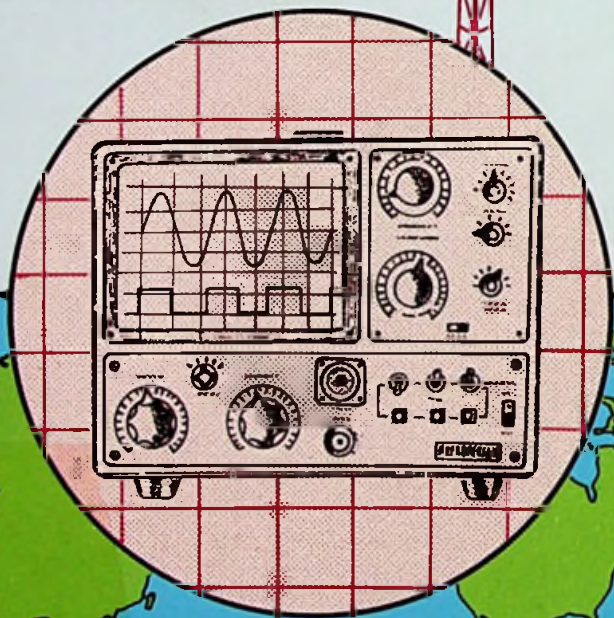


J.L.MOLEMA (PEØVMT)

# Antennes en Meetinstrumenten voor Zendamateurs



R  
7

le Historie v/d Radio

DE MUIDERKRING



# **Antennes en meetinstrumenten voor zendamateurs**

© 1979 De Muiderkring B.V. - Bussum - Nederland      ISBN 90 6082 155 6

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

J.L. MOLEMA (PEØVMT)

BIBLIOTHEEK  
N.V.H.R.

# Antennes en Meetinstrumenten voor Zendamateurs

2e druk



**DE MUIDERKRING B.V. - BUSSUM**  
UITGEVERIJ VAN TECHNISCHE BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN

1974  
1974

1974

1974

1974



UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

# Voorwoord

Het lijkt er tegenwoordig op dat alles te koop is. Voor de rasechte doe-het-zelver is het een beetje triest te moeten zien dat radio-amateurisme slechts bestaat uit het aan elkaar breien van gelijkvormige QSO's terwijl de soldeerbout meestal koud blijft. De 'D'-amateur is door zijn machtiging weliswaar wat beperkter dan zijn collega's, maar zijn experimenteelust behoeft daar beslist geen definitieve schade van te ondervinden. Er zijn tenslotte meer dingen te doen dan zenders bouwen.

Nu is het niet de bedoeling dat elke model-shack van de ene dag op de andere wordt omgetoverd in een weergaloze rommel, maar het is wel zo dat een warme soldeerbout en een verzameling kroko-snoertjes plus de bekende 'troep' op de werkbank een sfeertje schept waarin de radio-amateur zich prettig voelt en inspiratie opdoet. Inspiratie om zèlf aan de slag te gaan. Als we de vergunning eenmaal op zak hebben, branden we van ongeduld om 'in de lucht' te komen. Maar zonder antenne gaat dat moeilijk dus wordt er naarstig naar gezocht. Het is al gezegd: we kunnen er een kopen, zèlf maken kan echter ook. Met de hulp van een aantal uitgekende ontwerpen, die stuk voor stuk bewezen hebben wat ze waard zijn, zal het de bouwer in spè niet moeilijk vallen te kiezen welke antenne hij op zijn apparatuur zal aansluiten. Het is alleen de kunst om aan die ontwerpen te komen . . .

Dit boek bundelt een aantal beschrijvingen van uiteenlopende antennetypen met de daarbijbehorende voedingslijnen. Ook wordt er aandacht besteed aan de kwestie van de aanpassing. Omdat het oude gezegde: 'meten is weten' nog altijd geldt, wordt de nodige informatie verstrekt over het werken met meetinstrumenten, terwijl bovendien een plaats is ingeruimd voor de hulpapparatuur waarmee de zendamateur werkt. Die hulpapparaten vormen trouwens een onmisbaar deel van de 'spullen' die in de shack te vinden zijn. Omdat de aanschaf ervan doorgaans een enorm gat in de portemonnaie achterlaat, denken we ook hier weer aan zelfbouw. Projecten als laagspanningsvoedingen, staande-golfmeters en dergelijke zijn een dankbare aanleiding om de soldeerbout weer eens warm te stoken, waarbij voldoening of misschien nieuwe ideeën de beloning voor onze inspanning kunnen zijn. Elke radio-amateur dient een bepaalde hoeveelheid 'kennis' te bezitten, theoretische kennis wel te verstaan, die voor het behalen van de zendvergunning noodzakelijk. Daar wordt in een andere uitgave van De Muiderkring, getiteld: 'Theorie en praktijk voor zendamateurs', wat dieper op ingegaan. Dit boek kan als een aanvulling daarop worden gezien; de nadruk ligt duidelijk op de praktijk. Waar dat te pas kwam, is wederom voor de theorie van de behandelde zaken ruimte gereserveerd. Getracht is om taaië kost te vermijden en formules simpel te houden.

En als we dan eenmaal in de praktijk beland zijn, zullen we toch wel weer problemen tegenkomen die om een oplossing vragen. De rijstebrijberg van waarde-aanduidingen, coderingen en toleranties van de componenten die we toepassen, is zo'n kluif dat we er maar liever niet aan beginnen.

Onder het motto: 'als je weet, is het niet moeilijk meer', is er een apart hoofdstuk gewijd aan omrekenabelletjes en voorbeelden op dit terrein.

Omdat radiocommunicatie in sterke mate afhankelijk is van een aantal factoren in de atmosfeer, is het een goede zaak iets te weten over de 'condities' en de verschijnselen in de dampkring die daarop van invloed zijn. Als aanvulling daarop volgt de beschrijving van een eenvoudig elektronisch weerstation, ook al weer een zelfbouwproject.

Kortom, dit boek wil een aanzet vormen om de hobby van het radio-amateurisme voor de doe-het-zelver weer een zetje te geven in de goede richting. Dat 'radio' meer is dan alleen maar zenden en ontvangen wisten we allemaal wel, maar je moet er wel wat voor doen om plezier in je liefhebberij te verwerven.

Bergum, 1979

J.L. Molema  
PEØVMT

### **Voorwoord bij de 2e druk**

Afgezien van enkele correcties is deze druk geheel gelijk aan de voorgaande.  
Bergum, zomer 1980

J.L. Molema



# 1 Kortegolfantennes

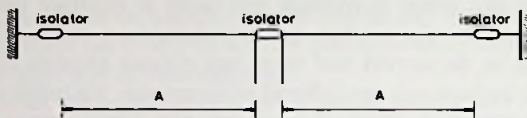
Antennes zijn er in zoveel uitvoeringen, dat het haast niet mogelijk is om in het bestek van een enkel hoofdstuk een beeld te schetsen van wat er allemaal 'te koop' is. Er zijn boeken over volgeschreven en elke dag vindt een amateur ergens in de wereld wel weer een nieuwe antenne uit, of sleutelt aan een 'eigen' variatie van een bekend antennetype. Volledigheid is dus niet mogelijk en uitgebreide beschrijvingen zouden beter passen in een echt antenneboek. Toch zullen we in dit hoofdstuk en het hierop volgende een aantal min of meer bekende antennes de revue laten passeren. Elk type gaat vergezeld van een korte beschrijving, een tekening en wat gegevens over afmetingen, plaatsing en aanpassing. De meeste antennetypen die we gaan bekijken, zijn geschikt om zelf te maken en daarom zal aan de theorie (het hoe en waarom) niet zo veel aandacht worden besteed. Waar nodig zal duidelijk worden aangegeven dat een aardverbinding vereist is. Vooral voor kortegolfantennes met een lage opstralingshoek is zo'n aarde een voorwaarde voor een betrouwbare werking en daarom deze goede raad: zorg, indien mogelijk voor een juiste aardverbinding. Is het grondwater te diep om met een redelijke pijplengte te bereiken, leg dan een 'mat' van ijzer of koperdraad enkele centimeters onder het grondoppervlak. Zo'n hekwerk als tegen-capaciteit van een verticale antenne kan wonderen doen, mits we er voor zorgen dat het zo groot mogelijk is en dat alle kruisingen van de diverse draden degelijk met elkaar zijn verbonden. Dus: solderen of lassen en bovendien bij de hoeken van de mat en in het midden een koperen aard-electrode de grond indrijven en met de mat doorverbinden.

We kunnen er ook een soort 'spinneweb' van maken. Mensen die een forse tuin ter beschikking hebben, kunnen de radialen alle kanten op laten lopen en dan weer aan de uiteinden aarden met een koperen pijpje. Amateurs met minder ruimte kunnen ook volstaan met een 'waaier'-constructie. Dit is een 'draadconstructie' die vanuit één hoek van de tuin naar alle kanten uitwaaiert en ook enkele centimeters onder het grondoppervlak wordt ingegraven. En zo zijn er nog wel meer mogelijkheden.

Maar we zouden het hebben over antennes. En daar gaan we nu mee van start. In afb. 1.1 is een schematische voorstelling gegeven van een gewone gestrekte dipool.

Als we zo'n ding in de vrije ruimte hangen en horizontaal opstellen zal een achthoekige stralingskarakteristiek het gevolg zijn. We kunnen hem van verschillende materialen maken: koperdraad met of zonder isolatie voor de lagere frequenties, terwijl voor 10 en 15 meter wellicht een constructie valt te bedenken van aluminiumpijp. De afmetingen voor de verschillende ama-

teurbanden zijn in de tekening vermeld; de stralingsweerstand in het voedingspunt is  $73 \Omega$  symmetrisch. We kunnen via een balancerinrichting ook voeden met een asymmetrische  $75 \Omega$  kabel die ook voor TV-doeleinden wordt gebruikt. Als we het kunnen krijgen, is lintlijn met een impedantie van  $75 \Omega$  ideaal. Sommige soorten tweelingsnoer kunnen ook worden toegepast. De geleiders moeten relatief dik zijn ten opzichte van de onderlinge afstand om op de juiste karakteristieke impedantie uit te komen.

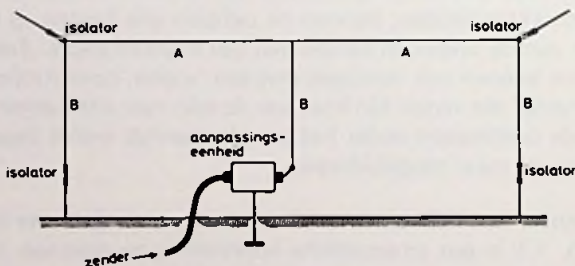


**Afb. 1.1:** *Dipool-antenne*

$A = 20.80 \text{ m}$ (80 meter-band)	$A = 3.54 \text{ m}$ (15 meter-band)
$A = 11.00 \text{ m}$ (40 meter-band)	$A = 2.62 \text{ m}$ (10 meter-band)
$A = 5.30 \text{ m}$ (20 meter-band)	

De veldsterkte, welke een stralende dipool haaks op de spanrichting opwekt, wordt als maatstaf aangehouden voor de versterkingsfactor van antennes. De dipool zelf krijgt daardoor een versterkingsfactor van 1X toegemeten, oftewel 0 dB.

Afb. 1.2 toont een variant van de hiervoor besproken dipool. Vooral op de lage frequenties neemt het geheel een boel ruimte in beslag en zijn er minstens twee masten of hooggelegen ophangpunten nodig. Een antenne als deze staat bekend als 'bob-tail' en is een systeem dat slechts voor één band gedimensioneerd kan worden.



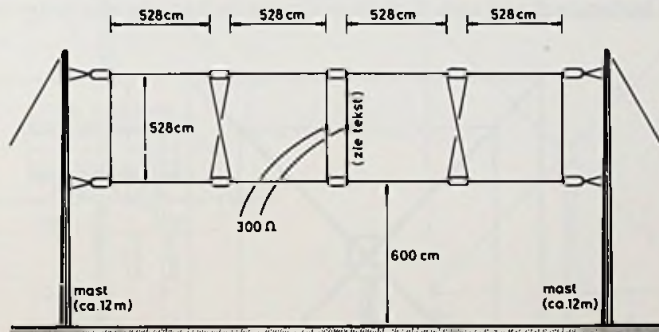
**Afb. 1.2:** *Bob-tail-antenne*

80 meter $A = 40.23 \text{ m}$	$B = 20.11 \text{ m}$
40 meter $A = 20.20 \text{ m}$	$B = 10.10 \text{ m}$
20 meter $A = 10.00 \text{ m}$	$B = 5.00 \text{ m}$

Als we de afmetingen aanpassen volgens de bij afb. 1.2 vermelde tabel kunnen we ook bob-tails maken voor andere banden. Een bob-tail vraagt spanningsvoeding en daarom zullen we een aanpassingseenheid moeten plaatsen tussen het voedingspunt en aarde. In hoofdstuk 3 wordt een schema van een dergelijke eenheid gegeven (afb. 3.1).

Opgemerkt moet worden dat dit een echte DX-antenne is, die door zijn stralingsdiagram op ver verwijderde punten een behoorlijke signaalwinst oplevert. 6-10 dB winst is mogelijk. We moeten er wel voor zorgen dat de uiteinden van de neerhangende elementen op afdoende wijze zijn geïsoleerd, omdat juist daar gevaarlijk hoge spanningen kunnen optreden. Een bevestiging met een staaf in de grond, een stevige isolator tussen het element en de staaf en daar omheen een ruim stuk PVC-pijp dat een paar centimeter in de grond wordt gedrukt, verdient aanbeveling. Wel moet de bovenzijde van de pijp met goed isolerende kit worden afgedicht. Verder moeten we er op letten dat het middelste element een niet al te zware trekkracht uitoefent op het horizontale bovendeel dat overigens strak en zo mogelijk waterpas dient te worden uitgespannen. Daarom verdient het ophangen aan bijvoorbeeld schoorstenen de voorkeur. Wel moet er tussen de beide ophangpunten een behoorlijk grote vrije ruimte zijn.

Voor radioamateurs die geen last hebben van burens die de 'draadbeweging' niet op prijs stellen hebben we in afb. 1.3 een antenntype geëtaleerd dat weliswaar ruimte vergt, maar met minimale kosten goede resultaten kan opleveren.



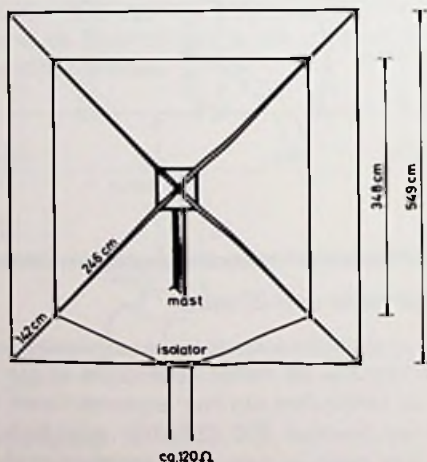
Afb. 1.3: Gordijnantenne voor 20 meter

We hebben er zo'n slordige 85 meter koperdraad en een tiental isolatoren voor nodig. Voor de verbinding van het antennesysteem met de zender of ontvanger kunnen we normaal 300  $\Omega$ -lintlijn gebruiken. Willen we coaxvoeding toepassen dan moet er weer een impedantietrafo annex balun bij het voedingspunt worden tussengeschakeld. De stralingskarakteristiek van deze 'gordijnantenne' is langgerekt ovaalvormig. De opstralingshoek is erg laag en ligt in de buurt van  $5^\circ$ , mits er een uitstekende grondgeleiding aan-

wezig is. Het is van groot belang de vier hoekpunten van dit antennesysteem naar aparte punten af te spannen. De afmetingen welke in afb. 1.3 zijn vermeld, gelden voor gebruik op 20 meter, evenredige verkleining (of vergroting) maakt het mogelijk de gordijnantenne ook voor andere banden toe te passen. De polarisatie is verticaal.

Willen we optimaal profijt trekken van deze antenne dan kunnen we met voordeel het 'middenstuk' vervangen door een lengte lintlijn die in het midden wordt afgetakt voor de aansluiting. Vanaf dit punt moet de voedingslijn over minstens vijf meter haaks op het antennesysteem worden weggevoerd. Ideaal dus voor amateurs die op de eerste etage huizen of de shack op zolder hebben.

Een veel gebruikte antenne voor de 10, 15 en 20 meter is de quad, die we meestal als 'cubical quad' op de daken zien staan. Een spinachtige constructie, die nogal wat ruimte vergt en veel wind vangt. Het kan eenvoudiger en een Amerikaanse radioamateur, W6WAW, heeft een versie bedacht die bovendien ook voor 40 meter bruikbaar is. Het raamwerk kan worden opgebouwd met vier vishengels van bamboe of glasvezel, die elk een lengte van 390 cm moeten hebben. Ze worden op een stevige aluminiumplaat van ongeveer 30 bij 30 cm gemonteerd met passende zadels. De onderlinge hoek tussen twee hengels bedraagt  $90^\circ$ . De montageplaat moet een dikte hebben van zeker 5 mm. Gebruiken we staal dan kan met 3,5 mm worden volstaan. Nu kunnen we de draadramen opspannen. We moeten dit zorgvuldig doen volgens de in de tabel aangegeven maten en de beste manier is te beginnen met het buitenste draadraam. Uitkijken dat we de hengels niet krom trekken.

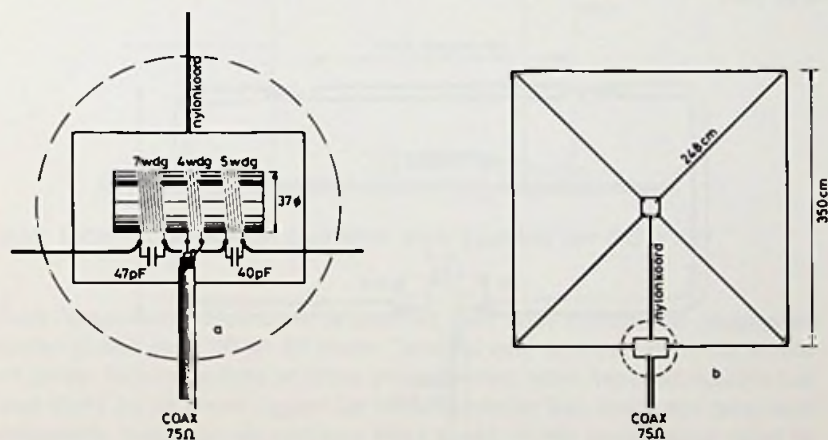


Afb. 1.4: Quad-antenne (W6 WAW)

Aansluiting d.m.v. coaxkabel (75  $\Omega$ ) kan zonder bezwaar

Het mooiste bevestigingsmateriaal voor het draadraam op de hengels kunnen we bij de leverancier van diezelfde hengels vinden! Snoer-geleiders van werphengels zijn in allerlei maten te verkrijgen en we kunnen ze met ijzergaren of dun nylonkoord op de juiste plaats vastmaken. Vervolgens rijgen we er draad doorheen, dat we met een druppel twee-componentenlijm vastzetten, waarmee onze antenne voor gebruik op de 15 en 20 meterband geschikt is. Willen we ook op 40 meter met het draadraam werken dan moeten we een stub over de voedingspunten aanbrengen die 876,3 cm lang is en gemaakt van lintlijn met een karakteristieke impedantie van  $300 \Omega$ . De stub (het stuk lintlijn) wordt aan het 'verre' eind kortgesloten. De werking op de twee andere amateurbanden wordt hierdoor niet beïnvloed. De antenne van afb. 1.4 heeft op 15 en 20 meter een achthoekige stralingskarakteristiek. Op 40 meter is het diagram ellipsvormig, terwijl de polarisatie in hoofdzaak horizontaal is.

Dat het nog weer anders kan, heeft een Nederlandse amateur, PAØHTR, bewezen. Hij ontwierp een draadraam-antenne van betrekkelijk bescheiden afmetingen die op 10, 15 en 20 meter zonder verdere poespas met 75  $\Omega$ -coax kan worden gevoed. Het foefje zit hem in de koppeling van kabel en draadraam. Er wordt een inductieve koppeling met een tweetal L-C-kringen gemaakt volgens afb. 1.5a.

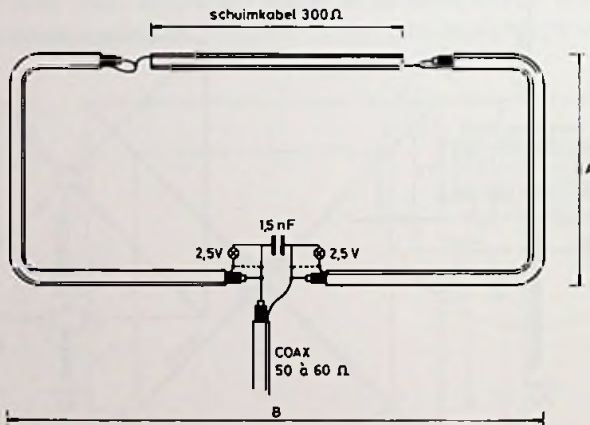


Afb. 1.5: Quad-antenne (PA Ø HTR) met de bijbehorende aanpassings-eenheid

Het eigenlijke antennedeel is weergegeven in afb. 1.5b. Vanaf de montageplaat zien we weer vier 'hengels' die elk 248 cm lang zijn en waartussen weer een onderlinge hoek van  $90^\circ$  zit. Rondom de uiteinden is ruim 14 meter koperdraad gespannen en de koppeling zit in het midden van de onderste

draad. Het gehele koppeldoosje met inhoud wordt ondersteund door een nylonkoordje om het draadraam niet te vervormen tengevolge van het gewicht dat aan de onderste draad hangt. We moeten ervoor zorgen dat de toegepaste condensatoren een hoge werkspanning hebben als we met deze antenne gaan zenden. Voor 100 W antenne-energie is 4 kV geen luxe en dat houdt tevens in dat we voor een prima isoaltie binnen onze koppeldoos dienen te zorgen. Waterdichte afsluiting is een eerste vereiste. Verder is een keramische spoelvorm ten zeerste aan te bevelen.

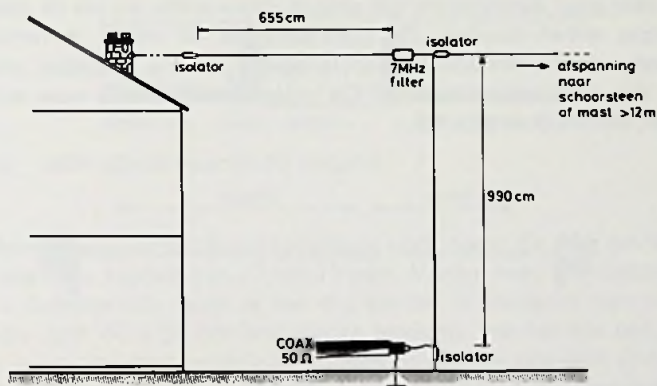
We hebben het tot nu toe elke keer gehad over antennesystemen die in de buitenlucht konden worden opgesteld en veel ruimte in beslag namen. Maar er zijn tenslotte ook radio-amateurs die géén tuin hebben, met alle daaraan verbonden gevolgen: weinig ruimte, geen aardleiding en meer van dat soort narigheid. Woon je dan ook nog in een van de fraaie woondozen met honderd burens om je heen (we bedoelen flats) dan kun je een mooie tachtig meterantenne wel vergeten en met honderd watt hoogfrequent de lucht in gaan, bezorgt je zeker een paar onvriendelijke gezichten. Dus . . . zoek je je toevlucht tot luisteren en zo af en toe een QSO'tje op 'twee' in de nachtelijke uren. Een kwart-golf-sprietje in het raamkozijn brengt je signaaltje nog wel een eindje de provincie rond. Toch kan er zonder al te veel ellende nog wel wat op de HF-banden worden gewerkt met de nu volgende 'binnenhuis-antenne', die zelfs voor 80 meter nog op zolder kan worden uitgehangen (afb. 1.6).



