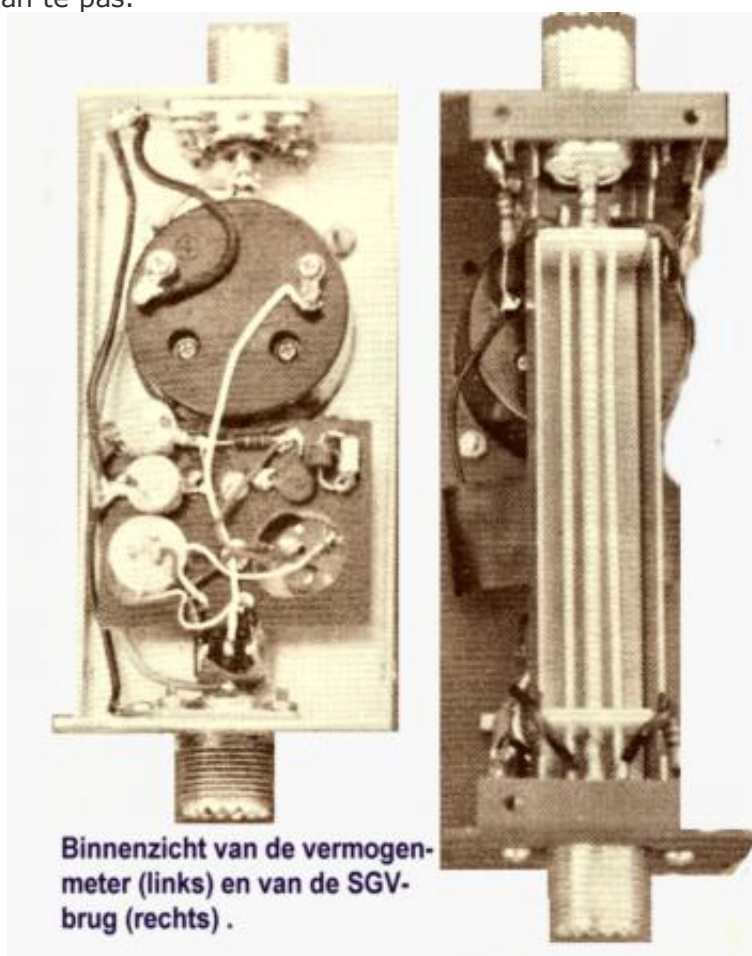
Op frequenties in het UHF bereik, gebruikt men een sleuflijn, in het bijzonder voor het meten en aflezen van de SGV op een transmissielijn.

Hoewel met dit type instrument een hoge mate van nauwkeurigheid kan bereikt worden, is het vrij duur in aanschaf, omdat het een fijn bewerkt apparaat is, iets langer dan een halve golflengte. De algemene opvatting is, dat men er geen metingen mee uitvoert op frequenties beneden de 460 MHz.



**Sleuflijn -SGV -meter**, voor hoogfrequent, maar niet voor microgolven, zoals de hierboven staande foto, van HP.

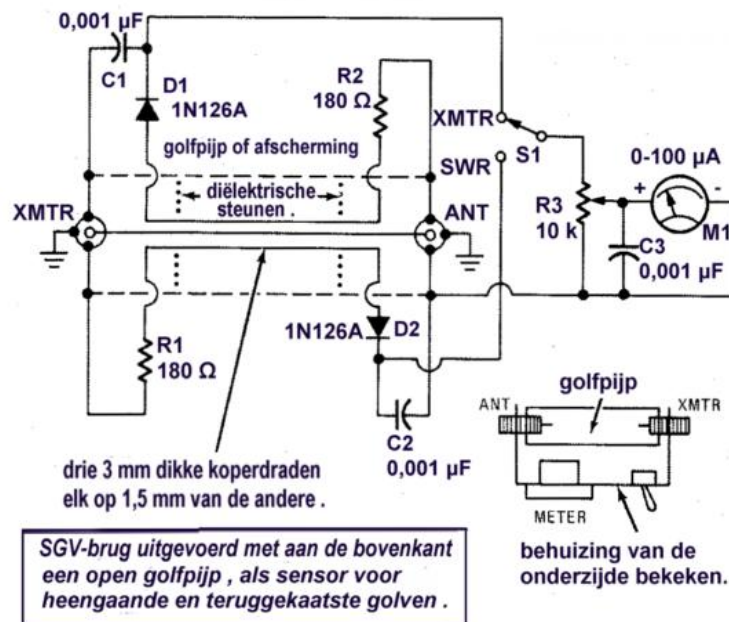
Men kan de SGV meten met een sleuflijn of met een golfpijp die men met een lange sleuf bovenaan opent, bv. door er een langwerpige opening in te frezen. Er komt in dat geval wat mechanisch werk aan te pas.



Bijvoorbeeld voor de 10-meter band, kan men een U-vormig koperen stuk buis gebruiken, 12 cm lang en elk van de drie wanden 1,5 cm hoog. De bovenkant is open (sleuflijn) en op de twee uiteinden zit er een polyester blokje waardoorheen drie dikke (nr.14) koperdraden gestoken zijn die evenwijdig met elkaar verlopen (aanspannen). De twee buitenste draden liggen elk op 3 mm afstand van de binnenste draad en eveneens op 3 mm afstand van de twee verticale wanden van de U-vormige koperen buis.