Afb. 1.6: Raam-antenne (naar een idee van G 6 NA)

Afmetingen	Schuimkabel	A	B
3754 kHz (80 M-band)	4,35 m	2,24 m	7,50 m
7050 kHz (40 M-band)	2,32 m	1,19 m	4,00 m
14175 kHz (20 M-band)	1,15 m	59 cm	1,98 m
21225 kHz (15 M-band)	77 cm	40 cm	1,33 m

We maken gebruik van 50  $\Omega$ -coax (twee stukken van 757 cm) en een stuk schuimkabel (300  $\Omega$ ) met een lengte van 435 cm en stellen de zaak op volgens de tekening. We zien dat er kleine gloeilampjes in het circuit voorkomen die bij de afregeling dienst doen om de antenne te symmetreren. Bij lage vermogens kunnen deze gloeilampjes zonder meer in de 'schakeling' blijven zitten. Optimale werking bij wat forsere energietoevoer is alleen gegarandeerd als de lampjes na afregeling worden vervangen door een kort en dik stuk draad dat kern en mantel kortsluit. Bij de gegeven afmetingen is de resonantiefrequentie 3754 kHz midden in het telefoniedeel van de tachtig meterband. De bandbreedte bedraagt  $\pm 50$  kHz en aan de uiteinden loopt de staandegolfverhouding op tot 1,5 : 1. Voor andere frequenties geeft de tabel enige richtlijnen. De condensatorwaarde dient evenredig met de afmetingen van de antenne te worden verlaagd. In afb. 1.7a zien we een antenne die bij uitstek geschikt is om te worden geplaatst in de tuin van een gewoon rijtjes-huis.

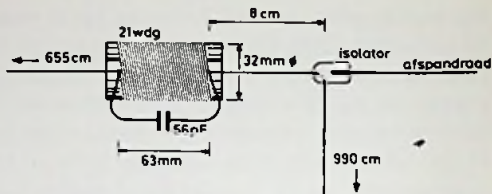


Afb. 1.7a: Omgekeerde L-antenne (naar gegevens van G 3 VYF)

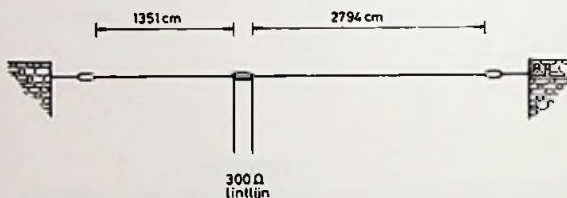
Deze 'omgekeerde-L-antenne' is geschikt voor twee banden. De aangegeven maten gelden voor 80 en 40 meter. Speciaal voor amateurs die in de schuur of garage huizen, is deze antenne een uitkomst, want het voedingspunt kan zeer dicht bij de grond liggen. De verticale straler kan zowel een geïsoleerd opgestelde mast zijn als een stuk (dik) draad. In het laatste geval moet de horizontale draad wel tussen twee vaste punten worden opgehangen. Tevens moet op het 'hoekpunt' een isolator worden vastgemaakt omdat het overblijvende eind geen elektrische verbinding mag maken met het eigenlijke antennedeel. De grap van deze antenne is het 'doosje', dat bij het hoekpunt tussen het horizontale en verticale deel is opgenomen. In dit doosje zit een resonantie-kring die is afgestemd op 7050 kHz (zie afb. 1.7b).

Het spoeltje is gewikkeld op een stuk PVC-pijp van 3,2 cm doorsnede en bevat 21 windingen die gespatieerd over 63 mm lengte worden aangebracht.

**Afb. 1.7b:** *Op 8 cm van het hoekpunt is de resonantiekkring opgenomen*



De tussenruimte bedraagt dus 3 mm per winding en dit is noodzakelijk om twee redenen. In de eerste plaats is de spatie bepalend voor de kwaliteitsfactor van de resonantiekring en ten tweede kunnen op het hoekpunt van de antenne zeer hoge spanningen voorkomen en is het gevaar van vonkoverslag dan ook niet denkbeeldig. Daarom moet de condensator van 56 pF een zeer hoge werkspanning hebben. We kunnen de kring met de dipper op 7050 kHz brengen door wat te 'scharrelen' met het aantal windingen. Bij deze antenne is een zeer goed aardsysteem een strikte voorwaarde, als we de opstralingshoek laag willen houden. De polarisatie op 40 meter is verticaal. Op 80 meter zal ook horizontaal gepolariseerde straling optreden, maar voor DX is dat zelfs een winstpunt. De volgende antenne is weer een draadantenne; we bekijken afb. 1.8.

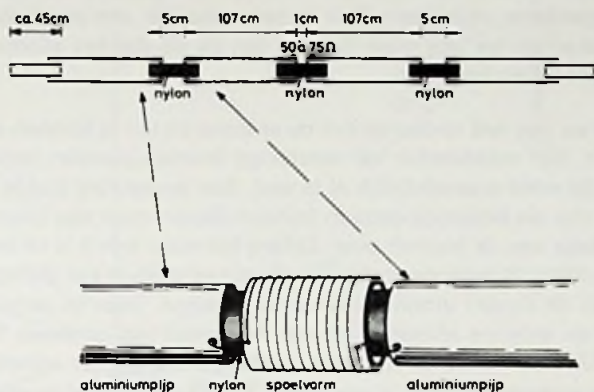


**Afb. 1.8:** *Windom-antenne voor 10-, 20-, 40- en 80 meter*

Dit type is de welbekende 'Windom' en kan met 300 Ω-lintlijn worden gevoed. We hebben er twee ophangpunten voor nodig die minstens 42 m uit elkaar moeten liggen. Het voedingspunt zit ruwweg op een derde van deze lengte. Wel is het, gezien de afmetingen, een goede zaak sterk draad te gebruiken. Gewoon koperdraad zou na verloop van tijd te veel rekken of 'doorzakken' onder het eigen gewicht. Met wat medewerking van aardige burens, desnoods een paar huizen verderop, is er misschien wel een tweetal schoorstenen te charteren waaraan we onze Windom kunnen bevestigen. Deze antenne is bruikbaar als horizontaal gepolariseerde straler voor 10, 20, 40 en 80 meter als we ons aan de opgegeven maten houden. Kunnen we de antenne in zijn volle lengte met geen mogelijkheid kwijt, dan zullen we de tachtig meterband moeten missen, maar dan is het wel zo dat we de afmetingen mogen halveren.



Voor amateurs met ruimtegebrek zijn antennes met verkortingspoelen een aantrekkelijk alternatief. Met wat vindingrijkheid en geduld kunnen we de antenne die we nu voor het voetlicht zetten, zélf fabriceren. Veel geld kost het ook niet, terwijl we met deze mini-dipool op prima resultaten kunnen rekenen. In afb. 1.9 is aangegeven hoe zo'n verkorte antenne kan worden opgebouwd.



Afb. 1.9: *Mini-dipool voor de 20 m-band*

We hebben er een viertal aluminiumpijpjes voor nodig die 107 cm lang zijn en een diameter hebben van 12 tot 15 mm. Verder twee aluminiumpijpjes met een diameter die gelijk is aan die van de 'binnenkant' van de lange einden die zo'n 40 à 50 cm lang zijn en tenslotte zou het een bof zijn als we drie nylon 'staafjes' op de kop konden tikken die eveneens in de lange einden passen. Hoe schuiven we deze spullen in elkaar? We nemen eerst de lange stukken aluminium pijp, die we in elkaars verlengde leggen met een onderlinge tussenruimte van 5 cm. Gerekend van 'links naar rechts' hebben we dan de grondvorm van de antenne al voor ons liggen. Als we die nylon staafjes niet kunnen bemachtigen, kunnen we ook passende stukjes rond hout gebruiken, die we vooraf een aantal malen in de bijts hebben gedompeld tegen vochtinwerking. Nu is het zaak de vier pijpen met elkaar te verbinden. De tussenruimte tussen de eerste en de tweede pijp blijft 5 cm, evenals die tussen de derde en de vierde. De spatie in het midden kan klein zijn, 1 cm is voldoende. De nu in pijpen gestoken nylon- of houtverbindingen moeten goed verankerd worden, gaatjes door-en-door die het beste met een koperen schroef en moer kunnen worden opgevuld zetten de zaak vast en we hebben gelijk de benodigde aansluitpunten voor de voedingslijn en de verkortingspoelen. De zelfinductie van deze spoelen moet in de gegeven opstelling 7,5  $\mu\text{H}$  zijn en hoe we deze construeren hangt af van het doel waarvoor we de antenne gaan gebruiken. Gaan we er alleen maar mee 'luisteren' dan kunnen we een klein spoeltje direct op het isolerende tussenstuk wik-

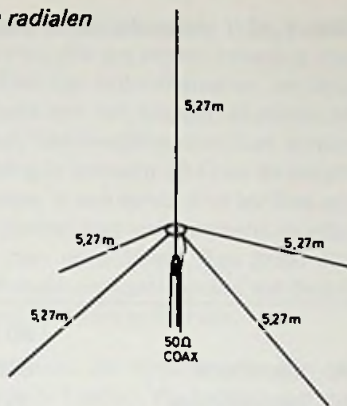
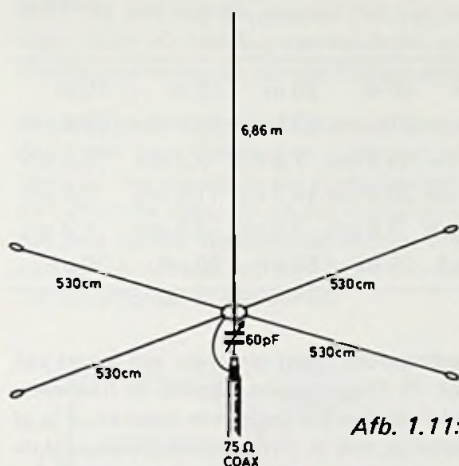
kelen. Bij een doorsnede van bijvoorbeeld 13 mm kunnen we 30 windingen van 0,4 mm lakdraad aaneengesloten leggen. Is het echter de bedoeling met de antenne ook te gaan zenden, dan moet de spoel forser zijn. Om de juiste waarde te verkrijgen, kunnen we bijvoorbeeld op een spoelvorm van 6 cm diameter een twaalfal windingen geïsoleerd installatiedraad aanbrengen over een lengte van 50 mm. We hebben dan 4,5 mm per winding en dat betekent dat er tussen de windingen nog ruimte is. Dit is noodzakelijk om de juiste waarde te verkrijgen. Het is ook mogelijk om een 'vrijdragende' spoel te maken als we ons maar houden aan de eis dat het allemaal 'stevig' wordt uitgevoerd en bevestigd.

Nu moeten we nog iets verzinnen om de antenne straks te kunnen vastzetten op de mast. Het middenstuk zal verstevigd moeten worden anders is het eerste zuchtje wind waarschijnlijk al te veel. Een langwerpige blokje hardhout of perspex zou als bevestigingssteun kunnen dienen maar dat laten we graag aan de fantasie van de bouwer over. Zolang het maar stevig is en isoleert . . . Tenslotte komen de twee overgebleven aluminiumpijpjes van geringere doorsnede nog in de (holle) uiteinden van onze antenne. Door in- en uitschuiven kunnen we de antenne afregelen op een frequentie van ongeveer 14,3 MHz. Als dat óók naar wens is verlopen proberen we of het verschil maakt wanneer de antenne eenmaal is opgesteld. Eventuele naregeling met de pijpjes kan dan altijd nog. Als we maar niet vergeten ze op hun beurt eveneens te borgen. En dan de kabel: 50 . . . 75  $\Omega$  coax voldoet uitstekend en als klap op de vuurpijl kunnen we vermelden dat we de antenne maar over 90° behoeven te draaien om er met alle windstreken mee te kunnen 'werken'. De karakteristiek is namelijk zo gevormd dat alleen in de lengterichting van de antenne een minimum optreedt, terwijl het maximum zich over een vrij grote hoek (dat noemen we de openingshoek) uitspreidt.

Dan gaan we nu naar een goede bekende, de 'ground-plane'. Een antenne die bij uitstek geschikt is om zelf te maken en die hoofdzakelijk wordt toegepast voor frequenties van 14 MHz en hoger. Het principe mag als bekend worden verondersteld: een verticale kwart-golf-straler met vier even lange radialen, die als tegencapaciteit horizontaal of iets hellend van het voedingspunt weglopen. Om de juiste stralingsweerstand te bereiken (die met normale coax van 50 of 75  $\Omega$  kan worden bedraad) kunnen we twee kanten op. Het is namelijk zo dat de impedantie aan het voedingspunt slechts 20 . . . 30  $\Omega$  bedraagt als de radialen zuiver horizontaal worden opgesteld. Laten we, zoals dat bij handelstypen het geval is, de radialen 'afhangen' dan neemt de impedantie toe (zie afb. 1.10).

We kunnen hetzelfde doel bereiken door de straler langer te maken, maar dan doet zich het probleem voor dat de antenne niet meer resonanceert. Omdat de reactantie, die daardoor ontstaat, het karakter draagt van een inductieve component moeten we die weer uitstemmen met een condensator. Deze capaciteit nemen we op in de verbinding tussen kabelkern en verticale straler zoals weergegeven in afb. 1.11.

Afb. 1.10: *Ground-plane met afhanginge radialen*



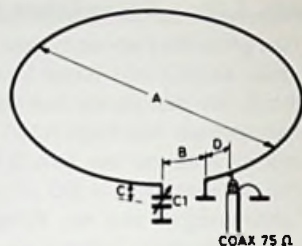
Afb. 1.11: *Ground-plane met lange straler en de radialen in het platte vlak*

We zien dat de antenne nu 686 cm lang is voor een frequentie van 14,1 MHz en dat we 75 Ω coaxkabel kunnen gebruiken. Het is wel van belang dat de variabele condensator een hoge spanning ongeschonden kan verwerken. De radialen kunnen 'plat' op het dak worden uitgespannen, ze zijn 530 cm lang.

Toen de transistor nog maar net was komen kijken, zo in het begin van de jaren zestig werden er nogal veel experimenten uitgevoerd met allerlei antennevormen. Uit die tijd stamt ook het ontwerp van W6UYH, die zich kennelijk liet inspireren door de toen populaire 'hoela-hoepel'. Dat het idee goed was, bleek snel. Zelfs commerciële stations hebben de hoepelantenne van W6UYH toegepast. Men zag er kennelijk zelfs niet tegen op om er eentje op een zendschip te plaatsen dat voor onze vaderlandse kust een tijd voor anker heeft gelegen. We zien hoe de antenne is opgebouwd aan de hand van afb. 1.12.

In principe is de hoepelantenne voor slechts één band geschikt, maar door de pijp, waarvan we de cirkelvorm maken, erg dik te kiezen, is de mogelijkheid aanwezig om er zelfs op twee banden profijt van te hebben. Als we eerst willen experimenteren, kunnen we volstaan met dun aluminiumpijp of gewone waterleidingpijp met een diameter van 10 . . . 15 mm. De maten voor de diverse banden staan in de tabel aangegeven. De afstand tussen het

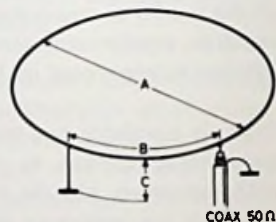
Afb. 1.12: Hoepel-antenne (naar W 6 UYH)



	80 m	40 m	20 m	15 m	10 m
A doorsnede	549 cm	275 cm	137 cm	103 cm	68,6 cm
B tussenruimte	30,5 cm	15,2 cm	7,6 cm	5,7 cm	3,8 cm
C hoogte boven aardvlak	61 cm	30,5 cm	15,2 cm	11,5 cm	7,6 cm
D afstand v/h voedingspunt	15,2 cm	7,6 cm	3,8 cm	2,8 cm	1,9 cm
C <sub>1</sub> condensator	100 pF	75 pF	50 pF	40 pF	30 pF

naar aarde lopende stuk en het voedingspunt dient ongeveer een kwart van de antennehoogte te bedragen voor 75 Ω-aanpassing. Omdat de hoepelantenne in deze vorm zeer lastig zonder de daartoe geëigende apparatuur is af te regelen, lopen we de kans gemakkelijk mis te zitten met bijvoorbeeld de aanpassing. In afb. 1.13 is daarom een variant getekend die aanzienlijk meer speling toelaat.

Afb. 1.13: Een (wat groter) alternatief voor de hoepel-antenne, vooral met de afstand van massa naar voedingspunt kunnen we naar hartelust experimenteren

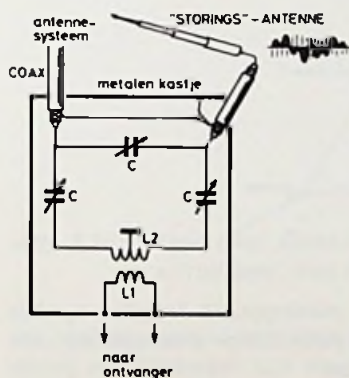


	80 m	40 m	20 m	15 m	10 m
A doorsnede	1200 cm	675 cm	335 cm	225 cm	165 cm
B afstand voedingspunt	360 cm	187 cm	93 cm	62 cm	45 cm
C hoogte boven aardopp.	400 cm	208 cm	104 cm	75 cm	50 cm

We missen om te beginnen de variabele condensator aan het eind van de hoepel. Bovendien is de hoepel 'gesloten' wat de eventuele constructie ook aanmerkelijk vereenvoudigt. Een nadeel is echter dat de hoepel een

doorsnede heeft die ruim twee maal zo groot is als het eerste type, terwijl ook de hoogte problemen kan gaan opleveren. Als we echter rekening met deze factoren houden, kunnen we onze lust tot experimenteren op deze antenne naar hartelust botvieren. Alles speelt een rol; hoogte, diameter en dikte van de hoepel en zelfs de plaats van het voedingspunt kan zonder ongelukken worden gevarieerd. De aanpassing is ruwweg  $50 \Omega$  en de polarisatie is verticaal. Speciaal bij dit type antenne is een eerste klas aarding een voorwaarde voor perfecte werking. Dit laatste kan geïllustreerd worden door het feit dat de antenne het op zee zeer goed 'doet'. Een proef met maar liefst 90 radialen van een halve golflengte als aardingsvlak gaf betere resultaten dan een op geringe hoogte opgestelde kwart golfstraler.

Er zijn behalve 'gewone' antennes ook antennes die feitelijk niet zijn bedoeld om 'radiosignalen' te ontvangen of uit te zenden. We hebben een systeem op het oog dat er toe dient 'storing' op te pikken en liefst niets anders. Een vreemde zaak, zo op het eerste gezicht. Maar we zullen zien dat het zo gek nog niet is. We bekijken daartoe afb. 1.14, een schematische weergave van een circuit dat tot doel heeft om direct aan de ingang van de ontvanger het stoorsignaal te elimineren.



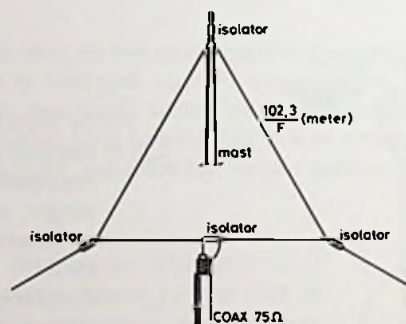
- C = ca 150 pF
- L<sub>1</sub> = kan deel uitmaken van het ingangscircuit van de ontvanger, anders: ca 10 wdg. op spoelvorm 8 mm Ø met kern
- L<sub>2</sub> = vastgekoppeld met L<sub>1</sub>, 20 wdg. met met midden-aftakking

Afb. 1.14: Bij hinderlijke lokale storing kan dit circuit een handje helpen om weer wat meer luistergenot te verwerven

De schakeling op zich is natuurlijk géén antenne, maar de werking van het geheel is in dit kader interessant genoeg om het eens wat nader te belichten. We zien dat er feitelijk twee antennes aan de ontvanger-ingang hangen. De ene is de gewone ontvangantenne, die behalve het gewenste signaal ook een hoeveelheid storing kan oppikken die bijvoorbeeld van het lichtnet afkomstig is. In stadsgebieden waar veel 'rommel' via het lichtnet wordt vervoerd, kan netstoring vaak een bron van hopeloze ellende zijn. Een tweede antenne die het beste kan worden uitgevoerd als een uitschuifbare spriet,

plaatsen we zodanig dat hij een forse hoeveelheid van deze netstoring opvangt. Het is nu de bedoeling om deze stoorsignalen zodanig aan de ontvanger toe te voeren dat ze de stoorsignalen, die van de 'hoofd'-antenne afkomstig zijn, tegenwerken. De werking van het in afb. 1.14 geschetste circuit berust op fase draaiing, het ene signaal heft het andere als het ware op. Nu is het zo dat het gewenste signaal door deze bewerking ook enigszins wordt verzwakt. Maar als we er voor zorgen dat de spriet dicht bij de storingsbron wordt opgesteld, kan hij 'kort' zijn en pikt verhoudingsgewijs ook maar weinig gewenst signaal op. Door met de lengte van de spriet te experimenteren en het circuit zorgvuldig in te stellen, zijn zeer goede resultaten te behalen. We moeten er van uitgaan dat we de storing als het ware uitbalanceren en het gewenste signaal zo min mogelijk verzwakken. Al met al een dankbaar object voor de geduldige amateur die nu eindelijk wel eens van zijn hobby wil genieten zonder het geratel en gebrom van allerlei huis-houdelijke apparatuur.

We nemen vervolgens een tweetal draad-antennes onder de loep. Het zijn in feite twee gelijkwaardige typen. Het verschil zit hem alleen maar in de wijze waarop ze worden opgesteld (zie afb. 1.15 en 1.16).



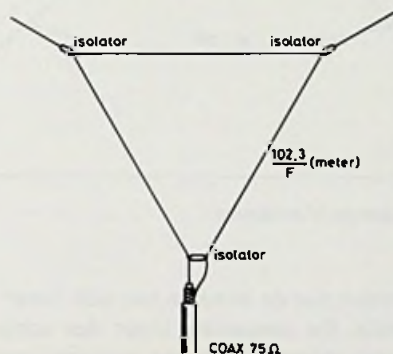
Afb. 1.15: 'Delta-loop'-antenne met het voedingspunt beneden op het rechte eind. De 'top' van de gelijkzijdige driehoek zit met behulp van een isolator in de mast

De driehoekige vorm is aanleiding geweest voor de naam die het beestje kreeg: de 'delta-loop'. We maken zo'n delta-loop door van draad een gelijkzijdige driehoek te spannen. Elke zijde is iets langer dan een derde golflengte. We kunnen die lengte voor elke frequentie vaststellen met de formule:

$$\frac{102,3}{\text{MHz}} \text{ meter}$$

Even een voorbeeld: elke zijde moet 722 cm lang zijn als de delta-loop een resonantiefrequentie dient te hebben van 14.170 kHz (= 14,17 MHz). De frequentie ligt in het midden van de twintig meterband en de totale draad-

lengte zal dan 21,66 m moeten bedragen. Spannen we de antenne uit volgens afb. 1.15 dan mag de bovenkant via een eenvoudig isolatortje aan de mast worden bevestigd. Als we symmetrisch voeden is de spanning op dat punt theoretisch nul. Maar omdat de impedantie aan het voedingspunt even boven de  $100 \Omega$  ligt, is aanpassing een lastige zaak. Daarom (en dat is veel eenvoudiger) kunnen we, zonder al te veel concessies te doen op het punt van resultaten, ook gewoon televisie-coax van  $75 \Omega$  aan de delta-loop knopen. Een goede isolator is dan echter in de top wel gewenst. Nog eenvoudiger is de opstelling van afb. 1.16, we hebben hierbij niet eens een mast nodig. Wel is het goed om er voor te waken dat de bovenste twee isolatoren niet kunnen 'verschuiven'. Ook hier is coax als voedingslijn een goede oplossing. Van beide antennes is de polarisatie horizontaal, het stralingspatroon is nagenoeg achtvormig, alhoewel er ook nog signaal overblijft in de spanrichting van de antenne. De minima zijn niet zo scherp.



Afb. 1.16: Ook deze Delta-loop heeft het voedingspunt beneden, er is echter geen mast nodig

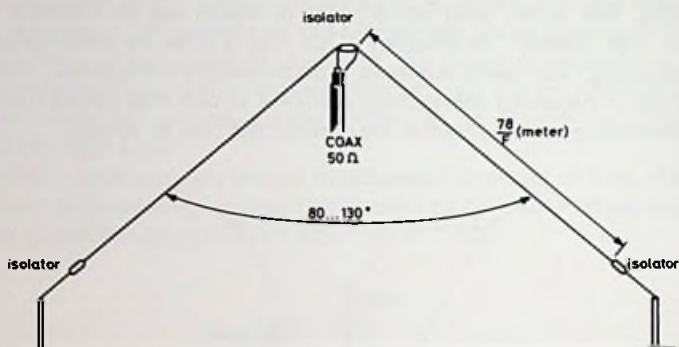
We hebben nog een antennetype in petto dat vrijwel overal 'past' en met weinig moeilijkheden kan worden verwezenlijkt. Vooral bij gewone rijtjeshuizen met voor- en achtertuin en de 'shack' op zolder komt de in afb. 1.17 getekende antenne, de 'omgekeerde V', goed tot zijn recht.

We hebben er slechts een kort 'mastje' op de schoorsteen of het zolderraam voor nodig. Dit dient als hoogste punt. Vanaf dat punt lopen twee draden naar beneden die elk iets langer zijn dan een kwart golflengte. We kunnen met de volgende formule voor elke gewenste resonantiefrequentie de lengte per draad bepalen:

$$\frac{78}{\text{MHz}} \text{ meter}$$

Het hangt van de hoogte van het steunpunt af of een omgekeerde V-antenne een haalbare kaart is. De lengte van voor- en achtertuin spelen eveneens een rol. In vele gevallen kunnen we een exemplaar voor 80 meter-werk wel kwijt.

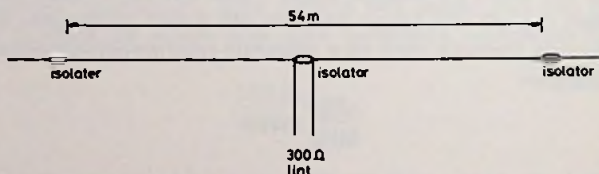
Mocht dat onmogelijk zijn dan moeten we ons beperken tot 7 MHz en hoger. De hoek welke de draden ten opzichte van elkaar vormen, kan variëren van 80 . . . 130°. Bij 120° is de impedantie van het voedingspunt 50 Ω. We kunnen er zonder bezwaar direct een coaxkabel mee verbinden. Voor de 10-, 15- en 20 meter kunnen we zelfs wel naar de dakgoten afspannen. Voor 40 en 80 zullen we gebruik moeten maken van ankerpunten op de grond of plaatsen korte stevige paaltjes in de tuin. De eventueel resterende lengte kunnen we via een goede isolator overbruggen met een stuk nylonkoord.



Afb. 1.17: Omgekeerde V-antenne

Opgemerkt moet worden dat de antenne het ook 'doet' op veelvouden van de resonantiefrequentie. De aanpassing klopt dan echter niet meer en we zullen de hulp moeten inroepen van een antenne-tuner, die de afwijking weer corrigeert. De polarisatie van de omgekeerde V is horizontaal, het stralingsdiagram is achtvormig.

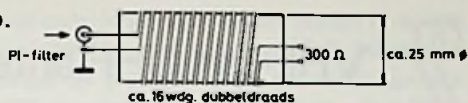
Om te besluiten een ouderwetse meerbandenantenne die een totale lengte heeft van maar liefst 54 meter! Het gevaarte wordt in het midden gevoed met gewone 300 Ω-lintlijn en doet het goed via een pi-filter-uitgang van een zender met tussenvoeging van een balun. De antenne is getekend in afb. 1.18a.



Afb. 1.18a: Draad-antenne voor 20, 40 en 80 meter. Voor gebruik op 10, 20 en 40 meter kunnen de afmetingen worden gehalveerd



De balun vinden we in afb. 1.18b.



**Afb. 1.18b:** Balun, voor de wikkeling kan bijvoorbeeld dun tweelingsnoer worden gebruikt

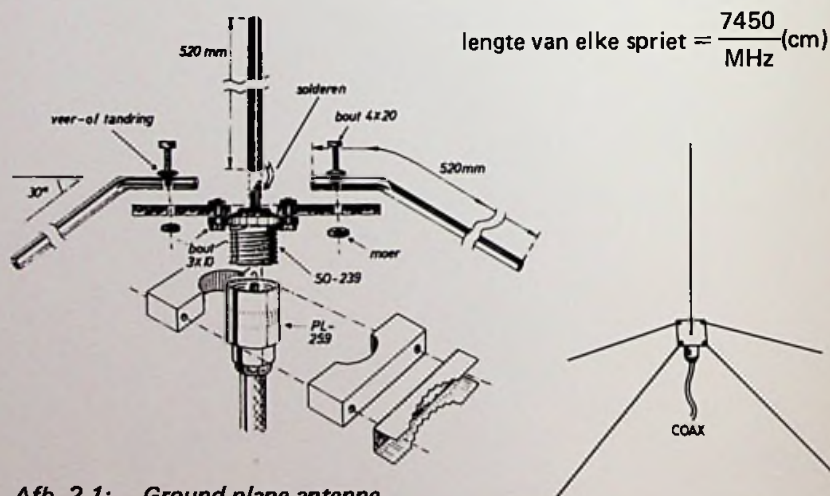
Eenvoudiger kan het haast niet en de resultaten zijn werkelijk uitstekend. De antenne is vrijwel rondom gevoelig met een geringe voorkeur haaks op de spanrichting. De polarisatie is horizontaal.

## 2 VHF- en UHF-antennes

Antennes voor VHF- en UHF-toepassingen zijn tegenwoordig voor betaalbare prijzen en in talloze vormen kant en klaar verkrijgbaar. Het in elkaar zetten levert meestal maar weinig problemen op en de markt biedt een uitgebreid assortiment voor zowel de beginnende als de veeleisende amateur. Een van de zaken die hierdoor wat op de achtergrond dreigen te geraken, is de zelfbouw. Een antenne voor twee meter is tenslotte sneller gekocht dan gemaakt, terwijl we dan gemakshalve maar even vergeten dat de prijs die we moeten betalen vaak erg hoog is, zeker in verhouding tot de materiaal-kosten . . .

Al met al is zelfbouw van VHF- en UHF-antennes beslist de moeite van het overwegen waard. De voldoening van een paar uur intensief knutselen plus het voordeel van de lage kostprijs is dikwijls zinvoller dan klakkeloos een fraai antennepark aanschaffen. Bovendien is er met betrekkelijk weinig materiaal en wat geduld veel te bereiken omdat de antennes voor de 'hoge frequenties' doorgaans een stuk kleiner zijn dan hun evenbeelden voor de gelijkstroombanden. Daarom nu een aantal antenne-typen voor zelfbouw die met enige gevoel en fantasie gemakkelijk zijn te construeren.

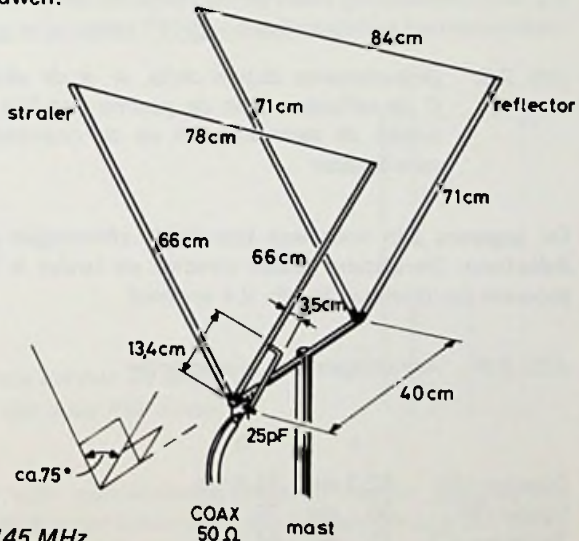
Een verticale antenne met radialen voor 144 MHz of hogere frequenties maken we van een vijftal dunne pijpjes van koper of aluminium. We kennen dit type als de 'groundplane' (afb. 2.1).



Afb. 2.1: Ground-plane antenne

De eenvoudigste manier waarop we zo'n antenne in elkaar zetten is de volgende. We zagen een plaatje aluminium uit van ongeveer 60 X 60 mm en boren in het midden daarvan een gat ter grootte van de gewenste aansluitplug. We kunnen daar een SO-239 chassisdeel voor gebruiken. Een BNC-connector gaat ook. Op de geïsoleerde middenpen bevestigen we één sprietje, terwijl ook op elk van de vier hoekpunten van het aluminiumplaatje een spriet wordt gemonteerd. Voor de bevestiging van de antenne aan de mast kunnen we vaak het beste de plug van de aansluitkabel inklemmen en daarna de gehele antenne er op draaien. De impedantie is  $50 \Omega$  en de stralingskarakteristiek is cirkelvormig. De polarisatie is verticaal.

Een antenne die we niet vaak tegen zullen komen, maar toch goede resultaten geeft, is de 'delta-loop-beam'. Voor amateurs die niet voor een beetje 'loodgieterswerk' op de loop gaan, is deze antenne een dankbaar object om de soldeerbout of de lastrafo warm te stoken. We zien in afb. 2.2 hoe we een en ander moeten opbouwen.

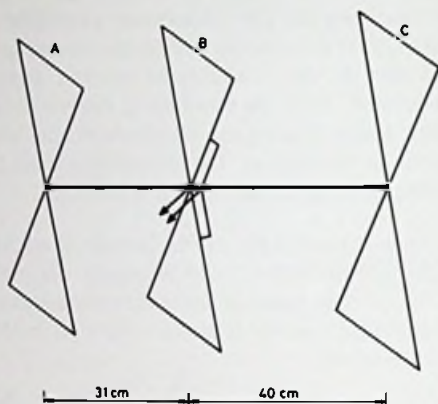


Afb. 2.2:  
Delta-loop-beam voor 145 MHz

We kunnen als bijzonderheid opmerken dat beide voetpunten van de driehoekige elementen op hetzelfde spanningsniveau staan. Isolatie is dus overbodig en we mogen dus letterlijk alles met de horizontale drager doorverbinden. Als we het horizontale topdeel van beide elementen uitvoeren als (stevige) draadverbindingen hebben we bovendien de mogelijkheid om de beam precies af te regelen, terwijl de constructie er nog lichter op wordt. De afmetingen zijn enigszins kritisch maar de rechtgeaarde doe-het-zelver weet daar wel raad op. De condensator, die tussen de 'gamma-match' en de coax-kern is opgenomen, moet een ruime plaatafstand hebben om vonkoverslag te voorkomen. Een gewoon trimmertje is beslist onvoldoende.

We kunnen het echter nog beter en mooier doen door de antenne van afb. 2.2

uit te breiden met zijn eigen 'spiegelbeeld' onder de drager en bovendien een gelijkvormig element als director er voor te zetten (zie afb. 2.3).



**Afb. 2.3:** Drie-element dubbel-delta, A is de director, B de straler en C de reflector. Ook de gamma-match is nu dubbel uitgevoerd, tussen de gamma-match en de coaxkern komt een variabele condensator

De gegevens zijn voor wat betreft de afmetingen gelijk aan de 'gewone' delta-loop. De afstand tussen director en straler is 31 cm. Verder zijn de gegevens per driehoek in afb. 2.4 vermeld.

**Afb. 2.4:** Afmetingen van de elementen

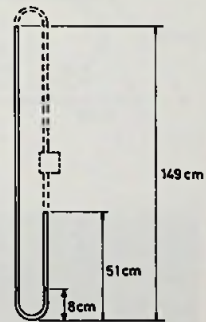
	a	b
Director (A)	62,3 cm	74,5 cm
Straler (B)	66 cm	78 cm
Reflector (C)	71 cm	84 cm



De condensator waarmee de antenne wordt afgestemd, komt in dit geval tussen de kern van de kabel en het 'knik-punt' van de dubbele gamma-match. Zowel de delta-loop met twee elementen als het dubbele exemplaar met de extra director zijn als zeventig centimeter-beam uit te voeren. We behoeven daartoe slechts de gegeven afmetingen door drie te delen en klaar is Kees. De zaak wordt nu zo klein dat we de antenne-elementen wel van stevig koperdraad kunnen fabriceren. Installatiedraad, waar we de isolatie vanaf

hebben gestroopt kan goede diensten bewijzen. Het is nu echter van het grootste belang nauwkeurig te werk te gaan. Een paar millimeter mis en de zaak zal niet goed functioneren. Als we een stukje messingpijp als drager gebruiken, is de antenne in een half uurtje in elkaar te zetten (dus een stevige soldeerbout . . . ).

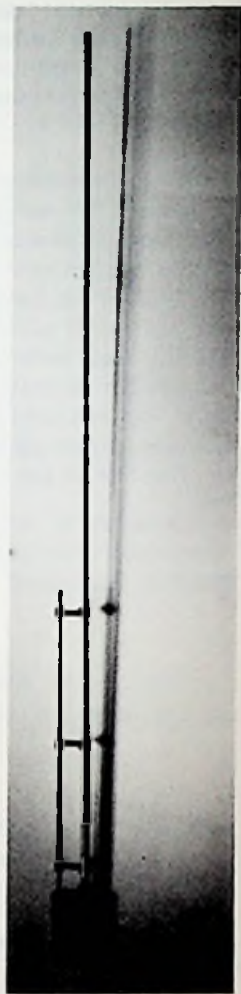
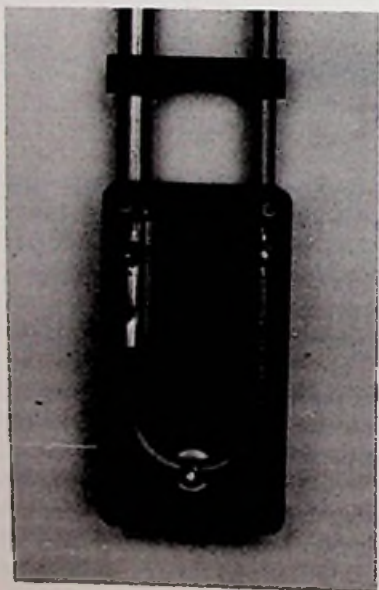
De 'fietspompantenne' wordt door heel wat amateurs met succes gebruikt. We moeten dan wel aan een stuk dik groen coax zien te komen of de boel opbouwen uit diverse dikten messingpijp (ja, ja . . . ). Doordat er boven op de coax nog een spriet moet worden gezet, is de antenne nog kwetsbaar óók. Een kraai of een baldadige duif heeft menige 'sper-top', zoals deze antenne ook wel wordt genoemd, een vroegtijdig einde bezorgd. Nu is zo'n geval eigenlijk niets anders dan een halve golfstraler die aan één uiteinde wordt gevoed. Om de juiste aanpassing ervan te bereiken, dient het stuk coax als 'stub'. Het kan ook anders. Een simpel stukje pijp, in een U-vorm gebogen, kan eveneens als aanpassing dienst doen voor de halve golfantenne. Afb. 2.5 laat zien hoe we van een afgedankte FM-dipool zo'n antenne kunnen maken.



*Afb. 2.5: Een J-antenne kunnen we eenvoudig maken van een oude FM-dipool*

De meeste dipolen die voor meer-elements-antennes worden gebruikt zijn ongeveer 1,50 m lang. We kunnen echter voor een habbekrats ook een eenvoudige dipool voor FM kopen. Die zijn meestal net iets langer en dat komt mooi uit. We gaan namelijk aan één kant de bocht er af zagen. Vervolgens maken we korte metten met het aansluitdoosje en tenslotte zagen we van de andere kant het resterende deel op de juiste lengte af. We hebben nu een langgerekte 'J' en de antenne is in feite klaar. De coaxkabel moet worden aangesloten op ongeveer 8 cm gerekend vanaf de bocht. De buitenmantel komt aan het korte been, de kern aan het lange. Dit geldt voor 50  $\Omega$ -kabel. Voor 75  $\Omega$ -aanpassing komt het voedingspunt op 10 cm boven de bocht. Nu is het zaak om onze antenne van een aansluitdoosje te voorzien. Er zijn in de handel een groot aantal plastic 'kastjes' te koop waaruit we met enige fantasie wel een fraai passend exemplaar kunnen kiezen. Een voorbeeld is te zien in afb. 2.7.

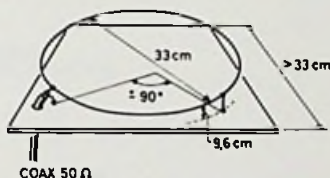
*Afb. 2.6: De J-antenne met aansluitdoosje*



*Afb. 2.7: Een blik in het aansluitdoosje, de schroef 'in de bocht' mag met massa worden doorverbonden*

Er worden in de korte zijkant een tweetal passende gaten geboord. De antenne wordt er doorheen gestoken, maar pas op dat op dát moment het kastje niet breekt! Vooraf werden er een drietal gaten in de aluminiumbuis geboord waarin de aansluitschroefjes en de bevestigingsbout zouden passen. Laatste handeling: een flinke dot twee-componentenlijm rondom de gaten in de bovenhoek en de bevestigingsbout (met een paar ringen voor de juiste afstand) in de bocht door de buis heen, moertje er achter en ziedaar: een fijne antenne, die uitmunt door zelfs zwakke signalen, die verticaal zijn gepolariseerd, moeiteloos uit de lucht te plukken. Als beste illustratie dat de antenne het ook puik doet voor QRP-enthousiastelingen: een verbinding met Schotland, die onder prima condities werd gemaakt, waarbij de zender slechts 0,1 W afgaf en de J-antenne gewoon uit het zolderraam op 10 m hoogte was gestoken. De afstand bedroeg 957 km hemelsbreed en vanuit Schotland werd een S3-rapport gegeven.

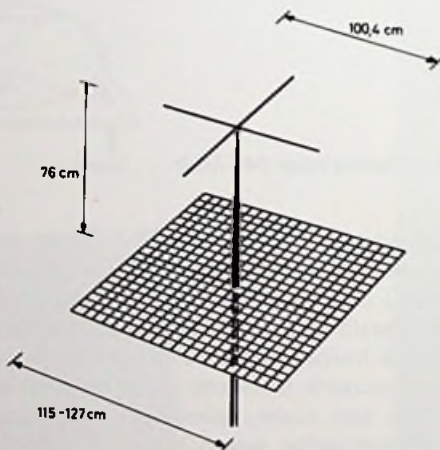
De hoepel-antenne van W6UYH is ook bruikbaar voor 145 MHz (zie afb. 1.12). Door een groep Italiaanse radio-amateurs is geëxperimenteerd in die richting en daar uit is een 2 meter-antenne ontstaan die is weergegeven in afb. 2.8.



Afb. 2.8: Hoepel-antenne voor 145 MHz

Op een vierkante grondplaat van minstens 33 X 33 cm monteren we in cirkelvorm een aantal geïsoleerde steuntjes van 9,6 cm hoogte. (In de tekening is dit niet aangegeven.) Daar bovenop komt een hoepeltje van 33 cm doorsnede dat we bijvoorbeeld van stevig koperdraad kunnen buigen. Op een willekeurig punt van de hoepel sluiten we de kern van de voedingskabel aan. De mantel wordt zo mogelijk loodrecht onder dit punt verbonden met de grondplaat. Deze kan van koper, aluminium of zink zijn gemaakt. Nu moeten we nóg een verbinding tussen hoepel en grondplaat aanbrengen. We maken hem van hetzelfde draad waarvan ook de hoepel is geconstrueerd. Waar de verbinding wordt gemaakt, is niet zo belangrijk. Hij mag in elk geval niet dichter dan 12 cm bij de coax komen en evenmin er recht tegenover. Experimenteel is vastgesteld dat een plaats op ongeveer een kwart van de cirkel het beste voldoet. De aanpassing is dan goed. De antenne is niet kritisch voor wat betreft zijn resonantie. De polarisatie is verticaal en bovendien is de antenne rondom gevoelig. Voor 70 cm-amateurs kan een dergelijke antenne zelfs dienst doen bij mobiel gebruik. De grondplaat behoeft maar 11 X 11 cm te zijn, de hoepel 11 cm in doorsnede en de afstand tussen de ring en de grondplaat bedraagt niet meer dan 3,2 cm. Overigens geldt voor beide antennes dat ze meer voor lokaal werk geschikt zijn dan voor echt DX-werk.

Amateurs, die het 'Oscar-gebeuren' willen volgen, richten hun antennes hemelwaarts. Jazeker, want zelfs vanuit de ruimte komen signalen. Wie of wat is Oscar dan wel? De benaming is gewoon het koosnaampje voor een heuse kunstmaan. De letters O-S-C-A-R vormen de afkorting van: Orbitting Satellite Carrying Amateur Radio-equipment, vertaald: een kunstmaan met radio-amateur-spul erin! En wát voor spul, een pracht van een ontvanger, een zender die zijn weerga nauwelijks kent en nog veel meer. Allemaal door radio-amateurs gemaakt, uitgekiend en tenslotte als vliegend relaisstation de ruimte in geschoten. En dan te bedenken dat er meer van deze satellieten rond de aarde draaien. Ze worden opgeroepen vanaf het ene eind van de aarde en geven het signaal door op een andere frequentie naar de andere kant. Het gehele gebeuren speelt zich af op de 10 meter-, de 2 meter- en de 70 centimeterbanden. De satellieten worden gevoed door zonnebatterijen en draaien vele malen per dag hun rondjes. Mogelijkheden te over dus en daarom besteden we hier aandacht aan een eenvoudige antenne voor het Oscar-werk. We gaan er vanuit dat de twee meter-versie het meest wordt gebruikt, ook door luisteramateurs. We zien een schets in afb. 2.9.

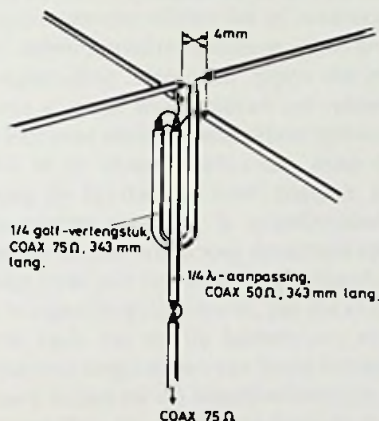


**Afb. 2.9:** Een kruisdipool met een reflectorvlak vormen een eenvoudige antenne voor de 'Oscar'-satelliet

De antenne is in feite een kruisdipool met daar onder een vlakke reflector. De beide helften van de kruisdipool worden via een verlengstuk  $90^\circ$  uit fase gevoed (afb. 2.10). Daardoor is de polarisatie circulair en is er minder last van 'fading' bij de ontvangst. Doordat de satelliet zich met grote snelheid beweegt, is de hoek waaronder we hem 'zien' telkens verschillend. De radiogolven móeten daardoor ook onder verschillende hoeken door de atmosfeer heendringen en dat resulteert in wisseling van polarisatie, signaalsterkte enz. De afstand waarop we het reflectorscherm vanaf de kruisdipool opstellen,



is bepalend voor de 'openingshoek' van de antenne. 76 cm is een goede keuze omdat de antenne dan vrijwel rondom gevoelig is. Is de satelliet op  $14^\circ$  boven de horizon, dan is de signaalsterkte van de antenne al maximaal. Nu iets over de constructie. We hebben vier staafjes aluminium of koper nodig van precies 50 cm lengte. Om plaats te vinden voor de coax-boel op het kruispunt doen we verstandig aan een stukje PVC-afvoerpijp (van een gootsteen o.i.d.) te kopen en er de vier sprietten in te bevestigen. Als we van tevoren de coax-draden op de juiste wijze hebben klaargemaakt, is het een eenvoudige zaak om de verbindingen te maken.



*Afb. 2.10: Zo bedraden we de kruisdipool. Het reflectordeel kan eventueel geheel geïsoleerd worden opgesteld*

Let er daarbij op dat in afb. 2.10 de beide helften van de kruisdipool niet op dezelfde hoogte zijn getekend, terwijl dit in werkelijkheid natuurlijk wél het geval is. De totale lengte van de coax-stukken die in de tekening zijn aangegeven, dienen te worden gemeten over de buitenmantel. De kern die daar dan nog buiten steekt dient in alle gevallen zo kort mogelijk te zijn. De reflector kunnen we ook zelf maken. Een raamwerk van metaal of dunne latjes en daar spannen we fijnmazig kippegaas op. Zie daarvoor een goede kwaliteit te krijgen, koperen horregas is het mooiste. Als we een houten raamwerk toepassen zitten we wel met een moeilijkheid die ook bij een metalen frame op den duur kan optreden. Door corrosie maken de draden van het gaas na enige tijd minder goed contact en dat kan tot allerlei vervelend gekraak of storingen leiden. We moeten dan óf nieuw gaas spannen óf om de zes centimeter het gaas doorsolderen op de diverse kruispunten. Sommige soorten kippegaas zijn gegalvaniseerd en hebben geen last van corrosie. 't Is maar een weet, nietwaar?