De centrumdraad is de transmissielijn en is aan beide uiteinden vast gesoldeerd aan de middelste pen van de in- en uitgangconnector, die elk gemonteerd zijn in de holte van de sleuflijn die aan weerszijden geaard wordt en de buitengeleider van elke der connectoren dus ook. Dit geheel wordt gemonteerd in een kastje van 12,5x6x6 cm.

Hieronder volgt het schema van deze SWR-brug waarin een draaispoelmeter zit van 50  $\mu\text{A}$  of 100  $\mu\text{A}$ . De potentiometer dient voor het ijken van de meter met een geleende nauwkeurige SGV-meter, waarvan de ijkstreepjes op de meterschaal worden overgenomen m.b.v. de potentiometer R3 waarmee men een overeenkomstige naaldafwijking op de meter kan instellen voor elke grootte van toegepast HF-vermogen en met op de antenne-uitgang een dummy van 50  $\Omega$  aangesloten. Na afregeling wordt de SWR-brug opgesteld tussen de Tx/Rx en de antenne.



### Slotted line voor microgolven.

Voor metingen op zeer hoge frequenties, in het bijzonder op de microgolven, wordt het moeilijker, en zal men bv. een staande golf meter gecombineerd vinden met een bolometer. In dergelijke gevallen kan een koppelingdetector voorzien zijn, die in een sleuf van een golfpijp geplaatst wordt, en met een kabel (na detectie, dus omzetting van de HF wisselspanning naar gelijkspanning) naar de wattmeter loopt.

Om een invallend vermogen  $P_i$  (bv. 30 W) te meten, draait men de pijl op de koppelingdetectorknop naar de belasting, en plaatst de vermogensschakelaar op de wattmeter om te beginnen op het hoogste vermogensbereik. Achteraf stelt men een lagere waarde in.

Om een weerkaatst vermogen ( $P_r$ ) te meten (bv. 0,5 W), plaatst men de pijl in de zin van de HF bron. Bij het verdraaien van de koppeling-detector (waarin een diode zit), zorgt de koppeling ervoor dat de detector enkel reageert op een golf in een bepaalde zin, hetzij invallend of gereflecteerd.





Men kan op die manier niet enkel vermogens meten, maar daaruit ook de staande golfverhouding op een lijn berekenen door de minima en de maxima van de staande golf op de lijn te meten (in dit geval overeenstemmend met  $P_r$  en  $P_i$  volgens de transmissielijn-theorie).

$$VSWR = \frac{\sqrt{P_i} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_i} - \sqrt{P_r}} = \frac{\sqrt{30} + \sqrt{0,5}}{\sqrt{30} - \sqrt{0,5}} = \frac{5,47 + 0,7}{5,47 - 0,7} = \frac{6,17}{4,77} = 1,3$$

Op een verliesvrije lijn bestaat er geen weerkaatst vermogen, dus  $P_r=0$ .

Als de  $VSWR = 1,3:1$ , zoals hierboven berekent, gaat er 3% van het vermogen dat van de bron naar de belasting gestuurd wordt, verloren op de transmissielijn. Dat is nog aannemelijk. Voor staande golfverhoudingen die groter zijn dan 2:1 en zeker in het geval groter dan 3:1, zal men op de een of andere manier moeten ingrijpen om deze waarde te doen dalen.

Anders zal de eindtrap van de zender op ontoelaatbare manier opwarmen en/of overslag of doorslag optreden op de lijn of kabel.

### Referenties, geraadpleegde werken:

- 1) How to build (and use) an audio-milliwatt meter, door J. Frank Brumbaugh KB4ZGC, in CQ jan. 1991.
- 2) Getting the most from your transmitter, door Willard R. MOODY, WA3NFU, in Popular Electronics & Electronics World, mei 1967.
- 3) R.F. power output measurements door R.L. Conhaim, okt. 1963 in Radio News & Radio Craft.
- 4) QRP wattmeter, door Gary P. Cain, W8MFL, in CQ jan.1986.
- 5) RF and optical bolometer, door VK2ZAY Alan Yates, uit Alan's Lab, feb. 2009.
- 6) Simple R.F. Meter, door Charles J. Schauers, uit: Measure r.f. output of the transmitter in your ham shack: sept. 2011.
- 7) VSWR-bridge, in The short wave magazine, mei 1979.
- 8) Tune-up indicator, door William Vissers K4KI, in QST dec. 1979.
- 9) Vermogen en vermogensmeting door W.L. Kramers in Elektronica ABC van nov. 1979.
- 10) Strumento per la misura de la potenza, in *Radio Rivista 9-97*.
- 11) An audio-tone-shift Power/SWR meter, door Raymond W. Brandt, N9KV, in QST sept. 1979.
- 12) The ETI 139 Reflectometer, door de hoofdredacteur van Electronics today international, okt. 1978.
- 13) Reflectometry door G3YNH: The reflectometer or SWR-bridge, uit een RSGB studiedag.
- 14) The Bird Thru-line sensor, door Bird Electronics, Cleveland, USA.
- 15) How to build and use a VHF wattmeter, door Doug DeMaw W1FB, in QST dec.1987,
- 16) Directional Wattmeters, door W. B. Bruene in QST, april 1959.
- 17) Steve Katz WB2WIK CQ juli 1986: Power measurement at VHF.
- 18) 1Hamradio-stuff, door Wolfgang Büscher DL4YHF, nov. 2005.
- 19) True RMS Watt Meter, door Chemelec, juli 2005.