Tenslotte nog wat gegevens voor de 70 cm-versie. De dipoolstaafjes zijn 16,2 cm lang en komen weer met een spatie van 4 mm bij het voedingspunt

bij elkaar. De afstand tot het scherm bedraagt 25,6 cm terwijl het scherm dat als reflector dienst doet 40 cm in het vierkant is.

Als we de antenne in de mast zetten, moeten we er rekening mee houden dat er geen 'metaal' in de buurt van het deel tussen stralers en reflectorscherm zit; dat zou onze stralingskarakteristiek weer in de war sturen. Daarom kunnen we met voordeel onze PVC-pijp minstens zo'n lengte geven dat die 'onder' het scherm uitsteekt en pas daar op de mast wordt vastgezet. Afvoerpijp is meestal stevig genoeg dus het kan haast niet gemakkelijker. Als we zorgvuldig te werk gaan bij de opbouw van dit antennetype kunnen we er veel genoeg aan beleven.

## 3 Aanpassing tussen antenne en zender

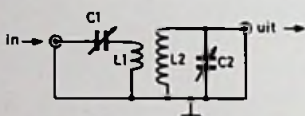
Tussen de zender of ontvanger en de antenne moet een verbinding bestaan en die verbinding kan tot stand worden gebracht met allerlei soorten kabel. Het hangt er maar van af, welke impedantie de zenderuitgang heeft. Hetzelfde geldt voor de antenne. Verder dienen we er rekening mee te houden dat er symmetrische en asymmetrische antennes zijn en bovendien zijn er antennes die spanningsvoeding vragen en typen die zijn ontworpen voor stroomvoeding. Al met al nogal wat factoren om rekening mee te houden. De prestaties van om het even welke zendamateurs zijn veelal niet afhankelijk van de spullen die hij in de 'shack' heeft staan, maar des te meer van zijn antennenpark en de zorg die hij daaraan heeft besteed. Een goed aangepaste antenne die met de nodige aandacht is uitgeknoobbeld, geeft doorgaans betere resultaten dan een in het wilde weg opgesteld fabrieksexemplaar dat 'zomaar' met een eindje coax aan de zender is geknoopt.

Nu is 'aanpassing' zo'n ingewikkelde materie, dat we er in dit hoofdstuk niet aan toekomen om de zaak tot op de bodem om te spitten. Er komen formules aan te pas die veel weg hebben van Sanskriet en om alle energie die onze zender produceert netjes bij de antenneklemmen te laten arriveren is geen eenvoudige kwestie. Pas als aan de voorwaarde is voldaan dat de verbindingkabel aan beide uiteinden wordt afgesloten met een impedantie die gelijk is aan de karakteristieke kabelimpedantie, is het verlies in de kabel zo klein mogelijk. Dat dit in vele gevallen niet mogelijk is, levert de eerste moeilijkheid op. Wel moeten we er naar streven aan de zender- of ontvangerzijde van de kabel misaanpassing te vermijden. Dat is gelukkig op enkele manieren te verwezenlijken zoals we verderop zullen zien. Aan de antennezijde moeten we rekening houden met het feit dat we niet altijd een resonerende antenne hebben die een ohmse weerstand vertegenwoordigt. Buiten de resonantiefrequentie gedraagt een antenne zich anders, 'past niet meer aan' op de kabel. En alsof we aan al die zorgen nog niet genoeg hebben, krijgen we ook nog te maken met kabel-demping, die vooral voor hoge frequenties een rol gaat spelen.

Toch zijn er voor al die moeilijkheden wel oplossingen bedacht, zij het ook dat dit wel eens wat extra grijze haren heeft gekost. We bekijken in dit hoofdstuk een aantal zaken die door radio-amateurs zijn uitgedacht en die er speciaal op zijn gericht om zend- en ontvangapparatuur goed aan te passen op de antenne of omgekeerd. We beginnen met een aanpassingseenheid voor de 'bob-tail' van afb. 1.2. We zien hem schematisch weergegeven in afb. 3.1. Zoals reeds in de bespreking van de bob-tail is gesteld, heeft deze antenne spanningsvoeding nodig; hij gedraagt zich hoogohmig. Willen we hem aan

een moderne zender knopen die voorzien is van een  $50 \Omega$ -coax aansluiting, dan zou de zaak niet kloppen. We sturen nu het laagohmige zendersignaal in de aanpassingseenheid via een stuk coaxkabel. De ingangskring  $L_1$ - $C_1$  is laagohmig en omdat de spoel inductief gekoppeld is met  $L_2$  wordt het signaal 'opgetransformeerd' en met  $C_2$  uitgestemd. De combinatie van  $L_2$  en  $C_2$  gedraagt zich hoogohmig. De parallelkring past aan op de middendraad van de bob-tail. Wel moeten we er voor zorgen dat er wordt voorzien in een goede aardverbinding. We stellen de aanpassingseenheid buiten op, en omdat de bob-tail in principe slechts voor één band geschikt is, kan volstaan worden met een éénmalige afregeling van  $C_1$  en  $C_2$ . Als we werkelijk het onderste uit de kan willen halen, zullen we voor elke werkfrequentie even naar buiten moeten om de aanpassingseenheid bij te regelen.

**Afb. 3.1:** *Aanpassingseenheid voor de bob-tail*



	80 m	40 m	20 m
$C_1$	1000 pF	500 pF	250 pF
$C_2$	1000 pF	300 pF	150 pF
$L_1$	5 wdg	3 wdg	2 wdg (63 mm $\emptyset$ )
$L_2$	20 wdg	10 wdg	5 wdg (63 mm $\emptyset$ )

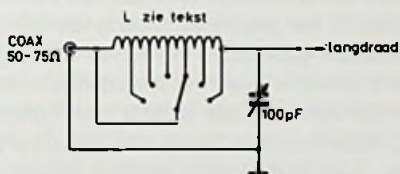
Een verticale straler van 13,60 m lengte die oorspronkelijk bedoeld is als 5/8 golfantenne voor de 14 MHz-band en daar een juiste aanpassing heeft, kan ook uitstekende diensten bewijzen op 7 MHz en 3,5 MHz mits we rekening houden met een andere aanpassing op die frequenties. Bij verticale antennes spelen bovendien ook nog andere factoren een rol. De 'aardweerstand' maakt ook tot op zekere hoogte de dienst uit. Reden genoeg om een aanpassingseenheid te construeren waarmee we alle kanten op kunnen. We bekijken afb. 3.2, en zien een tweetal variabele condensatoren en een spoel met aftakkingen. Alles is regelbaar. De spoel wordt gewikkeld op een stevige spoelvorm van ongeveer 25 mm doorsnede. We leggen minstens 45 windingen geëmailleerd koperdraad om de vorm en we maken een aantal aftakkingen. Als we een stevige keramische draaischakelaar met bijvoorbeeld twaalf standen ter beschikking hebben, kunnen we de taps om de vier windingen aanbrengen. Het is raadzaam het gehele pi-filter in een ruime metalen behuizing te monteren en tussen de straler en de radialen op te nemen.



**Afb. 3.2:** *Een achterstevoren geschakeld Pi-filter kan goede diensten bewijzen om een straler aan te passen op lagere frequenties*

Omdat bij het omschakelen naar een andere band ook de instelling van het filter moet worden gewijzigd, is de schakeling wellicht het meest interessant voor amateurs die op de begane grond huizen en de antenne dicht bij de shack kunnen opstellen.

De goede oude langdraadantenne was vroeger een gewoon ding. Elke radio had er één nodig en pas in de jaren vijftig gingen ferritiantennes de plaats van de langdraad overnemen. Voor radio-amateurs, die nu eenmaal graag experimenteren, is de langdraad echter nog steeds een goede bekende. De lage kostprijs en de goede resultaten zijn er de oorzaak van dat de langdraad nog steeds wordt toegepast. Hij heeft een stralingsweerstand van ongeveer  $600 \Omega$  en dat maakt impedantietransformatie noodzakelijk. Als we uitgaan van een slordige veertig meter lengte voor de langdraad, waarbij we het naar beneden lopende deel van de draad meerekenen kunnen we met succes de L-C-combinatie van afb. 3.3 tussen de zender en de antenne toepassen.



Afb. 3.3: L-netwerk voor aanpassing van een langdraad aan laagohmige zenderuitgangen

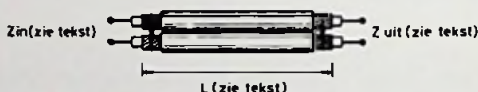
De condensator van  $100 \text{ pF}$  moet een forse plaatafstand hebben als we met 'vermogen' werken. De spoel wordt gewikkeld op een vorm van ongeveer  $2,5 \text{ cm}$  doorsnede en heeft 32 windingen die gespatieerd worden gewikkeld met  $1 \text{ mm}$  (blank) koperdraad. Met behulp van de griddipmeter kunnen we nu een aantal aftakkingen uitpuzzelen die met de aangesloten antenne en een passende dummyload aan de coax-ingang kunnen worden verbonden via een meerstandenschakelaar. De dip die aangeeft dat de zaak 'energie opneemt' komt op meer plaatsen voor en daarom zou een echte rolspoel hier de voorkeur hebben. Maar die zijn niet altijd in de gewenste afmetingen verkrijgbaar en omschakelen voor elke amateurband is eigenlijk wel zo gemakkelijk.

Het probleem dat we tegenkomen met meer-elements yagi's is vaak dat de impedantie van de straler door de parasitaire elementen wordt beïnvloed. Veelal daalt de stralingsweerstand in het voedingspunt tot een onmogelijk lage waarde en kunnen we geen passende tweedraadslijn of coaxkabel bemachtigen. Een dipool waar een director en reflector op korte afstand zitten, heeft al snel een stralingsweerstand van  $30 \dots 40 \Omega$ . En dan zitten we met de gebakken peren, zeker als we voeden met twinkabel van  $300 \Omega$ .

Afb. 3.4 biedt een mogelijke oplossing voor het probleem. Uitgaande van 300  $\Omega$ -lintkabel kunnen we met een tweetal stukken coax van gelijke lengte de aanpassing tot stand brengen. Een Franse zendamateur, F2AI bedacht deze truc en het aardige is dat we deze dubbele coaxstub ook kunnen gebruiken in combinatie met andere aanpassingseenheden. Door verschillende 'soorten' coax te nemen is het zelfs mogelijk om meer uitgangsimpedanties te verwezenlijken. De lengte, gemeten over de buitenmantel, is eenvoudig te berekenen met de formule:

$$\text{lengte} = \frac{50,7}{\text{MHz}} \text{ (meter) of lengte} = \frac{5070}{\text{MHz}} \text{ (centimeter)}$$

Er is hierbij van uitgegaan dat de verkortingsfactor van gewone coaxkabel gelijk is aan 0,66. Deze factor is reeds in de formule verwerkt. Verder moet worden opgemerkt, dat de onafgeschermd stukjes binnenader zo kort mogelijk dienen te zijn. Willen we transformeren van 300  $\Omega$  naar bijvoorbeeld 35  $\Omega$ , dan passen we twee stukken coax toe van het type RG-8-U of een andere 50  $\Omega$ -kabel. Is de gewenste impedantie 50  $\Omega$  dan kunnen we gewoon 60  $\Omega$  televisiecoax gebruiken. Komt de uitgangsimpedantie in de richting van 75  $\Omega$  dan kunnen we voor de impedantietrafo twee einden coax van 75  $\Omega$  gebruiken. Er zijn nog wel andere mogelijkheden om hetzelfde resultaat te bereiken, maar daar komen we straks nog op terug. In de opstelling zoals die in afb. 3.4 is geschetst, worden alleen de mantels van de gebruikte stukken coaxkabel aan de uiteinden met elkaar doorverbonden.



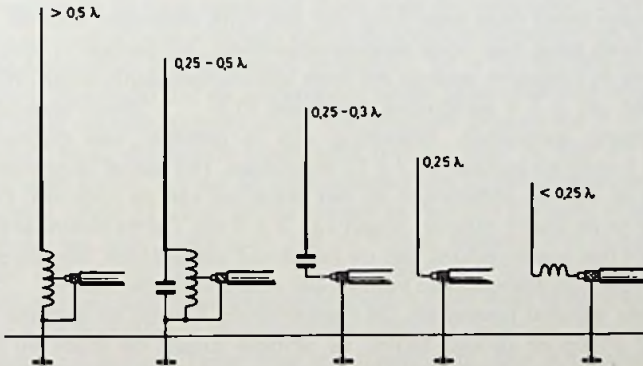
Afb. 3.4: Impedantie-tranformator (naar een idee van F 2 AI)

Op deze wijze kunnen we toch op een eenvoudige manier een symmetrische antenne met een lage impedantie voeden met het goedkope 300  $\Omega$ -lintlijn. Opgemerkt moet worden dat we de geschetste impedantietrafo voor zeer uiteenlopende frequentiegebieden kunnen construeren. Zowel voor de gelijkstroombanden als voor VHF- en UHF-werk is hij bruikbaar. Met uitzondering van de 10-meterband, die op zich vrij breed is (28 . . . 29,7 MHz) kunnen we er van op aan dat eventuele misaanpassing aan de uiteinden van van een bepaalde amateurband onmeetbaar klein is.

Voor we verder gaan met het uitvogelen van nog meer aanpassingsperikelen even aandacht voor het feit dat we ook wel eens te maken zullen hebben met antennes, die ogenschijnlijk helemaal niet voor een ons passend frequentiegebied zijn gedimensioneerd. Ze hebben een geheel andere resonantiefrequentie en we kunnen er zo op het eerste gezicht niets mee. Als we ons nu beperken tot verticale stralers die aan het voetpunt worden aangestuurd,

is er meestal wel een mogelijkheid om de antenne toch op de in afb. 3.5 aangegeven manieren aan te passen. Met behulp van spoel en/of condensator kunnen we veel doen als de antenne korter of langer is dan de vereiste  $\frac{1}{4}$ -golf-lengte.

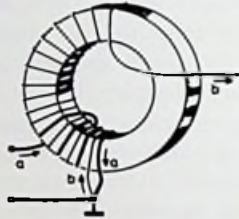
Een van de belangrijkste regels waaraan we ons moeten houden is onder alle omstandigheden de volgende: een antenne hoeft niet te resoneren op de door ons gekozen frequentie, maar hij moet wel worden aangepast. Het duidelijkste wordt dat, als we in afb. 3.5 de antennes bekijken die iets langer resp. iets korter zijn dan  $0,25 \lambda$ . Een te lange antenne gedraagt zich inductief d.w.z. bij hogere frequenties neemt de impedantie nog verder toe. Om dit effect te niet te doen, wordt een condensator opgenomen bij het voedingspunt. Omgekeerd is een wat te korte antenne ook niet resonant. Hier gedraagt de straler zich capacitief, de impedantie wordt lager als de frequentie te laag is. Omwille van de aanpassing wordt nu een spoel in de voedingslijn opgenomen. Zo eenvoudig als hier geschetst, is het eigenlijk niet; er zijn nog meer factoren die een rol spelen. In feite is het zo, dat elke antenne, kort of lang, een inductief en een capacitief gedrag vertoont. Alleen bij de resonantiefrequentie heffen deze twee elkaar op en gedraagt de antenne zich als een ohmse weerstand. Buiten de resonantiefrequentie is zoals gezegd een extra tussenschakeling nodig. Juiste waarden voor spoel en condensator hangen af van een groot aantal factoren zoals stralerlengte, werkfrequentie, de gebruikte coaxkabel en zo meer.



Afb. 3.5: Verticale stralers die bij het voetpunt worden aangestuurd kunnen naar gelang hun lengte op verschillende manieren worden aangepast

Dan storten we ons nu weer op de aanpassing, daar waren we nog niet over uitgepraat. De moeilijkheid is vaak dat een aanpassingseenheid maar een beperkte bandbreedte heeft. Voor één amateurband kan de zaak nog wel vast ingesteld blijven maar als we een meer-banden-antenne tot onze be-

schikking hebben, wordt het een lastige zaak. In de tweede plaats zit de aanpassingseenheid meestal in de buurt van de antenne zelf en als die ergens hoog in de mast zit, wordt het een lastig akkefietje om telkens 'even' de zaak opnieuw in te stellen. Gelukkig bestaan er nog breedband-trafo's die voor een uitgestrekt frequentiegebied dienst kunnen doen. In afb. 3.6a is een exemplaar getekend dat geschikt is voor een zogenaamde 'Beverage-antenne'. Een Beverage is een langdraad in optima forma en kan wel meer dan 100 m lang zijn. Hij wordt uitgespannen op een hoogte van 10 ... 12 m, aan één uiteinde gevoed en aan het andere einde met een inductie-vrije weerstand van pakweg 500  $\Omega$  via een verticale draad naar aarde afgesloten.

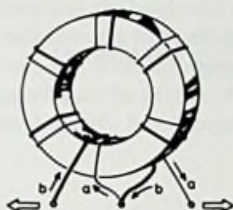


*Afb. 3.6a: Ringkerntrafo voor 3 ... 30 MHz bedoeld voor aanpassing van een 'langdraad'-antenne op een (laagohmige) zender*

Voor zenden moet deze weerstand wel een flink vermogen kunnen verwerken. Nu even terug naar onze aanpassingseenheid. Hij bestaat in feite uit een ferrietkern in ringvorm waarop we twee wikkelingen aanbrengen. Wikkeling a-a bestaat uit 3 à 4 windingen dik draad (1,5 ... 2mm) waarop we de zenderuitgang aansluiten. Wikkeling b-b is gemaakt van dunner draad (0,8 ... 1 mm) en bestaat uit 7 à 12 windingen. Het aantal windingen hangt enigszins af van de afmetingen en het materiaal van de ringkern. De doorsnede zal in de buurt moeten liggen van 3 à 4 cm. Op de secundaire wikkeling wordt het voedingspunt van de langdraad aangesloten. Met de gegevens zoals die hier zijn weergegeven kunnen alle amateurbanden van 3,5 ... 28 MHz in één keer worden bestreken. De ringkerntrafo kan bij de antenne worden opgesteld (hoog en droog) terwijl de afstand tussen de shack en het voedingspunt met coaxkabel kan worden overbrugd. Alhoewel in de tekening niet als zodanig aangegeven, is het van groot belang de wikkelingen over de hele ringkern te verdelen, er gaat dan zo min mogelijk energie aan strooivelden verloren. Een ringkern is ook als balun te benutten. In afb. 3.6b zien we daar een voorbeeld van. We wikkelen nu met twee draden tegelijk en leggen 6 à 10 windingen netjes verdeeld over de wikkeldruimte. Vervolgens verbinden we het 'begin' van wikkeling a-a met het 'eind' van wikkeling b-b. Dit knooppunt vormt de massa-aansluiting voor de toevoercoax. Aan één van beide losse draden komt de kern en tussen het begin van wikkeling b en het eind van wikkeling a hebben we een keurig gebalanceerd signaal ter



beschikking waarop we bijvoorbeeld een gevouwen dipool kunnen aansluiten met een stralingsweerstand van  $300 \Omega$ . Behalve balanceren, transformeert deze balun ook de impedantie naar omhoog met een factor 4. En dat is natuurlijk een aardig gegeven. Deze breedbandbalun kan elk antennesysteem dat normaliter wordt gevoed met  $300 \Omega$  lintlijn omzetten naar coaxvoeding. Het frequentiegebied strekt zich uit van ongeveer 3 tot 30 MHz en zou dat voor ons doel nog niet voldoende zijn dan kunnen we nog wat schakelen met het aantal windingen.



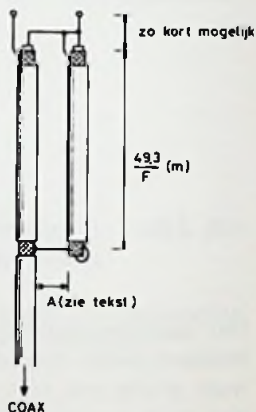
Afb. 3.6b: Ringkernbalun voor 3 . . . 30 Mhz die bestemd is om  $300 \Omega$  symmetrisch om te zetten naar  $75 \Omega$  coax-kabel

Het radio-amateurisme is een 'dure' hobby. Je moet alleen al een paar honderd gulden neertellen voor een antenne . . . . Dergelijke verzuchtingen hoor je nog wel eens uit de mond van belangstellenden als ze een kijkje komen nemen in de fraai ingerichte shack waar chroomlijsten, zilverkleurige knoppen en met groene kronkels versierde oscilloscoopschermen hun nietszeggende boodschap aan de wereld prijsgeven. Of is het bij ons in de shack ook al zo'n puinhoop dat de soldeerbout onder generaties lang opgespaarde rommel moet worden gezocht als er toevallig een draadje los is in moeders haardroger? Nou, die hobby hoeft echt niet zo duur te zijn en antennes kópen is geen kunst. Als we nu eens gewoon een dipool uitspannen van het goedkoopste draad of snoer en we zorgen er voor dat die goed is aangepast, dan kunnen we best leuke uren aan de hobby beleven. Het is namelijk al lang geen onbekende zaak meer, dat de aandachtige luisteraar of de geduldige zendamateur met de eenvoudigste spullen meer weet te bereiken dan de van ongeduld trappelende dikdoener die wel eens 'eventjes' een fors signaal in de lucht zal zetten. Terug naar de draaddipool. Die is symmetrisch en heeft een stralingsweerstand van ongeveer  $73 \Omega$ . We zouden er zonder al te veel bezwaar direct een coaxkabel van  $75 \Omega$  aan kunnen knopen, maar het kan mooier. In afb. 3.7 zien we een symmetreer-inrichting die bekend staat onder de fraaie naam 'bazooka'.

We kunnen hem geheel opbouwen van één en dezelfde soort coaxkabel en voor de draaddipool gebruiken we dan ook gewoon  $75 \Omega$ -televisiecoax. Als we de hoofdkabel (links) hebben aangesneden meten we vanaf de afscherming de juiste afstand naar beneden en verwijderen op die plaats de isolatie over enkele millimeters, zodat we de mantel zien zitten. Vervolgens

nemen we een tweede stuk coax dat we eerst weer aan het antenne-eind aansnijden en vervolgens een beetje langer dan de vereiste lengte afknippen. Aan beide zijden wordt de mantel met de binnenkern doorverbonden en dit dient zo kort mogelijk te geschieden. Tenslotte leggen we een korte verbinding tussen de onderkant van het extra stuk en de mantel van de hoofdkabel; we gebruiken hiervoor dik draad. De verbindingen tussen hoofdkabel en kortgesloten hulpstuk aan antennezijde zijn vanuit de tekening duidelijk. Wel moeten deze verbindingen zo kort mogelijk zijn. De lengte van de bazooka is te berekenen met de formule:

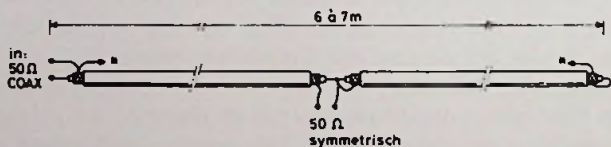
$$\text{lengte} = \frac{49,3}{\text{MHz}} \text{ (meter) of: } \frac{4930}{\text{MHz}} \text{ (centimeter)}$$



**Afb. 3.7:** 'Bazooka', een symmetreer-inrichting waarbij de impedantie gelijk blijft

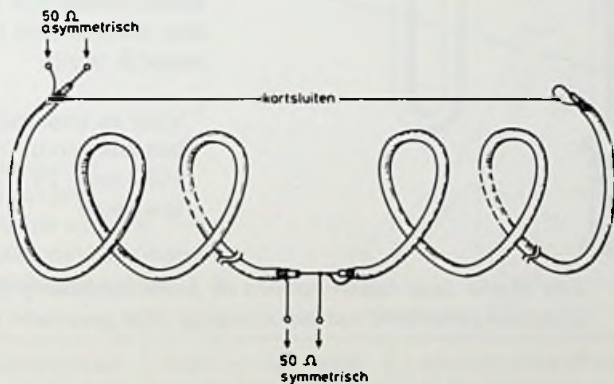
De afstand A dient voor frequenties tot 15 MHz ongeveer 3 cm te bedragen, daarboven ongeveer 2 cm, terwijl voor VHF-werk boven 144 MHz 1 cm tussenruimte meestal voldoende is. Een groot nadeel van een dergelijke eenvoudige balun is het feit dat er slechts op één amateurband mee kan worden gewerkt. Met wat geduld en met een meter of zes à zeven 50 Ω-coax kunnen we een variatie op de bazooka maken die wél breedbandig is. Hoe doen we dat? Daartoe bekijken we afb. 3.8a.

Eerst bepalen we het midden van de beschikbare lengte en snijden op dat punt de isolatie, de mantel en de binnenisolatie door. De kern laten we heel



**Afb. 3.8a:** Dit is een schematische voorstelling van een breedbandbalun. In opgerolde toestand dient een kortsluiting te worden aangebracht tussen de punten die met een sterretje zijn gemerkt

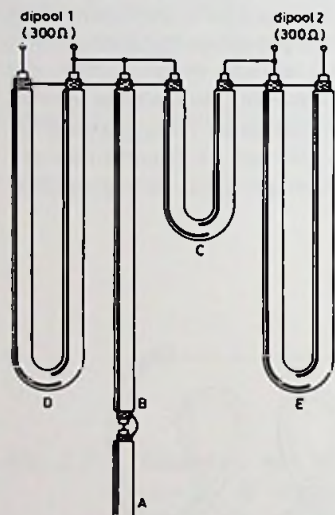
en deze procedure vergt een hoge mate van voorzichtigheid. We kunnen het beste eerst op een paar afvalstukjes oefenen, voor we het mes in een stuk van zes meter zetten. Aan weerszijden van de blanke binnenader moeten we ook de mantel een stukje blootleggen. Vervolgens snijden we beide uiteinden aan en zorgen er voor dat de kabel in het midden niet breekt. Hebben we dit gedaan dan kunnen we van één helft de binnenader met de mantel verbinden, zowel aan het uiteinde, als ook in het midden. Nu moeten we het gehele eind kabel op een plastic buis van ongeveer 15 . . . 18 cm buitendiameter wikkelen. De windingen komen strak naast en tegen elkaar te liggen en ook hier moeten we weer oppassen dat de boel niet afbreekt in het midden. Als alles goed gegaan is en we nauwkeurig hebben gewerkt, zullen de uiteinden symmetrisch ten opzichte van het middelpunt zitten en nu is het zaak de beide uiteinden op onze koker vast te zetten. Als het zo uitkomt kan een paar cm 'vrijhangend' geen kwaad; het vergemakkelijkt de aansluiting.



Afb. 3.8b: Zo zal ongeveer de balun er uit zien als hij op de koker is gewikkeld

Tussen het eind waarvan de mantel en kern reeds zijn kortgesloten en de afscherming van het andere eind, solderen we een stevige draad. We kunnen de eventueel vrijhangende stukken wel wat naar elkaar toe buigen zodat deze draadverbinding kort kan zijn. Deze verbinding en de kern van het vrijhangende stuk vormen de aansluitpunten voor de voedingskabel die weer een impedantie dient te hebben van 50 Ω. Tenslotte kunnen we de (symmetrische) antenne aansluiten op het midden, waarbij de kern en de nog open hangende afscherming de verbindingpunten vormen. We doen er met een knots als deze balun verstandig aan om stevig antennedraad te gebruiken. Er komt tenslotte nogal wat gewicht aan te hangen en bovendien moeten we de hele zaak nog waterdicht maken. Al met al een dankbaar ontwerp om onze knutseldrift op uit te leven, dat wel.

Als we intensief naar de twee meter-band luisteren of er zelf op werken, komen we regelmatig amateurs tegen die kruis-yagi's gebruiken. Meestal horizontaal of verticaal gepolariseerd en een enkele keer valt de opmerking dat de polarisatie circulair is. Hoe boks je dat nu weer voor elkaar? In afb. 3.9 zien we hoe er met behulp van wat stukjes coax een eenvoudige oplossing is verwezenlijkt.



- A = 75 Ω - toevoerkabel
- B = 341 mm - 50 Ω coax
- \* C = 341 mm - 75 Ω coax
- D = 682 mm - 75 Ω coax
- E = 682 mm - 75 Ω coax

De lengten zijn gemeten over de buitenmantel, het niet-afgeschermd stuk binnenader dient telkens zo kort mogelijk te zijn

- \* Voor vertragsingslijn 'C' kan ook gebruikt worden: 1032 mm - 75 Ω coax (zie tekst)

Afb. 3.9: Een drietal coax-lussen kunnen de juiste aanpassing geven voor circulaire polarisatie van een kruis-yagi (met gevouwen dipolen)

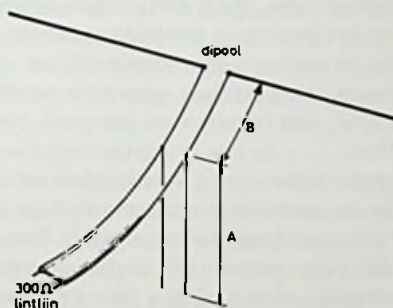
We kunnen nog opmerken dat er geen enkel bezwaar is tegen het oprollen van de verschillende lussen; het staat zelfs een stuk netter. Wat is nu het voordeel van circulaire polarisatie? Een winstpunt is zonder twijfel dat we af zijn van het veelvuldig omschakelen. Een circulair gepolariseerde antenne levert weliswaar minder signaal af dan een horizontaal of verticaal gepolariseerde dat aljéén zou doen, maar toch kan er sprake zijn van winst. Bij DX-verbindingen of bij het werken via Oscar-satellieten kunnen allerlei polarisatie-verdraaiingen optreden en daar trekt een circulair gepolariseerde antenne zich niets van aan. Door de 'vertragsingslijn' (C in de afbeelding) te verlengen tot driekwart golflengte kunnen we 'andersom' circulair polariseren en dat kan nog wel eens wat extra winst opleveren.

Tenslotte nog iets over kabelstubs. We komen ze wel eens tegen als we een antenne moeten aansluiten op een voedingslijn die een afwijkende impedantie heeft. De stub bestaat meestal uit een stuk voedingslijn dat parallel op de toevoerkabel wordt aangesloten in de buurt van de antenne. Schematisch is dit voorgesteld in afb. 3.10. We kennen open en gesloten stubs. De eerste wordt over het algemeen het meest toegepast en wel als de antenne-

impedantie lager is dan de karakteristieke kabelimpedantie. De gesloten stub, die we bijvoorbeeld aantreffen bij de 'cubical quad', kan dienen om een lage kabelimpedantie aan te passen op de hoge stralingsweerstand van een antenne. Tevens kan het afregelen van allerlei antenne-elementen (zoals de reflector van de quad) met zo'n gesloten stub aanzienlijk worden vereenvoudigd. De lengte van een stub is van een aantal factoren afhankelijk. De afstand tussen de plaats van de stub en de antenne eveneens. Bij een open stub, zoals die is getekend in afb. 3.10, speelt de verhouding tussen kabelimpedantie en stralingsweerstand van de antenne de hoofdrol. Bovendien moeten we er rekening mee houden dat elk soort kabel zijn eigen verkortingsfactor heeft. Als we met al deze toestanden rekening houden kunnen we voor gewoon lintkabel wel een tabelletje maken waarin we een idee geven omtrent lengte van de stub (A) en afstand tussen aansluitpunt van de stub en de antenne (B).

Afb. 3.10:

*Een open stub voor aanpassing van een laag-impedantie antenne aan een kabel met een hogere karakteristieke impedantie*



Bij 300 Ω-lintlijn en antenne-impedantie:	heeft de open stub een lengte van: (A)	en is de afstand van de antenne tot de stub: (B)
150 Ω	$\frac{2328}{\text{MHz}}$ cm	$\frac{2328}{\text{MHz}}$ cm
100 Ω	$\frac{3432}{\text{MHz}}$ cm	$\frac{2083}{\text{MHz}}$ cm
75 Ω	$\frac{3800}{\text{MHz}}$ cm	$\frac{1838}{\text{MHz}}$ cm

Nog een laatste tip. Als we op zoek zijn naar 75 Ω-lintlijn zullen we niet gemakkelijk slagen. Géén nood, we kunnen in elke 'elektra-winkel' een produkt bemachtigen dat de gepatenteerde merknaam 'tweelingsnoer' draagt. Als de doorsnede per ader niet te dun is ten opzichte van de hart-op-hart afstand, dan zit de zaak goed en mogen we aannemen dat we tweelingsnoer kunnen gebruiken als 75 Ω-voedingslijn.

# 4

## Hulpapparatuur

### 4.1 De universeelmeter

Een van de meest vanzelfsprekende hulpmiddelen voor de zendamateur is de gewone universeelmeter. Zonder zo'n ding kun je eigenlijk niks beginnen. De veelgebruikte kreet: 'meten is weten', geldt in ieder geval voor elke elektronica-doe-het-zelver en voor de zendamateur in het bijzonder. Als er iets aan de hand is met onze spullen, er werkt iets niet, of een bepaald apparaat heeft 'kuren', dan is de universeelmeter eigenlijk het eerste, waar we naar grijpen. Nu is een defecte zekering, mits niet met zand gevuld, nog wel op het gezicht te controleren. Maar een condensator die lekt is meestal aan de buitenkant een voorbeeld van blakende welstand. Kortom, als we de beschikking hebben over zo'n handig en veelzijdig ding als de universeelmeter, dan beseffen we pas goed, dat we eigenlijk niet meer zonder kunnen. Maar . . . de ene universeelmeter is de andere niet. Er zijn zoveel verschillende typen, zo'n verscheidenheid in mogelijkheden en specificaties, dat de op zoek zijnde amateur, die zo'n universeel meetgeval wil aanschaffen, de haren wel haast te berge rijzen. Om te beginnen kan de ene meter dit wel en dat niet, terwijl een ander exemplaar die zelfde mogelijkheden in zich verenigt, maar wel drie keer zo duur is als de eerste. Het is natuurlijk geen kunst om maar gelijk met geld te gaan smijten en een prachtig 'doosje met knop en wijzer' aan onze collectie toe te voegen. De vraag is echter of we zo'n dikke portemonnee hebben, dat we inderdaad maar met geld kunnen smijten. In de meeste gevallen besteden we ons geld liever aan andere zaken en hebben we op onze amateur-begroting slechts een bescheiden bedrag vermeld voor de benodigde hulpapparatuur.

We gaan een paar zaken op een rijtje zetten. Wat betekent die 'gevoeligheid' die uitgedrukt wordt in zoveel kilo-ohm per volt? En wat voor belang moeten we hechten aan bijvoorbeeld een hele vracht meetbereiken? En hoe moeten we de verhouding prijs-kwaliteit beoordelen? En last-but-not-least, wat kunnen we allemaal met zo'n universeelmeter doen, wat zijn de mogelijkheden? Allemaal vragen, waarop we in dit hoofdstuk wat verder zullen ingaan. Als we ons eerst eens realiseren waar en wanneer we de universeelmeter kunnen inzetten, welke oefjes we ermee kunnen uithalen om het onderste uit de kan te krijgen, dan zijn we op de goede weg.

De meeste gewone universeelmeeters zijn erop berekend om spanningen en stromen te meten, terwijl ook de mogelijkheid aanwezig is om er weerstanden, die we aan een nader onderzoek willen onderwerpen, mee door te meten. Spanningen, stromen en weerstanden dus, maar is dat alles? Nou alles niet maar voorlopig is het al heel wat, vooral als we bedenken dat we

zowel gelijk- als wisselspanningen kennen en ook te maken hebben met gelijk- en wisselstromen. Met de weerstandsmetingen erbij betekent het dat we al vijf soorten metingen kunnen verrichten. Dat komt er in de praktijk op neer dat we aardig uit de voeten kunnen op het terrein van onderzoekingen naar onbekende of 'verdachte' grootheden. We moeten alleen erg goed weten wát we doen!

Het is natuurlijk kolder om eens te gaan kijken hoeveel 'stroom' er in het stopcontact zit. Even zo goed moeten we niet proberen om de inwendige weerstand van een accu te gaan bepalen. We zullen ons deksels goed moeten realiseren wat de meter kan en wat hij niet kan, anders zal er op korte termijn een korte plechtigheid plaatsvinden waarin herdacht kan worden dat onze zoveel geprezen universeelmeter na een (over)belast leven de reis naar de eeuwige jachtvelden heeft aanvaard. Reparatie van een overleden exemplaar is doorgaans niet lonend, zeker niet als het wijzer-instrument is doorgebrand. Nu hebben de meeste universeelmeeters nog wel een ingebouwde beveiliging tegen het vroegtijdig sneuvelen van het 'draaispoeltje', dat de wijzer aandrijft. Als we het echter al te bont maken op het vlak van de overbelasting zal die beveiliging het ook niet houden en de meter zal ons waarschijnlijk hoorbaar van zijn ongenoegen in kennis stellen (een kleine ontplofing of iets dergelijks).

Laten we eens gaan bekijken wat je met de universeelmeter kunt doen. Als we willen weten welke spanning er staat op een bepaald punt ten opzichte van een ander punt (bijvoorbeeld de massa) dan moeten we eerst nagaan of dit een gelijkspanning dan wel een wisselspanning is. In sommige gevallen kan het zelfs een combinatie van deze twee zijn. We stellen de meter dus in op een spanningsbereik. Op de meeste exemplaren staat dit wel aangegeven, hetzij met letters, (DCV of ACV, gelijkspanning resp. wisselspanning) of met symbolen ( $V =$  of  $V \sim$ , gelijkspanning resp. wisselspanning). We kiezen een spanningsbereik, dat zo hoog mogelijk ligt, ook al weer omdat we niet weten welke spanning we te pakken hebben. Wil de wijzer niet merkbaar uitslaan dan gaan we van lieverlede een laag bereik kiezen, net zolang tot we een bruikbare aflezing verkrijgen. Doorgaans hebben we wel een idee over de hoogte van de te meten spanning, hetzij omdat we een schema bij de hand hebben waar de waarde op dat punt staat aangegeven, of omdat de voedingspanning zo laag is, dat een hoge meetwaarde vrijwel uitgesloten is. In zo'n geval kunnen we wel een gokje wagen en direct de meter instellen op het bereik dat we willen. Zeker bij metingen aan eenvoudige schakelingen, die op laagspanning werken, zal het dan zo'n vaart niet lopen. We sluiten de meetpennen aan op de gewenste punten en lezen op de schaal de onbekende spanning af. Jawel, maar op welke schaal? Er zitten er zoveel op. Wel, dat moeten we ook weer leren, na een tijdje als we aan onze nieuwe universeelmeter gewend zijn geraakt, zal ook dat geen moeilijkheden meer opleveren. Bij de meeste meterschalen wordt gebruik gemaakt van kleurindicatie voor de verschillende soorten meetbereiken. Gelijkspanningen en -stromen worden doorgaans op de zwarte verdeling afgelezen, terwijl de aanduidingen

voor wisselspanningen en -stromen meestal in rood worden aangegeven. We moeten er dan nog op letten dat de waarden die we aflezen, nog eens vermenigvuldigd moeten worden met een bepaalde factor, omdat niet elk meetbereik een complete eigen schaalverdeling heeft. Zetten we bijvoorbeeld de keuzeknop op 600 volt, dan moet de aanduiding '22' op de schaal die van '0' tot '60' loopt, worden beschouwd als  $22 \times 10 = 220$  V. Even zo goed kunnen we, met de knop op '6 volt' een wijzeruitslag van '45' krijgen. We hebben dan een spanning van  $4\frac{1}{2}$  V op onze meetpennen staan ( $45 \times 0,1$ ). Het is even wennen maar na een tijdje zullen we er geen moment meer bij stilstaan, dat we dit als beginnend meet- en regeltechnicus een lastige zaak vonden. Voorzichtigheid blijft echter altijd geboden, zeker in het begin, wanneer we voor het eerst met de universeelmeter gaan stoeien of een oude meter voor een nieuwer exemplaar hebben ingewisseld. Een 'misser' zit in een klein hoekje en juist bij de duurere universeelmeters geldt het aloude spreekwoord: 'kleine oorzaken, grote gevolgen', in de letterlijke betekenis van het woord!

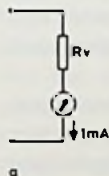
Hoe meten we stromen? Het geijkte antwoord lijkt: in serie met het te onderzoeken onderdeel of deel van de schakeling. Jawel, maar dan moeten we op het betreffende punt een onderbreking maken in de schakeling en daar onze universeelmeter aansluiten. Dat kan meestal wel, alleen is het ook wel eens lastig. In sommige gevallen is de te verwachten stroom veel groter dan onze universeelmeter kan aangeven of zo klein, dat er van een goede aflezing geen sprake kan zijn. Vooral goedkope universeelmeters hebben wat dat betreft maar beperkte mogelijkheden. Nu is de grap, dat we via een simpele rekensom en een omweggetje ook een juiste meting kunnen verrichten, zonder de benodigde onderbreking in het circuit te maken. Als we de aloude wet van Ohm weer vanonder het stof vandaan halen, weten we dat de stroom door een weerstand wordt bepaald door de spanning die over die weerstand staat. Draaien we die redenering om, dan kunnen we begrijpen dat de spanning die we over een weerstand meten (dus het aantal volts) rechtstreeks afhankelijk is van de stroom die er door die weerstand loopt. Een hoge stroom resulteert in een hoge spanning, een kleine stroom door die zelfde weerstand levert slechts een spanninkje op. Als we dus 'stroom' willen meten in een bepaald circuit en in serie daarmee is een bekende weerstand opgenomen, dan behoeven we geen onderbreking te maken, maar we kunnen 'gewoon' de spanning over de weerstand meten. Via de wet van Ohm kunnen we dan uitrekenen hoe groot de stroom is. Kennen we de wet van Ohm nog wel? Even een voorbeeld om de zaak duidelijk te maken.

Loopt er door een weerstand van  $100 \Omega$  een stroom van 25 mA, dan is het potentiaalverschil 2,5 V. Duidelijk, niet waar? Omgekeerd zal het niemand verbazen dat, wanneer er over diezelfde weerstand van  $100 \Omega$  een spanning (= potentiaalverschil) van 2,5 V staat, er dan een stroom door de weerstand loopt van 25 mA. We gaan dus spanning meten en rekenen met de wet van Ohm de stroom uit. Toch schuilt er een addertje onder het gras! We weten wel de juiste waarde van de weerstand en we hebben ook precies de span-

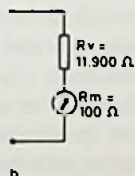


ning opgemeten, daar ligt het niet aan. Maar we vergeten maar al te gemakkelijk dat we de meter (voor de stroomdoorgang is dit óók een weerstand) zomaar parallel schakelen aan de 'meet'-weerstand en dat kan wel eens wat schelen met de situatie waarin de meter niet is aangesloten. En daarmee komen we op het terrein van de gevoeligheid.

Elke universeelmeter heeft een zeker 'eigen-verbruik', er is tenslotte energie nodig om de wijzer in beweging te brengen. Die energie onttrekken we in de vorm van een stroompje aan de te meten schakeling en het hangt gewoon van de betreffende meter af, hoe groot of klein dat stroompje is. Vergt de draaispoel een grote stroom om in beweging te komen, dan spreken we van een ongevoelige meter. Als de stroomafname zeer gering is, dan hebben we met een gevoelige meter te maken. In het eerste geval denken we aan stromen van 0,2 tot 5 mA, in het tweede geval hebben we beduidend minder stroom nodig (voor 'volle schaal'-uitslag), zo rond de 10 tot 100  $\mu\text{A}$ . Om met een instrument dat bijvoorbeeld 1 mA trekt een spanning te kunnen meten, moeten we er een voorschakelweerstand mee in serie zetten. Willen we bijvoorbeeld 12 V 'volle schaal' laten aan geven, dan moet de totale keten een weerstand hebben van 12000  $\Omega$ . Op deze manier loopt er bij 12 V ook 1 mA door de serieschakeling van meter en voorschakelweerstand. We zien in afb. 4.1 dat de voorschakelweerstand 11.900  $\Omega$  en de 'meter'-weerstand  $R_m$  100  $\Omega$  bedraagt. Samen dus precies de vereiste waarde. We zien in deze afbeelding het basisprincipe van elke voltmeter.

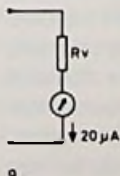


Afb. 4.1a: Voltmeterschakeling

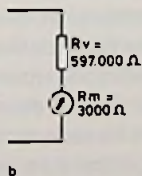


Afb. 4.1b: Voltmeter met een 1 mA-instrument (12 V)

Nu gaan we nog een voltmeter samenstellen, ook voor 12 V, maar met een gevoeliger type meter en een andere voorschakelweerstand. In afb. 4.2 zien we hoe dit keer de zaak wordt gedimensioneerd. Als het draaispoelinstrument 20  $\mu\text{A}$  nodig heeft en zelf een weerstand heeft van 3000  $\Omega$ , dan wordt de voorschakelweerstand 597.000  $\Omega$ , totaal maar liefst 600.000  $\Omega$ !



Afb. 4.2a: Voltmeterschakeling met



Afb. 4.2b: een 20  $\mu\text{A}$ -instrument

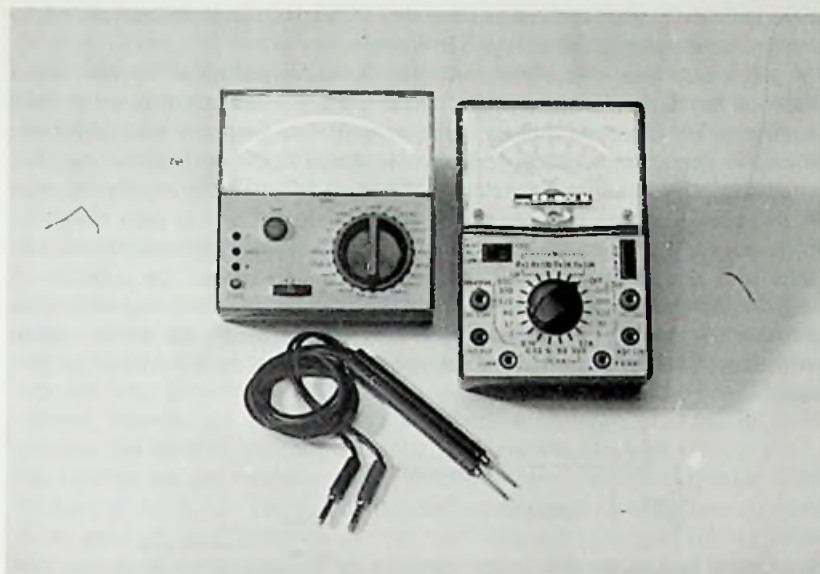
Het zal wel duidelijk zijn dat de tweede voltmeter een heel stuk minder energie onttrekt aan het te meten object dan de eerste. Even nog de twee belangrijkste zaken op een rijtje zetten. Nummer één: weerstand van het metercircuit  $12\text{ k}\Omega$  bij een bereik van  $12\text{ V}$ ; nummer twee: weerstand van het meetcircuit  $600\text{ k}\Omega$  eveneens bij  $12\text{ V}$ . In de eerste (ongevoelige) versie kunnen we zeggen, dat er  $1\text{ k}\Omega$  per  $\text{V}$  (meetbereik) inwendige weerstand bestaat. De tweede voltmeter is gevoeliger, gebruikt voor volle uitslag slechts  $20\text{ }\mu\text{A}$  en we kunnen constateren dat er bij deze versie sprake is van een inwendige weerstand van  $50\text{ k}\Omega$  per  $\text{V}$ . Welnu, deze eenheid, het aantal kilo-ohm per  $\text{V}$  is bepalend en daarom als aanduiding voor de gevoeligheid van de universeelmeters een algemeen aanvaarde grootheid. Hoe hoger het getal, des te gevoeliger is de meter en des te geringer is de 'stroomafname'. Mede daardoor is de meetfout, die we maken, dus het verschil tussen de werkelijke waarde (zonder de meter parallel) en de gemeten waarde (mèt de meter parallel aan de meetpunten) kleiner naarmate het aantal kilo-ohm per volt groter is.

Zo, dat weten we dan ook weer! Gelukkig is de praktijk wat minder ingewikkeld dan de theorie. Een redelijk geprijsde meter van zo om-en-nabij de zeventig gulden heeft al gauw een gevoeligheid van  $20\text{ k}\Omega/\text{V}$  en dat is voor de man die geen extreme eisen stelt doorgaans voldoende.

Voor de heer P. Precies (hé . . . kent U hem ook?) is het een te zware taak om rekening te houden met eventuele meetfouten. Hij gaat op zoek naar een instrument, waarvan de gevoeligheid in de buurt ligt van zo'n slordige  $200\text{ k}\Omega/\text{V}$ . Hij stelt als minimum-eis dat er wel  $80$  meetbereiken op moeten zitten. Tenslotte dient de meter een fraai uiterlijk te hebben en moet ook nog driedubbel beveiligd zijn tegen overbelasting. Na veel gezocht slaagt ons Pietje, maar hij gaat wel ruim  $f\ 800,-$  lichter naar huis. . . . .

We willen maar zeggen: meters zijn niet goedkoop, kies dus weloverwogen. Toch behoeft een goede meter, die voor de gemiddelde radio-amateur bruikbaar is niet veel meer te kosten dan pakweg zo'n hondervijftwintig gulden. Men kan daarvoor een keuze doen uit een fors aantal typen met gevoeligheden die voor praktisch gebruik goed voldoen. We moeten in de gaten houden, dat de meeste Japanse universeelmeters in deze prijsklasse geen mogelijkheid bezitten om wissel-stroom te meten, de nauwkeurigheid is doorgaans voldoende. Voor wat meer geld kunnen we een 'Europese' meter aanschaffen waarvan over het algemeen de nauwkeurigheid wat hoger is en waarop veelal ook een wisselstroom-meeetmogelijkheid aanwezig is (zie ook afb. 4.3).

En wat kun je nu nog meer met zo'n universeelmeter doen? Nog heel wat meer dan spanning en stroom meten; we hadden het al over weerstanden. Om weerstanden te kunnen opmeten, als er geen waarde-aanduiding op staat, moeten we weer de hulp van de universeelmeter inroepen. In elke zich zelf respecterende meter zitten één of meer batterijen. In de stand: 'weerstandsmeting' worden de batterijen ingeschakeld en in serie met het wijzerinstrument wordt er een stroom gestuurd door de onbekende weerstand. Is deze



Afb. 4.3: Een 'Europese' en een 'Japanse' universeelmeter

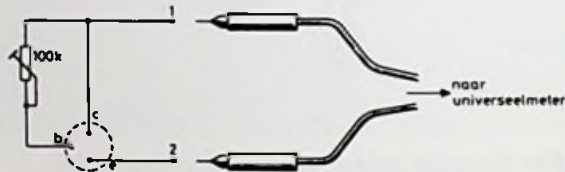
weerstand laagohmig, dan zal er dus een hoge stroom lopen (de wijzer slaat ver uit). Is de weerstand hoogohmig dan loopt er weinig stroom en blijft de wijzer dichtbij de linker schaalhoek. Dat is ook de reden, dat de schaal, waarop we de weerstandswaarde aflezen 'achterstevoren' staat, dus met het nulpunt aan de rechterkant. Om een variërende batterijspanning geen misaanwijzing te laten veroorzaken, zit er op de universeelmeter een knopje dat een potmetertje bedient. Dit potmetertje kan zo worden ingesteld, dat de wijzer bij kortgesloten meetpennen op het nulpunt van de weerstandsschaal komt te staan. Als de wijzer niet meer op nul te krijgen is, dienen we de batterijen te vervangen.

Er zijn met de universeelmeter nog een aantal foefjes uit te halen, grapjes die ofwel nuttig zijn met betrekking tot onze hobby, of gewoon zomaar als aardigheden. Om maar eens met het laatste te beginnen. We kunnen de 'leek' vervullen van wantrouwen en verbazing door hem te vragen de beide meetpennen vast te houden, één in de ene, en één in de andere hand. Als we de universeelmeter vooraf op een hoogohmig meetbereik zetten (bijvoorbeeld  $\Omega \times 1000$ ) zal de verbazing van het gezicht van het proefkonijn af te zien zijn. Nog een aardig grapje: neem een (zure) appel en steek daarin een koperen en een ijzeren spijkertje. Verbindt de meetpennen elk met een spijkertje en zet de meter op een zo laag mogelijk spannings- of stroombereik . . . jawel, de appel geeft 'stroom'.

Aardig, dat wel ja, maar we kunnen met behulp van één extra onderdeel (een instelpotmeter) ook nuttige zaken aan de weet komen. Als we onze

universeelmeter gaan uitbreiden met het hulpschakelingetje van afb. 4.4., kunnen we er een transistortester van maken.

We gebruiken weer het ohm-bereik van de universeelmeter en we kiezen daarvoor het  $\Omega \times 100$ -bereik. En dan is het erg belangrijk hoe we de rest aansluiten. We beginnen met de meetpennen in de gaatjes 1 en 2 te zetten; de zwarte pen komt in gaatje 1, de rode in gaatje 2. Dit geldt alleen voor het testen van NPN-transistoren. Is er sprake van PNP-exemplaren, dan moeten we de rode en zwarte pen van plaats verwisselen. Als er nog geen transistor op de busjes 'E', 'B' en 'C' is aangesloten, mag de wijzer van onze universeelmeter niet uitslaan. We gaan er nu een transistor in steken. De collector in busje 'C', de emitter steken we in gaatje 'E'. We laten de basis nog even in de lucht hangen en kijken wat de wijzer doet. Deze moet, als we te maken hebben met een goede siliciumtransistor, vrijwel in de linkerhoek blijven staan.



Afb. 4.4: Hulpschakeling voor uitbreiding tot eenvoudige transistor-tester

Als de wijzer wèl uitslaat is er iets mis met de transistor. Vermoedelijk is er dan een inwendige kortsluiting of 'lekt' de transistor buitensporig. Blijft de wijzer echter in de linkerhoek dan kunnen we de basis in busje 'B' aansluiten. De uitslag die de wijzer van de universeelmeter nu te zien geeft, is maatgevend voor de versterkingsfactor van de transistor. Het verband tussen de wijzeruitslag en de versterkingsfactor is niet bepaald lineair, maar dat is op zichzelf geen bezwaar. We moeten de instelpotmeter zo instellen, dat een goede BC 109 C een behoorlijke wijzeruitslag laat zien. Een dergelijk type transistor heeft namelijk een hoge versterkingsfactor. Nogmaals, het heeft geen zin om preciese meetresultaten van een schakelingetje als dit te verwachten, het is eerder bedoeld om op een simpele wijze de mogelijkheden van de universeelmeter aan te vullen.

Voor het testen of vergelijken van PNP-transistoren volgen we dezelfde werkwijze, alleen moeten we, zoals reeds eerder vermeld, de rode en zwarte meetpen van plaats laten verwisselen.

Met wat extra moeite kunnen we onze universeelmeter ook nog gebruiken als HF-veldsterkte-indicator. Als we parallel aan de bussen, waarin we de meetsnoeren steken, een germaniumdiode aansluiten met het streepje (de kathode) aan de pluskant, dan zal de universeelmeter bruikbaar zijn als veldsterkte-indicator. We moeten daartoe een 'meetantenne' op de diode-

draadjes koppelen, hetzij direct hetzij via een koppellusje. Dit hangt af van de sterkte van ons zendersignaal en de afstand waarop we meten, gerekend vanaf de zendantenne. We stellen de universeelmeter in op een zo laag mogelijk stroombereik. Een en ander is bruikbaar om de zender af te regelen op maximale energie-overdracht aan de zendantenne, of om een idee te krijgen van het stralingsdiagram van de zendantenne. Let wel, dit is ook weer een hulpmiddel, exacte waarden mogen we er niet van verwachten.

## 4.2 Voedingsapparaten

Elk stukje elektronica, of dit nu ingewikkeld of simpel is, werkt of dankt zijn werking aan de aanwezigheid van elektronen. In verreweg de meeste gevallen hebben we er genoeg aan te weten dat die elektronen getransporteerd worden langs geleiders en dat we dit 'elektrische stroom' noemen. Maar de manier waarop we die elektrische stroom opwekken, nou ja, je neemt gewoon een accu of je steekt de steker in de wandcontactdoos. . . .

Nu kunnen we wel verder gaan theoretiseren over elektriciteit, maar dan is de kans groot dat er van een aardig zelfbouwproject niet veel terecht komt. Alles goed en wel, maar we moeten toch nog even stilstaan bij het belang van een goed gestabiliseerde voedingsspanning. Als we er niet voor zorgen dat er onder wisselende omstandigheden een gelijke voedingsspanning voorhanden is, zal dat aanleiding kunnen zijn voor problemen. Denk maar eens na. Trekt een willekeurig apparaat een constante stroom dan zal de voedingsspanning ook wel redelijk constant blijven zolang we die bekijken over een kort tijdsbestek. Gebruiken we echter een accu, dan zal na een aantal uren de inwendige weerstand gaan oplopen en daardoor zal de klemspanning gaan dalen. We zeggen dan: de accu raakt leeg. Bij een lagere voedingsspanning zal ons apparaat wellicht niet meer optimaal functioneren, we zullen eerst de accu moeten bijladen.

Gaan we de zaak op de keper beschouwen dan is het de inwendige weerstand van de voedingsbron die ons parten speelt. Nog erger wordt het als we te maken hebben met wisselende stroomafname. Klasse-B-versterkers trekken bij geringe sturing weinig stroom. Voeren we het ingangssignaal op dan loopt er een grote stroom. Is de inwendige weerstand van de voedingsbron te hoog dan zal bij een forse stroomafname de voedingsspanning in elkaar zakken. Het vermogen (spanning maal stroom) wordt dus ook minder en allerlei narigheid zoals vervorming kan het gevolg zijn. Bovendien is het gesjouw met accu's een vermoeiende bezigheid. . . .

Daarom gaan we nu een drietal schakelingen de revue laten passeren. Omdat we tegenwoordig vrijwel uitsluitend met transistoren werken, beperken we ons tot laagspanningsvoedingen. Het eerste apparaat levert 12,6 V vast en kan bij die spanning maximaal 5 A afgeven. De schakeling is kortsluitvast en de stroom wordt op ongeveer 5,2 A begrensd.

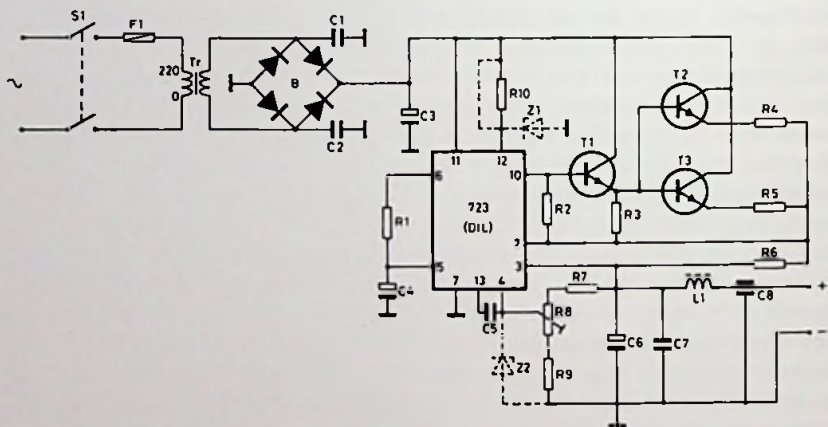
Het tweede voedingsapparaat kan een spanning afgeven die 28 V bedraagt bij een maximum stroom van eveneens 5 A. Ook hier wordt bij kortsluiting de stroom op een waarde van ongeveer 5,2 A begrensd.

Het derde en laatste voedingsapparaat is regelbaar, zowel de uitgangsspanning als de stroombegrenzing kunnen ingesteld worden, een en ander binnen zeer wijde grenzen.

#### 4.2.1 12,6 volt-voeding, 5 ampère

De meeste kant-en-klare handelsapparaten die voor amateurgebruik geschikt zijn, hebben een voedingspanning nodig van 12,6 V. Zowel zenders als ontvangers kunnen daarom ook in het gemotoriseerde 'koetswerk' kortweg auto genaamd, worden meegenomen en de bestuurder onderweg wat QSO-werk te doen geven op zijn rit. Eenmaal weer thuis kunnen we de 'set' zo weer uit de slede trekken en binnen weer opnieuw aansluiten, als we daar beschikken over een antenne en . . . een voedingsapparaat of accu. Zoals gezegd: een accu kan leegraken, het lichtnet geeft vierentwintig uur per dag energie, daar kunnen we doorgaans beter van op aan.

Wat we nu gaan doen is de lichtnetspanning (220 V - 50 Hz) omvormen naar een gelijkspanning van 12,6 V. Dat dit niet zomaar even met een 'weerstandje' kan, zal een ieder wel duidelijk zijn. Als we het schema bekijken dan zien we dat de netspanning via schakelaar  $S_1$  en zekering  $F_1$  de transformator bereikt.



Afb. 4.5: Gestabiliseerde voeding voor vaste spanningen

Met behulp van bruggelijkrichter B wordt de secundaire spanning gelijkgericht. Condensator  $C_3$  vlak de aldus ontstane pulserende gelijkspanning af. De kleine condensatoren  $C_1$  en  $C_2$  zitten over de trafo-aansluitingen naar massa en zorgen voor onderdrukking van eventuele hoogfrequentstoor signalen die nog wel eens roet in het eten kunnen gooien. Nog even iets over de trafo. De secundaire moet een spanning leveren die minstens vier tot vijf volt hoger is dan de gewenste uitgangsspanning van ons voedingsapparaat.

Tabel 4.6: Componenten voor voedingsapparaat van afb. 4.5

	12,6 V	28 V
R <sub>1</sub>	1 k 1/8 W	1 k 1/8 W
R <sub>2</sub>	1k 1/8 W	1k5 1/8 W
R <sub>3</sub>	100 Ω, 1/8 W	100 Ω, 1/8 W
R <sub>4</sub>	0,1 Ω, 1 W	0,1 Ω, 1 W
R <sub>5</sub>	0,1 Ω, 1 W	0,1 Ω, 1 W
R <sub>6</sub>	0,12 Ω, 5 W	0,12 Ω, 5 W
R <sub>7</sub>	2k2 1/8 W	5k6 1/8 W
R <sub>8</sub>	1k instelpotmeter	1k instelpotmeter
R <sub>9</sub>	3k3 1/8 W	1k8 1/8 W
R <sub>10</sub>	draadbrug	470 Ω ¼ W
C <sub>1</sub>	3,3 nF ker.	3,3 nF ker.
C <sub>2</sub>	3,3 nF ker.	3,3 nF ker.
C <sub>3</sub>	4700 µF/25 V	4700 µF/63 V
C <sub>4</sub>	4,7 µF/10 V tantaal	4,7 µF/10 V tantaal
C <sub>5</sub>	2,2 nF ker.	2,7 nF ker.
C <sub>6</sub>	4,7 µF/25 V tantaal	4,7 µF/35 V tantaal
C <sub>7</sub>	1 µF Siemens MKM	1 µF Siemens MKM
C <sub>8</sub>	1 nF doorvoer	1 nF doorvoer
Z <sub>1</sub>	—	zenerdiode 39 V, 1 W
Z <sub>2</sub>	zenerdiode 7,5 V, 250 mW	zenerdiode 7,5 V, 250 mW
S <sub>1</sub>	netschakelaar, dubbelpolig om	
F <sub>1</sub>	zekering 1 A - traag	zekering 1,6 A - traag
Tr	voedingstransformator	(zie tekst)
T <sub>1</sub>	BD 237 (TIP 29, TIP 31)	BD 237 (TIP 31, TIP 41)
T <sub>2</sub>	2N3055	2N3772 (40411)
T <sub>3</sub>	2N3055	2N3772 (40411)
B	B 40 C 5000 brugcel	B 80 C 5000 brugcel
L <sub>1</sub>	'varkensneusje'	'varkensneusje'

In onbelaste toestand zal de spanning op de elco behoorlijk hoog zijn, (ongeveer 1,4 X de trafospanning) maar zodra de boel stroom moet leveren, zakt de elcospanning meestal vrij snel terug naar de 'trafowaarde'. Voor een goede werking van het stabilisatie-IC is ongeveer 4 V verschil nodig tussen ongestabiliseerde en gestabiliseerde spanning. Willen we onder alle omstandigheden aan deze minimum-eis voldoen dan is een trafospanning van 16 à 17 volt geen overbodige luxe. En dan moet die trafo deze spanning netjes kunnen opleveren bij een stroom van maar liefst vijf ampère! Kies dus een exemplaar dat deze spanning en stroom kan leveren. Een hogere spanning is in principe geen bezwaar, maar we moeten het ook weer niet te gek maken. We zullen verderop zien wat voor consequenties dit heeft.

We waren intussen aangeland bij de elco. De spanning die daarop aanwezig is, wordt braaf verdeeld tussen de drie transistoren en het IC. Als we het IC zouden kunnen ontleden, vinden we daarin eigenlijk een aantal afdelingen. Eén deel maakt van de ongestabiliseerde voedingsspanning een zeer stabiele spanning van ongeveer 7 V. Deze spanning komt te voorschijn op punt 6 van het IC. Het tweede deel is in feite een verschilversterker, dat wil zeggen: een versterker met twee ingangen en één uitgang. De ingangen zitten aan punt 5 en punt 4, de uitgang van deze afdeling vinden we aan punt 10. De werking van de verschilversterker is nu zodanig dat de uitgang méér stroom gaat leveren als de spanning op punt 4 lager is dan die op punt 5.

Als we nu het totale schema weer bekijken, zien we dat punt 5 een vaste spanning krijgt toegevoerd welke via  $R_1$  afkomstig is van punt 6. Dát is één! En waar halen we de eventueel te lage spanning op punt 4 vandaan? Wel, die komt via de transistoren en weerstand  $R_6$  op de spanningsdeler  $R_7$ - $R_8$ - $R_9$ , die op zijn beurt weer een deel daarvan aan punt 4 doorgeeft. We hadden reeds opgemerkt dat de uitgang (punt 10) méér stroom ging leveren als punt 4 'lager' was dan punt 5. Als er op de loper van  $R_8$  minder spanning aanwezig is dan ongeveer 7 V, zal uitgang 10 meer stroom leveren aan de transistoren die als Darlington-emittervolger staan geschakeld. Deze transistoren zullen dus meer gaan geleiden en de spanning op de emitters, zal ook hoger worden. Deze stijging wordt via de spanningsdeler even vrolijk medegedeeld aan punt 4 van het IC en dit zal net zolang doorgaan tot ook hier 7 V aanwezig is.

De omgekeerde redenering gaat óók op. Als de uitgangsspanning te hoog is, zal punt 4 ook een hogere spanning voeren dan de gewenste 7 V. Uitgang 10 zal dan minder stroom gaan leveren waardoor de Darlington-configuratie minder kan geleiden en daarmee zakt de emitterspanning weer.

Als uiteindelijk resultaat zullen we een stabiele uitgangsspanning krijgen die met  $R_8$  nauwkeurig op 12,6 V is af te regelen. De transistoren doen in feite dienst als 'stroomversterker'. Als ze goed gekoeld worden zal een doorlaastroom van 5 A geen bezwaar opleveren. Mits . . . jazeker, aan alle goede zaken zit een 'maar'. Want waar blijft de rest van onze ongestabiliseerde voedingsspanning? Op de collectoren van de torren staat nog altijd een volt of zestien, zeventien . . .

Dat betekent feitelijk dat er tussen collector en emitter van de eindtransistoren nog zo'n slordige vier volt spanning staat en dát, terwijl er vijf ampère door loopt. Als we even rekenen, dan hebben we daar zomaar twintig watt energie die ergens moet blijven. De transistoren zetten deze energie in warmte om en dat wordt afgevoerd door de koelvinnen die we aan de buitenkant van de kast hebben gemonteerd.

Nog even het koppie erbij houden, spanning maal stroom . . . jawel! Daar zit het addertje. Willen we de warmte-ontwikkeling binnen de perken houden dan mag de ongestabiliseerde spanning niet al te hoog worden. We zitten tenslotte met de eis van vijf ampère. En daarmee zijn we ook weer aangeland bij de transformator die via de brugcel de ongestabiliseerde voedings-



spanning levert. Als we ons voedingsapparaat niet wensen te gebruiken om er eieren op te bakken, doen we er goed aan de trafospanning ergens tussen 16 V en 24 V te kiezen. Bij deze laatste waarde moeten de torren al ruim 55 W in warmte omzetten. En dat loopt nog verder op naarmate de spanning hoger wordt gekozen. Nu kunnen de twee eindtransistoren best een stootje hebben, maar koelvinnen zijn duurder naarmate ze groter zijn en voor transformatoren geldt helaas hetzelfde. Bovendien kunnen we de spanning niet al te hoog maken omdat de gebruikte transistoren aan een zekere dissipatiegrens zijn gebonden.

In transistorhandboeken vinden we voor vermogenstransistoren vaak een grafiek bij de gegevens, die een spannings-stroom-karakteristiek te zien geeft. Als we daar op verschillende punten de rekensom maken (spanning maal stroom is vermogen) zien we dat de vermogensdissipatie afneemt als we de collector-emitter-spanning opvoeren. Voor de hier gebruikte transistoren van het type 2N3055 geldt bijvoorbeeld een maximumwaarde van 115 W. Voeren we  $V_{ce}$  op tot bijvoorbeeld 48 V dan mag er niet meer dan 0,9 A doorlaatstroom door de transistor lopen, een vermogen van minder dan 44 W . . . We zullen de theorie op dit punt maar niet al te diep ompitpen. Het verschijnsel, dat bij hoge spanningen tussen collector en emitter de doorgangstroom de neiging vertoont aan de 'rand' van de emitter te gaan lopen, is er de oorzaak van dat die emitterrand extra wordt verhit omdat de stroom niet 'eerlijk' over het gehele emitteroppervlak wordt verdeeld. Dààrom mag bij dit soort schakelingen de trafospanning niet te hoog worden gekozen. We moeten, na dit theoretische zijprongetje, weer terug naar de praktijk.

We hadden reeds opgemerkt dat het IC uit drie afdelingen bestond, twee daarvan zijn al aan de beurt geweest. De derde eenheid welke in het IC is ondergebracht is niets anders dan één transistor waarvan de drie aansluitingen op afzonderlijke pennen naar buiten zijn gevoerd (collector, basis en emitter op resp. 13, 2 en 3). Doordat de collector van deze transistor inwendig ook is doorverbonden met een stuurtransistor uit de verschilversterker is het mogelijk de uitgangstroom van deze verschilversterker te beïnvloeden en wel op een zodanige wijze dat de eindtransistoren géén sturing meer krijgen als er tussen de punten 2 en 3 van het IC een spanning van ongeveer 0,6 V wordt aangesloten. Hoe komen we nu aan zo'n spanning? Heel eenvoudig; we zetten er een weerstand neer waar stroom doorheen loopt! En als we nu de uitgangstroom, die het voedingsapparaat levert, er door laten lopen, werkt het dan ook? Jawel, met dat doel hebben we  $R_6$  (0,12  $\Omega$ ) in de schakeling opgenomen. Loopt daar een stroom van 5 A door dan staat er tussen de punten 2 en 3 van het IC een spanning van 0,6 V, precies wat we nodig hebben.

Zodra de stroom maar even boven de 5 A dreigt uit te komen, zal de spanning tussen de punten 2 en 3 hoger worden en uitgang 10 van het IC zal de eindtransistoren van minder stroom voorzien, waardoor ook de emitterstroom zakt en daarmee de uitgangstroom. De grap is, dat er niets gebeurt bij stromen die kleiner zijn dan 5 A, de spanning blijft keurig op de ingestelde waarde: 12,6 V. Sluiten we nu bijvoorbeeld een weerstand van 2  $\Omega$  op de

uitgang van het voedingsapparaat aan, dan zal de stroom oplopen tot ruim 6 A. Maar, wacht even . . . voor het zover is, moet de stroom groter worden dan 5 A en dat kan niet. Wat gebeurt er dan wel? Het antwoord is eenvoudig: het enige dat mogelijk is, de spanning loopt terug. Een stroom van 5 A door een weerstand van  $2 \Omega$ , de spanning daalt tot 10 V en blijft daar steken. Méér dan 5 A kan er niet lopen omdat het IC dan de zaak terugregelt.

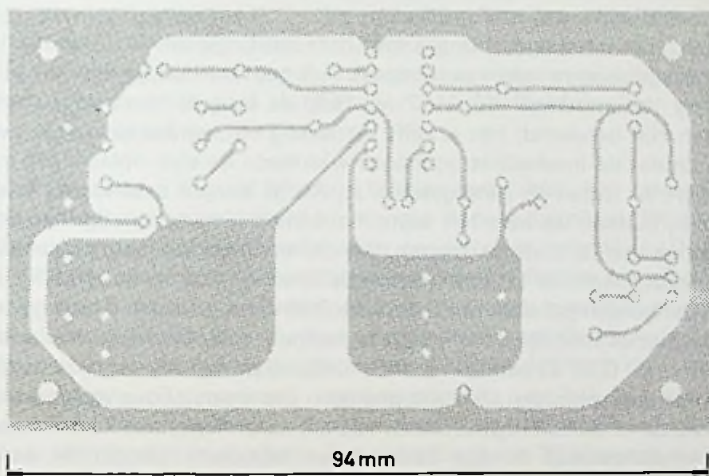
En wat gebeurt er als we de uitgangsklemmen per ongeluk (of expres) kortsluiten? Ook dan is overschrijding van de maximale stroom onmogelijk, de uitgangsstroom blijft 5 A. Het enige verschil met de normale situatie is, dat in dit geval de volledige ongestabiliseerde spanning (min 0,6 V) over de eindtransistoren staat en die moeten daarop berekend zijn. Die twee transistoren moeten nu een groot vermogen in warmte omzetten. Koelen we de zaak afdoende dan mogen we ons voedingsapparaat met een gerust hart kortsluitvast noemen.

Hè-hè, even uitblazen, dat was even stevig aanstoeien met volts, ampères en ohms . . . . Maar als alles goed tot ons doorgedrongen is, weten we precies hoe dit voedingsapparaat werkt. Nog even aandacht voor wat details. Op een aantal plaatsen in de schakeling zijn extra elco's aangebracht. Deze dienen voor ontkoppeling en afvlakking. Zo houdt  $C_4$  de referentiespanning van 7 V op punt 5 rimpelvrij. Dit heeft een extra goede bromonderdrukking tot gevolg. Bij vollast zit er slechts 2 mV-rimpel op de uitgangsspanning! De elco aan de uitgang,  $C_6$ , heeft een soortgelijke taak. Hiermee worden eventuele stoorspanningen die via de spanningsdeler punt 4 zouden kunnen bereiken, onderdrukt. Voor beide elco's kunnen het beste tantaaltypen worden gebruikt, ze nemen weinig plaats in en geven de beste resultaten. De uitgang is nog eens extra ontkoppeld voor hoogfrequent door middel van  $C_7$ ,  $L_1$  en  $C_8$ . De spoel is in dit geval een ferrietstaafje met gaatjes, een zgn. 'varkensneusje' waardoor een stuk draad is geregen. Samen met doorvoercondensator  $C_8$  wordt dit smoorspoeltje met een zo kort mogelijke draad aan de plusklem van de voeding gemonteerd. Als we de uitgangszijde van de print dichtbij de aansluitklemmen monteren, kunnen deze verbinding en de min-aansluiting zeer kort worden gehouden. Een belangrijke voorwaarde voor een goede werking, omdat hoogfrequentrommel in het IC vreemde toestanden teweeg kan brengen. Daarom kan een 'dichte' metalen behuizing sterk aangeraden worden. Alleen koelvin en torren op de buitenkant, de rest goed afgeschermd 'binnenshuis'.

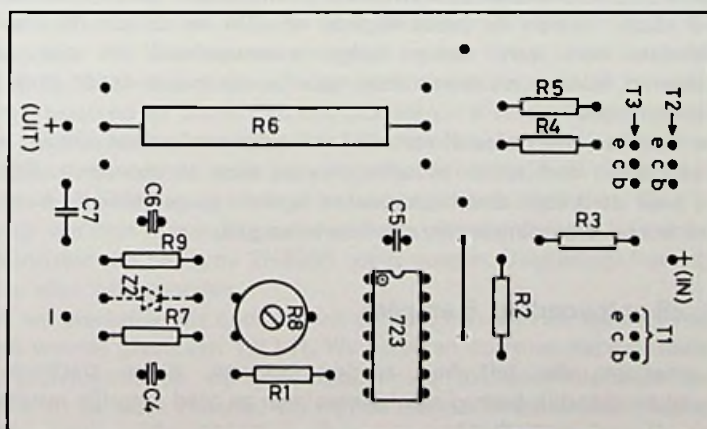
Nog niet genoemd zijn de weerstanden  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  en  $R_5$ . Ze dienen slechts om de Darlington-schakeling op de juiste instelling te houden en om de stroom door de parallelgeschakelde eindtransistoren eerlijk te verdelen. Verder hebben ze geen invloed op de werking van het circuit.

Op de print blijven er twee gaatjes over tussen  $R_7$  en  $R_9$ . Op deze plaats kan een zenerdiode van 7,5 V in de schakeling worden opgenomen. De kathodekant (het streepje) moet naar de instelpotmeter wijzen. Werken we veel met inductieve belastingen op ons voedingsapparaat zoals bijvoorbeeld relais, collectormotortjes of een printboormachientje, dan kunnen er nogal

forse spanningspieken op de uitgang ontstaan ten gevolge van de zelfinductie. Ingang 4 van het IC is wat dat betreft nogal fijn besnaard en de praktijk heeft uitgewezen dat extra bescherming geen kwaad kan. Het heeft in elk geval de levensduur van menig IC verlengd. Vooral als C<sub>6</sub> een 'gewone' elco is in plaats van een tantaaltype zal de onderdrukking van hoge schakel-pieken onvoldoende zijn en is de kans groot dat de spanningsstabilisator er voorgoed de brui aan geeft. Onder het motto: een zener is goedkoper dan een IC . . . . Elk type zener van de genoemde spanning doet het goed, dus zet hem er maar in!



Afb. 4.7: Print lay-out gestabiliseerde voeding ( . . . . = raster "254" )



Afb. 4.8: Componentenzijde 12,6 V-versie

En dan tenslotte de drie transistoren. Voor  $T_1$  kunnen verschillende typen worden toegepast. We kunnen met voordeel daar een transistor inzetten zoals de TIP 29 of de TIP 31. Het is dan mogelijk om de transistor met een kleine koelvin direct op z'n pootjes in de print te monteren. Met een BD237 of iets dergelijks gaat het ook, alleen komt die een halve slag gedraaid in de print te zitten. Let in elk geval goed op de plaats van emitter en basis. Bij deze plastic torren zit de collector altijd in het midden. Het is natuurlijk ook mogelijk deze transistor samen met de eindtorren op de grote koelvin te monteren. Zo warm wordt hij echter niet en dan moeten er weer drie extra draadjes van de print naar buiten worden gevoerd wat de kans op hoogfrequentinstraling weer groter maakt.

Nog een paar laatste opmerkingen over deze voedingseenheid. De trafo moet, zoals gezegd, een stroom van minstens 5 A continu kunnen leveren bij een spanning van minimaal 16 à 17 V. Ook de brugcel moet voor dezelfde waarden zijn berekend. Het is zelfs verstandig om een beetje ruimte over te laten, omdat de inschakelstroomstoot waarmee de elco oplaadt een aantal malen groter is dan de aangegeven 5 A. Als de brugcel desondanks krap bemeten is, kunnen we hem het beste met een lik hitte-bestendige lijm op het blikpakket van de trafo vastzetten. Als die trafo op zijn beurt maar niet te heet wordt, heeft de brugcel voldoende koeling. Voor weerstand  $R_6$  moet een type worden gekozen dat tenminste 3 W kan verdragen. Als de gewenste waarde niet of moeilijk verkrijgbaar is, kunnen we ook twee exemplaren van  $0,22 \Omega$  resp.  $0,27 \Omega$  parallel schakelen. Op de print is er met deze mogelijkheid rekening gehouden. Als alle pogingen om weerstanden van de aangegeven waarde te bemachtigen zouden falen, kunnen we onze toevlucht zoeken tot weerstandsdraad en daar zelf iets van fabriceren. Omdat dit draad in verschillende 'waarden' verkrijgbaar is, doen we er verstandig aan een zo laag mogelijke waarde te kiezen, bijvoorbeeld  $2,5 \Omega$  per meter. Omdat de maximale stroomdoorgang beperkt is tot ongeveer 1,3 A moeten we meerdere stukjes draad parallel schakelen. Vijf stukjes van 24 cm lengte die parallel staan, leveren de juiste waarde op. Als we ze aan de uiteinden omwikkelen met een stevig stukje montagedraad en dat geheel doorsolderen, kunnen we er een soort spoeltje van maken dat zo in de print kan worden geplaatst.

Als de koelvin (ongeisoleerd) met de kast is doorverbonden, dienen we de eindtransistoren met mica- of teflonplaatjes erop te monteren. Boor de gaatjes waar de draden doorheen moeten zo dicht mogelijk bij de transistorpootjes; korte verbindingen zijn ook hier belangrijk.

#### 4.2.2 28 volt-voeding, 5 ampère

Vele amateurs, die zelf hun zenders bouwen, zullen trachten met een zo klein mogelijk bedrag aan 'spullen' een zo goed mogelijk resultaat te behalen. Vooral de liefhebbers van oude dumpapparatuur zitten nog wel eens met de handen in het haar, omdat er nogal wat artikelen in deze

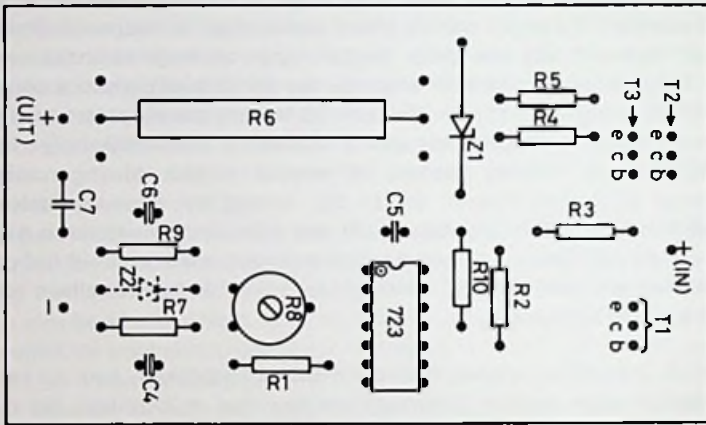
categorie rondzwerfen die 'vreemde' voedingsspanningen nodig hebben. Vliegtuigapparatuur bijvoorbeeld dient veelal met 28 V-gelijkspanning te worden gevoed, terwijl 115 V-wisselspanning met een frequentie van 400 Hz ook nog mogelijk is. Waar haal je zo'n laatste voedingsspanning in vredesnaam vandaan? De eerste waarde is veel eenvoudiger te realiseren. Bovendien zijn er tegenwoordig een groot aantal typen vermogenstransistoren voor hoge frequenties beschikbaar waarmee we zender-eindtrappen kunnen uitrusten, die eveneens bedoeld zijn voor 28 V-werkspanning. Het aardige van dit soort torren is wel, dat het nuttig rendement aanzienlijk hoger ligt dan bij 12 V-typen. Tevens hebben ze meestal minder sturing nodig voor maximaal uitgangsvermogen. En zo zijn er nog wel meer voordelen. Een duidelijk nadeel is dat apparatuur, die met dit soort transistoren is uitgerust niet op de auto-accu kan worden aangesloten, maar voor 'thuis'-gebruik overtreffen de voordelen de nadelen zeer zeker. Je hebt er alleen een passende voeding bij nodig . . .

De 12,6 V-voeding, die we hiervoor hebben besproken, kan op een heel eenvoudige wijze worden aangepast om ons doel te bereiken. We kunnen dezelfde print en de meeste onderdelen zonder meer gebruiken. De enige grote verandering bestaat in hoofdzaak uit een wat forsere transformator, die nu op zijn minst 32 V bij 5 A moet kunnen leveren, terwijl de bruggelijkrichter en de afvlakelco ook moeten worden aangepast. De spanning op de elco kan in onbelaste toestand oplopen tot 44 V en dat heeft ook voor het IC consequenties. De maximale voedingsspanning van het IC mag 40 V bedragen, dus halen we het draadbrugje uit de print en zetten er een weerstand van 470  $\Omega$  voor in de plaats. Een zenerdiode van 39 V wordt eveneens gemonteerd. Verder moeten  $R_7$  en  $R_9$  andere waarden hebben.  $R_7$  wordt 5,6 k $\Omega$  en  $R_9$  geven we een waarde van 1,8 k $\Omega$ . Tot slot moet tantaalco  $C_6$  een werkspanning van minstens 35 V hebben. Verder verdient het aanbeveling de voeding niet langdurig kort te sluiten, daar anders gevaar bestaat voor de gezondheid van de beide eindtransistoren. Vergis je niet, ze moeten zo'n slordige 160 W in warmte omzetten en daar heb je nogal wat koelplaat voor nodig. Bovendien is de collector-emitterspanning rijkelijk hoog in kortgesloten toestand en wat er dan kan gebeuren is al eerder beschreven. Willen we de zaak toch 'fool-proof' maken, dan kunnen we beter een andere type voor deze vermogenstransistoren kiezen, bijvoorbeeld de 2N3772 of de 40411, die beide tot de categorie 'zware jongens' behoren. Ook is het mogelijk om met toevoeging van een extra weerstand van 0,1  $\Omega$  een derde eindtransistor van het type 2N3055 toe te voegen. Uitgebreide koeling is en blijft te allen tijde geboden.

Willen we werkelijk het onderste uit de kan, dan kunnen we met voordeel  $R_1$  een waarde geven van 1,5 k $\Omega$ . We bereiken daarmee dat eventuele temperatuurinvloeden op de voedingsspanning tot een minimum worden beperkt. In de tabel van afb. 4.6 zijn de componenten en hun respectievelijke waarden opgenomen voor de diverse uitgangsspanningen.

De print-lay-out is te zien (op ware grootte) in afb. 4.7. Voor de 12 V-versie

is in afb. 4.8 te zien hoe de print aan de onderdelenzijde is begroeid, terwijl afb. 4.9 de componentenopstelling weergeeft van de 28 V-versie.



Afb. 4.9: Componentenzijde 28 V-versie

#### 4.2.3 Regelbare gestabiliseerde voeding, 0,7 - 30 V, 50 mA - 10 A

Voor de rasechte knutselaar is een regelbaar voedingsapparaat een onmisbaar hulpmiddel om zijn hobby te beoefenen. Allerlei schakelingen, van een simpel sounderapparaatje tot een ingewikkelde digitale toestand hebben tenslotte voedingsspanning nodig en om nu voor elk circuit een aparte voedingseenheid te bouwen . . . Nee, dan is een universeel apparaat waaruit je elke gewenste spanning kunt betrekken op den duur een veel betere oplossing. Toegegeven, er zit wel een flinke investering in, maar na verloop van enige tijd neemt zo'n regelbare voedingseenheid een even onmisbare plaats in tussen de spullen in de 'shack' als bijvoorbeeld de universeelmeter.

We gaan eerst een wensenlijstje samenstellen, een opsomming van eisen, waaraan zo'n voedingsapparaat in elk geval moet voldoen. Welke spanningen moeten er in het regelbereik vallen? Welke stroom mogen we afnemen? Als we kunnen beschikken over een spanning die regelbaar is van 0 . . . 30 V, kunnen we vrijwel elke schakeling met transistoren en IC's voeden. Omwille van de eenvoud is afgezien van een regelmogelijkheid tot 0 V. In verreweg de meeste gevallen zal een onderste grens van 0,7 V voldoende zijn.

Dan de stroom die het voedingsapparaat moet kunnen leveren. Een waarde van 10 A zou prachtig zijn, omdat we dan alle kanten uit kunnen: accu's re-activeren, vermogensschakelingen voeden enz. Tevens is een instelbare stroombegrenzing een wens die op het verlanglijstje staat, liefst vanaf zo'n 50 mA tot aan de maximale waarde toe. In elk geval moet de zaak kortsluitvast zijn.



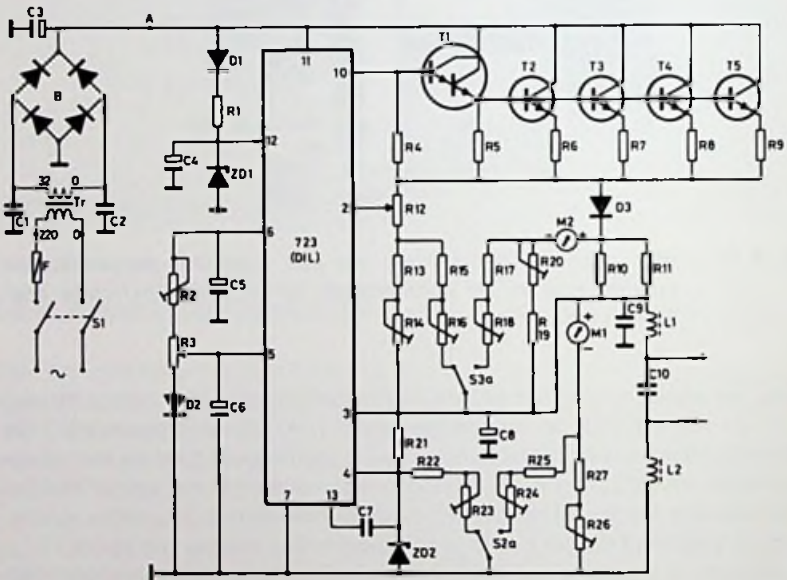
*Afb. 4.10: Met deze spullen kunnen we een regelbare gestabiliseerde voeding maken. De transformator en de bruggelijkrichter ontbreken op de foto*

Ziezo, we weten genoeg om aan de slag te kunnen gaan. We nemen nu nog als extra eis op dat de onderdelen goed verkrijgbaar moeten zijn. De schakeling van het voedingsapparaat is weer gegroepeerd rond de spanningsstabilisator  $\mu A 723$ . Met dit IC zijn al experimenterende een aantal 'foefjes' uitgehaald die tot gevolg hadden dat de schakeling sterk kon worden vereenvoudigd. Het uiteindelijke circuit is afgebeeld in het schema van afb. 4.11. De opbouw is dusdanig dat we beschikken over twee elkaar overlappende spanningsbereiken,  $0,7 \dots 6 \text{ V}$  en  $3,5 \dots 30 \text{ V}$  welke gekozen kunnen worden met  $S_{2a}$ . Willen we een indicatie aanbrengen op de frontplaat die aangeeft welk bereik is ingeschakeld, dan dienen we een dubbelpolige omschakelaar toe te passen. Verderop zullen we de bedrading daarvan onder de loep nemen. De grap van de enkelpolige omschakeling zit hem in het feit, dat èn het uitgangsspanningsbereik wordt bepaald èn de meterschakeling rond  $M_1$  wordt omgeschakeld.

Op soortgelijke wijze wordt met behulp van  $S_{3a}$  de stroombegrenzing in twee bereiken verdeeld en de stroommeter  $M_2$  op het gewenste bereik ingeschakeld. De feitelijke stroombegrenzingsinstelling geschiedt met  $R_{12}$ . De bereiken lopen van  $50 \text{ mA} \dots 1 \text{ A}$  en van  $50 \text{ mA} \dots 10 \text{ A}$ . Zowel de twee spanningsbereiken als de bijbehorende metercircuits zijn elk afzonderlijk instelbaar. Hetzelfde geldt voor de stroombegrenzingsbereiken en de bijbehorende meterschakelingen. Op de print zijn daartoe een achttal instelpot-

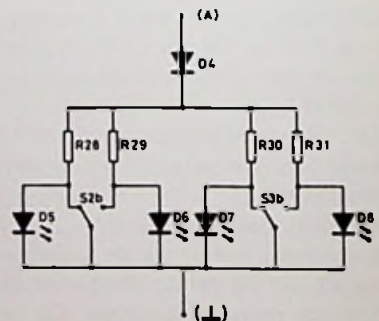
meters aanwezig. De afregeling daarvan moet in een bepaalde volgorde plaatsvinden en vormt een verhaal apart. We zullen aan het slot van dit hoofdstuk bespreken hoe we dit het beste kunnen doen.

Eerst gaan we zien hoe de schakeling werkt. De reeds genoemde schakelaars staan getekend in de standen 30 V en 10 A. We veronderstellen dat de trafo met bruggelijkrichter en afvlakelco geen problemen opleveren. We dienen er voor te zorgen, dat de hoofdschakelaar  $S_1$  een behoorlijke stroom kan verdragen, 3 A is beslist geen overbodige luxe. Op punt A komt in onbelaste toestand een spanning te staan van 41 . . . 44 V. De afvlakelco dient daarop te zijn berekend. We leggen de 'ruwe' gelijkspanning aan punt 11 van het IC, en via de stabilisatieschakeling  $D_1$ - $R_1$ - $ZD_1$  en  $C_4$ , aan punt 12.



Afb. 4.11: Regelbare gestabiliseerde voeding met instelbare stroombegrenzing

Afb. 4.11: Indicatieschakeling (vervolg)





Op punt 6 is nu een referentiespanning van 7,15 V beschikbaar, die met C<sub>5</sub> nog eens extra wordt afgevlakt en van ruis wordt ontdaan. Deze referentiespanning wordt in een regelbare spanningsdeler gestuurd (R<sub>2</sub>-R<sub>3</sub>-D<sub>2</sub>). Op deze wijze krijgt punt 5 van het IC een spanning aangeboden die met R<sub>3</sub> regelbaar is van 0,7 . . . 6 V. Uitgang 10 van de  $\mu$ A 723 stuurt de Darlington T<sub>1</sub> die op zijn beurt de vier eindtransistoren van stuurstroom voorziet. De uitgangsspanning die via de emitterweerstand R<sub>6</sub> t/m R<sub>9</sub>, diode D<sub>3</sub> en weerstanden R<sub>10</sub> en R<sub>11</sub> de uitgangsklemmen bereikt, wordt ook nog toegevoerd aan een spanningsdeler. In de getekende stand van schakelaar S<sub>2a</sub> bestaat deze spanningsdeler uit R<sub>21</sub>, R<sub>22</sub> en R<sub>23</sub>. Deze is zo gedimensioneerd dat de uitgangsspanning door vijf wordt gedeeld op het knooppunt

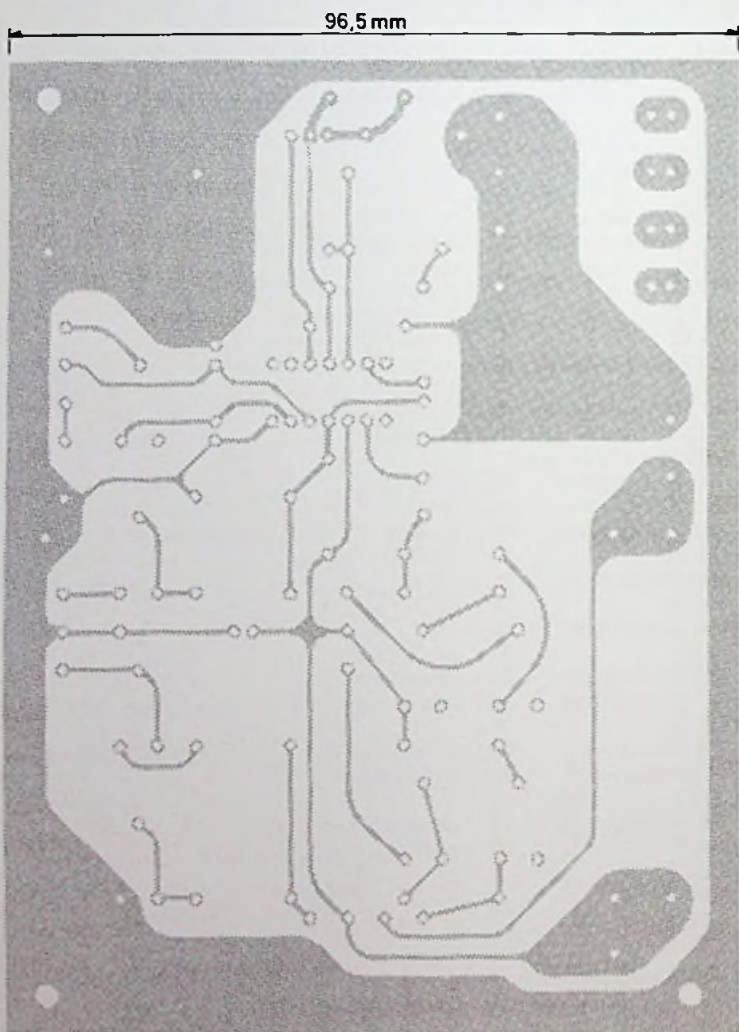
### Stuklijst bij afb. 4.11

R <sub>1</sub> - 470 $\Omega$ , ½ W	C <sub>1</sub> - 3,3 nF ker.	T <sub>1</sub> - BD267A
R <sub>2</sub> - 2k - instelpotm.	C <sub>2</sub> - 3,3 nF ker.	T <sub>2</sub> - 2N3772
R <sub>3</sub> - 5k potm. lineair	C <sub>3</sub> - 20.000 $\mu$ F/50 V	T <sub>3</sub> - 2N3772
R <sub>4</sub> - 560 $\Omega$	C <sub>4</sub> - 1000 $\mu$ F/40 V	T <sub>4</sub> - 2N3772
R <sub>5</sub> - 47 $\Omega$	C <sub>5</sub> - 4,7 $\mu$ F/10 V tantaal	T <sub>5</sub> - 2N3772
R <sub>6</sub> - 0,1 $\Omega$ , 1 W dr. gew.	C <sub>6</sub> - 4,7 $\mu$ F/10 V tantaal	Tr - transformator
R <sub>7</sub> - 0,1 $\Omega$ , 1 W dr. gew.	C <sub>7</sub> - 4,7 nF ker.	prim. 220 V
R <sub>8</sub> - 0,1 $\Omega$ , 1 W dr. gew.	C <sub>8</sub> - 10 $\mu$ F/ 35 V tantaal	sec. 32 V - 10 A
R <sub>9</sub> - 0,1 $\Omega$ , 1 W dr. gew.	C <sub>9</sub> - 1 $\mu$ F Siemens MKM	F - zekering 3,15 A
R <sub>10</sub> - 0,33 $\Omega$ , 10 W dr. gew.	C <sub>10</sub> - 22 nF ker.	traag
R <sub>11</sub> - 0,33 $\Omega$ , 10 W dr. gew.	D <sub>1</sub> - 1N4007	S <sub>1</sub> - mini-schakelaar
R <sub>12</sub> - 470 $\Omega$ potm. lineair	D <sub>2</sub> - 1N4148	dubbelpolig aan/uit
R <sub>13</sub> - 910 $\Omega$ metaalfilm	D <sub>3</sub> - Si-diode 12 A	S <sub>2a</sub> - mini-schakelaar
R <sub>14</sub> - 250 $\Omega$ instelpotm.	D <sub>4</sub> - 1N4007	dubbelpolig om
R <sub>15</sub> - 150 $\Omega$	D <sub>5</sub> - LED	S <sub>3a</sub> - mini-schakelaar
R <sub>16</sub> - 100 $\Omega$ instelpotm	D <sub>6</sub> - LED	dubbelpolig om
R <sub>17</sub> - 390 $\Omega$ *	D <sub>7</sub> - LED	B - bruggelijkrichter
R <sub>18</sub> - 100 $\Omega$ instelpotm. *	D <sub>8</sub> - LED	B60C12000
R <sub>19</sub> - 1k2 *	ZD1 - zenerdiode 39 V-1W	IC - $\mu$ A723 (DIL)
R <sub>20</sub> - 500 $\Omega$ instelpotm.	ZD2 - zenerdiode 6,2 V-250mW	Voor het prototype
R <sub>21</sub> - 5k-1% metaalfilm	M1 - 1 mA paneelmeter	werd verder nog ge-
R <sub>22</sub> - 820 $\Omega$	M2 - 1 mA paneelmeter	bruikt gemaakt van
R <sub>23</sub> - 500 $\Omega$ instelpotm.	L1 - varkensneusje	koelmateriaal, kast,
R <sub>24</sub> - 1k instelpotm. *	L2 - varkensneusje	knoppen en klein-
R <sub>25</sub> - 2,7k *		materiaal
R <sub>26</sub> - 10k instelpotm. *		
R <sub>27</sub> - 22k *		
R <sub>28</sub> - 3,3k, ½ W		
R <sub>29</sub> - 3,3k, ½ W		
R <sub>30</sub> - 3,3k, ½ W		
R <sub>31</sub> - 3,3k, ½ W		

Tenzij anders aangegeven zijn alle weerstanden kooltypen 1/8 watt (tolerantie 5%)  
 \* weerstandswaarden hangen af van de gebruikte paneelmeters (zie tekst)

van  $R_{21}$  en  $R_{22}$ . Dit deel wordt aan punt 4 van het IC gelegd. De meter die aangeeft welke uitgangsspanning beschikbaar is, wordt ingesteld met de voorschakelweerstand  $R_{26}$  en  $R_{27}$ .

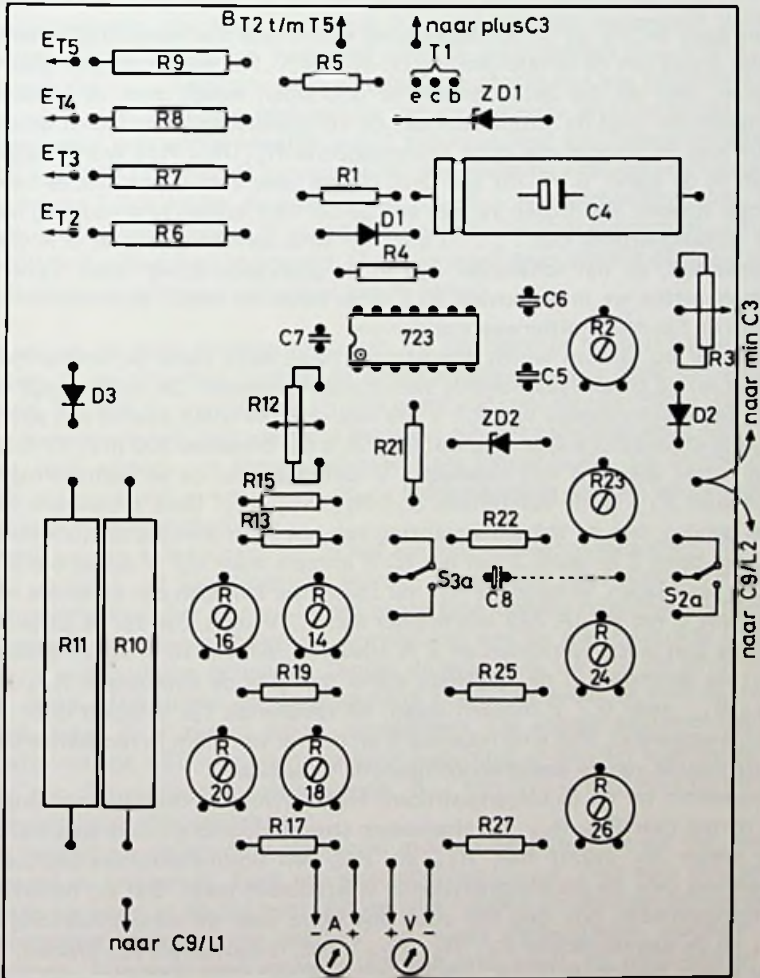
Nog even herhalen: de punten 4 en 5 zijn de ingangen van de verschilversterker die in het IC zit. Om een stabiele uitgangsspanning te verkrijgen dienen beide ingangen dezelfde spanning te hebben. Met de deelfactor in het achterhoofd zal duidelijk worden dat de uitgangsspanning vijf maal zo hoog zal zijn als de met  $R_3$  ingestelde referentiespanning. We kunnen regelen van 3,5 tot 30 V. Over de werking van zenerdiode  $ZD_2$ , die hier een waarde van



Afb. 4.12: *Print layout*

(. . . . = raster "254")

6,2 V heeft, is al het een en ander gezegd in de bespreking van de 12,6 V-voeding. Bovendien is de zener hier van noodzakelijke aard, omdat de zaak omschakelbaar is. Zetten we schakelaar  $S_{2a}$  in de stand '6 V', dan is het mogelijk dat de volle uitgangsspanning van bijvoorbeeld 30 V via  $R_{21}$  op punt 4 van het IC terecht komt en dat zal hoogstwaarschijnlijk resulteren in een bijdrage aan de afvalbak . . . De zener zorgt ervoor dat de spanning niet hoger kan worden dan 6,2 V tijdens het omschakelen. Zodra elco  $C_8$  zover leeg is dat de spanning beneden deze waarde is gedaald, spert de zener weer en doet alsof hij niet aanwezig is.



Afb. 4.13: Componentenzijde

Wat gebeurt er nu als we de schakelaar in de stand '6 V' zetten? De uitgangsspanning bereikt via  $R_{21}$  in zijn geheel ingang 4 van het IC. De werking is nu zodanig dat de uitgangsspanning gelijk is aan de met  $R_3$  ingestelde waarde.

Aan de meterschakeling  $R_{26}$ - $R_{27}$  wordt nu de combinatie  $R_{24}$ - $R_{25}$  parallel geschakeld. Het totaal aan voorschakelweerstanden heeft nu een dusdanige waarde dat de meter een volle-schaalwaarde van 6 V heeft. De uitgangsspanning wordt, vóór deze aan de klemmen wordt toegevoerd, nog eens voor HF-instraling ontkoppeld door middel van  $C_9$ - $L_1$ - $L_2$ - $C_{10}$ . Deze componenten dienen op zo kort mogelijke afstand van de aansluitklemmen te worden gemonteerd.

Dan gaan we nu de stroombegrenzing eens onder het vergrootglas nemen. Alles draait om de serieschakeling  $D_3$ - $R_{10}$ - $R_{11}$ . Als we het schema goed bekijken, zien we dat deze combinatie doorlopen wordt door de totale uitgangsstroom plus de stroom die aan de voltmeterschakeling wordt geleverd plus nog de stroom die door spanningsdeler  $R_{21}$ - $R_{22}$ - $R_{23}$  wordt opgenomen in de stand '6 V'. Nu zijn deze laatste twee slechts een fractie van de totale stroom. We mogen ze met een gerust hart buiten beschouwing laten. De uitgangsstroom dus . . . . Laten we eens aannemen dat er 2 A wordt afgenomen, en dat schakelaar  $S_{3a}$  in de getekende stand staat. Voor het gemak zetten we in gedachten  $R_{12}$  in de bovenste stand, dus met de loper tegen de lijn met emitterweerstand aan.

Zodra er nu stroom wordt afgenomen, moet deze vanaf de emitterlijn de diode en de parallelgeschakelde weerstanden passeren. De diode zorgt voor een vaste spanningsval van 0,7 V, de weerstanden tellen daarbij een stroomsterkte-afhankelijke spanning op. Bij 2 A is dat ongeveer 300 mV. Er zal dus een totale spanning van ruwweg 1 V ontstaan over de serieschakeling van potmeter  $R_{12}$  en de combinatie  $R_{13}$ - $R_{14}$ - $R_{15}$ - $R_{16}$ . Deze spanning is méér dan genoeg om de stroombegrenzing van het IC in werking te laten treden. Tussen punt 2 en punt 3 van het IC is immers maar 0,7 V nodig om dit te laten geschieden. Draaien we  $R_{12}$  nu zover naar beneden dat tussen de loper en punt 3 van de  $\mu A$  723 iets minder dan 0,7 V staat, dan zal de schakeling keurig zijn werk verrichten en 2 A afleveren. Als we 10 A willen afnemen met de potmeter in de 'onderste stand' zal over de combinatie  $R_{13}$ - $R_{14}$ - $R_{15}$ - $R_{16}$  weer 0,7 V moeten staan, de resterende 1,5 V wordt door  $R_{12}$  zelf weggewerkt. Met enig rekenwerk en de wet van Ohm in het achterhoofd is de waarde van de weerstandcombinatie te bepalen.

Hoe meten we nu de uitgangsstroom? Héél eenvoudig: door de spanningsval te meten over  $R_{10}$ - $R_{11}$ . De afgenomen stroom doorloopt deze weerstanden en meter  $M_2$  vormt met  $R_{19}$  en  $R_{20}$  een voltmeterschakeling die de spanning over de parallelgeschakelde weerstanden meet. Dat er, behalve de uitgangsstroom, ook nog een paar mA extra naar de meterschakeling van  $M_1$  en de spanningsdeler  $R_{21}$ - $R_{22}$ - $R_{23}$  loopt, is nauwelijks van invloed.

Nu zetten we schakelaar  $S_{3a}$  in de stand '1 A'. Het gevolg daarvan is dat de stroombegrenzingspotmeter een hoogohmige serieweerstand krijgt. Alleen

$R_{13}$  en  $R_{14}$  staan nu nog ingeschakeld en daarmee wordt het regelbereik van  $R_{12}$  aanzienlijk beperkt. Tevens worden door het omzetten van  $S_{3a}$  twee weerstanden,  $R_{17}$  en  $R_{18}$  parallel gezet aan de combinatie  $R_{19}$ - $R_{20}$ . Hetgeen resulteert in een gevoeligheid van 150 mV volle schaaluitslag van meter  $M_2$ . Als we een stroom van 1 A afnemen, zal er over de beide 'meet'-weerstand  $R_{10}$  en  $R_{11}$  eenzelfde spanning ontstaan. We behoeven slechts de schaalverdeling aan te passen.

In het prototype werd gebruik gemaakt van vrij dure meetinstrumenten. Voor de voltmeter werd een type toegepast met een schaalverdeling tot 30 V met een onderverdeling van 1 V per schaalstreepje. De voorschakelweerstand werd eruit gesloopt (27 k $\Omega$ ), de inwendige weerstand van de draaispoel bedroeg 3000  $\Omega$  en het systeem had 1 mA nodig voor volle schaal-aanwijzing. Na enig rekenwerk kon dus worden vastgesteld welke waarden dienen te worden toegepast voor de weerstanden  $R_{24}$  t/m  $R_{27}$ . Dat was dat . . . Tenslotte werd de schaal uitgebreid met een verdeling van 0 . . . 6 V, een en ander met behulp van de bekende 'wrijf-lettertjes'. De stroommeter was oorspronkelijk een 1 mA-type met een inwendige weerstand van 100  $\Omega$ . Voor de genoemde 10 A-aanwijzing was een volle-schaalwaarde van 1,5 V nodig, de waarde van  $R_{19}$ - $R_{20}$  was snel uitgerekend. Bij een doorgangstroom van 1 A werd de zaak via parallelschakeling van  $R_{17}$ - $R_{18}$  op 150 mV volle schaal afgeregeld. Ook hier werd weer gebruik gemaakt van wrijfletters en -cijfers om de schaal aan te passen.

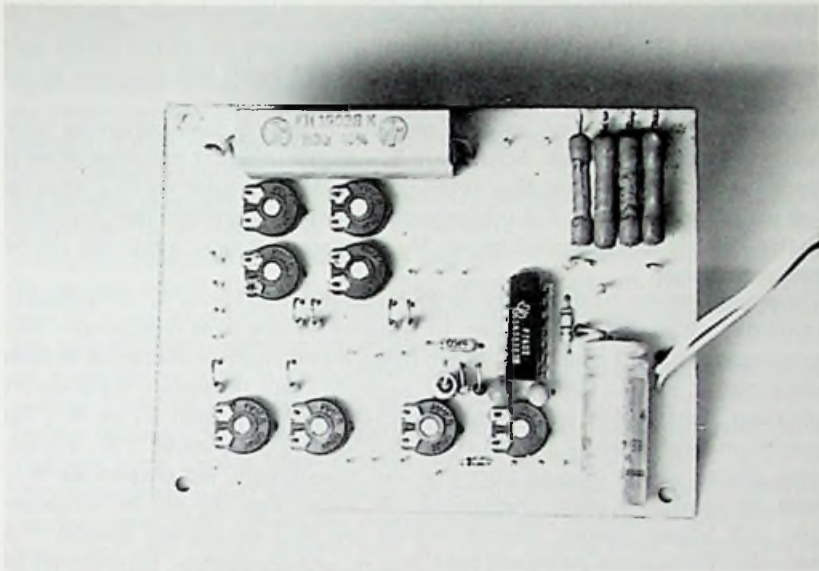
Net als bij de twee voedingsapparaten die we hiervoor hebben besproken, vormen de weerstanden rondom de eindtransistoren alleen maar een instelcircuit.  $R_6$  t/m  $R_9$  verdelen de stroom evenredig over de vier 'dikke' torren. Dan moeten we nog even aandacht besteden aan het indicatiecircuit dat aangeeft welk stroom- of spanningsbereik staat ingeschakeld. De schakeling, zoals die getekend is, kan zowel op de trafowikkeling worden aangesloten, als van punt A naar massa.

Omdat we een extra diode,  $D_4$  in het schema, hebben opgenomen, kan de zaak op gelijk- of wisselspanning worden aangesloten. Het is maar net wat we het gemakkelijkst vinden. In het proto-type werden miniatuur-tumblers toegepast voor de omschakeling, kortsluiting van de niet gebruikte LED's was de eenvoudigste oplossing. Omdat de gebruikte trafo in dit geval over een aantal aftakkingen op de secundaire beschikte, werd de zaak op twee 'taps', waar 6 V tussen stond, aangesloten. De voorschakelweerstand in serie met de LED's konden daardoor laagohmig en van het subminiatuur-type zijn. De aangegeven waarden voor  $R_{28}$  t/m  $R_{31}$  gelden voor de eerder vermelde aansluitmogelijkheden.

Tot besluit zal de voeding afgeregeld moeten worden. Hoe we dat doen, gaan we nu bespreken. Eerst een waarschuwing vooraf. Zorg voor een rustig plekje, en neem er de tijd voor. Als we alles hebben aangesloten en nog eens gecontroleerd op soldeer-'spetters' en juiste verbindingen kunnen we beginnen. Allereerst gaan we weer iets loshalen! Jawel, we onderbreken de verbinding tussen de 'ruwe' gelijkspanning en de rest van ons apparaat bij

punt 'A'. We zetten daar zolang een zekering van een paar honderd milliampère tussen, een weerstandje van  $10 \Omega$ ,  $\frac{1}{2}$  W mag ook. Nog éven geduld; eerst draaien we alle instelpotmeters op de print linksom. De twee 'hoofd'potmeters zetten we op half en de bereik-schakelaars op 6 V resp. 1 A. We laten de uitgangsklemmen open. Nu halen we de universeelmeter te voorschijn en sluiten de minklem van de voeding aan op het zwarte meetsnoer. De rode meetpen houden we 'in de aanslag'. Nu is het grote moment gekomen, de netspanning kan worden ingeschakeld . . . We houden goed in de gaten wat de voltmeter op ons voedingsapparaat gaat doen, hij mag wél uitslaan, maar niet tot in de rechterhoek. Is dat in orde dan kunnen we beginnen. We starten met instelpotmeter  $R_2$ . De rode meetpen van de universeelmeter prikken we op de verbinding tussen  $R_2$  en  $R_3$ . We regelen  $R_2$  zover op dat de universeelmeter 6 V aanwijst. Draaien we nu voorzichtig aan  $R_3$  dan mag de universeelmetaanwijzing niet veranderen. De voltmeter op het voedingsapparaat moet wel reageren. We zetten de rode meetpen nu op de plusklem van de voeding en kijken welke spanning daar aanwezig is. Als alles in orde is, moeten we de uitgangsspanning met behulp van  $R_3$  kunnen variëren tussen 0,7 V en 6 V. We kiezen nu met de universeelmeter nog steeds op de uitgangsklemmen een hoger spanningsbereik, bijvoorbeeld 50 V. Dan zetten we  $S_{2a}$  in de stand '30 V'. We bekommeren ons nu nog niet om de aanwijzing van meter  $M_1$ , dat komt straks wel in orde. Als de schakelaar omgezet is, zal de uitgangsspanning oplopen. Met behulp van  $R_{23}$  wordt de uitgangsspanning bijgeregeld tot precies 30 V bij geheel rechtsom gedraaide  $R_3$ . Zodra dit is gebeurd, kunnen we met  $R_{26}$  de metaanwijzing van  $M_1$  op volle schaal brengen. Vervolgens schakelen we weer terug naar het '6 V'-bereik en stellen  $R_{24}$  in op volle schaaluitslag van  $M_1$ . Daarmee is de instelprocedure van de spanningsafdeling voltooid. We kunnen de zekering (of het weerstandje) bij punt A verwijderen en de doorverbinding herstellen. Nog even controleren of de universeelmeter dezelfde aanwijzing geeft als meter  $M_1$  op de voeding, bij verschillende standen van  $S_{2a}$  en  $R_3$ ; maar dat zal wel kloppen. Nu komt de stroombegrenzing en de instelling daarvan aan de beurt.

Eerst draaien we  $R_{12}$  geheel linksom. Schakelaar  $S_{3a}$  in de stand '1 A' en schakelaar  $S_{2a}$  in de stand '6 V'. We stellen de spanning op de uitgangsklemmen in op ongeveer 4 V. We nemen de rode meetpen van de universeelmeter los van de uitgang. Tussen de plusklem van de voeding en de meetpen die we zo-even hebben losgemaakt, wordt een weerstand van  $39 \Omega$  geplaatst. Een half-watt-type of zwaarder zal het best doen. Voor we de voeding weer inschakelen, dienen we de universeelmeter wel op het 'stroom'-bereik gezet te hebben, bijvoorbeeld 100 of 300 mA. Als de zaak is aangesloten zal er stroom door de weerstand lopen. De universeelmeter zal deze stroom aanwijzen en ook de stroommeter op het voedingsapparaat,  $M_2$ , zal een zekere uitslag vertonen. Vermoedelijk zal de spanningsmeter iets terugvallen en op ongeveer 2 V blijven hangen. Dat is een teken dat de stroombegrenzing in werking treedt en dat we met een gerust hart aan de verdere afregeling kunnen beginnen.



Afb. 4.14: De print van het prototype

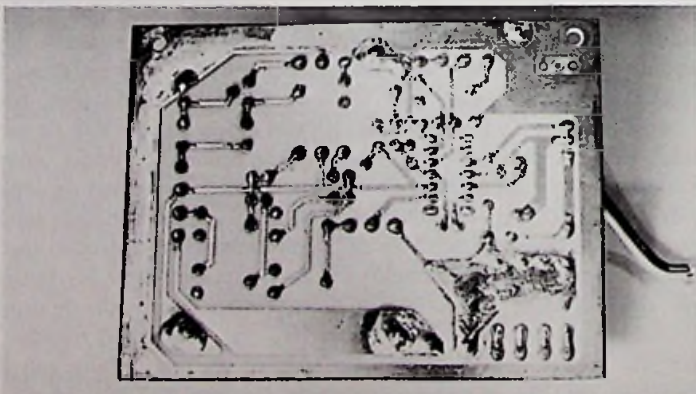
We sluiten nu de universeelmeter, die op het hoogste stroombereik wordt ingesteld, direct aan op de uitgangsklemmen. We zien dat de stroommeter op de voeding weer even ver uitslaat als dat het geval was met de  $39 \Omega$  weerstand in serie. De spanningsmeter zal vrijwel geheel naar nul terugvallen. De universeelmeter zal uitslaan tot enkele tientallen milli-ampères en nu kunnen we voorzichtig gaan draaien aan  $R_{12}$ . Zowel de universeelmeter als de stroommeter op de voeding zullen langzaam oplopen. Het hangt van de gebruikte universeelmeter af hoe hoog we kunnen komen. De meeste redelijke meters halen wel 1 A. Halen we dit met onze meter niet, dan moeten we voorlopig maar zo hoog mogelijk gaan en dan stoppen. Na enige tijd moeten we controleren hoe het gesteld is met de temperatuur van de koelvinnen. Die mag beslist niet te hoog worden: hand-warm, ongeveer  $35 \dots 40^\circ\text{C}$ , dan is de boel in orde. Bij een lagere stroom dan de vermelde 1 A zal de koelvin met de vier eindtransistoren evenredig minder opwarmen. We draaien nu  $R_{12}$  terug naar de minimumstand en zetten de schakelaar om in de stand '10 A'. Vergeleken met de andere stand van deze schakelaar mag er geen merkbaar verschil in de minimumstroom optreden die wordt aangewezen door de universeelmeter, wèl zal de stroommeter  $M_2$  terugvallen. Nu gaan we  $R_{12}$  weer opdraaien tot de maximale waarde die de universeelmeter kan aangeven. De instelling van  $R_{12}$  zal beduidend minder 'hoog' zijn dan dat eerder het geval was. Nu kunnen we met behulp van  $R_{20}$  de meteraflezing van  $M_2$  in overeenstemming brengen met die van de universeelmeter. Het zal duidelijk zijn, dat de nauwkeurigheid van  $M_2$  nauw

samenhangt met de maximale waarde van onze universeelmeter. Kunnen we bijvoorbeeld tot 10 A gaan, dan is de aanwijzing over het gehele bereik aanzienlijk nauwkeuriger dan dat we ergens in het begin van de meterschaal moeten 'gelijk-zetten'.

Hebben we  $R_{20}$  eenmaal zo goed mogelijk ingesteld dan kunnen we weer terug naar het 1 A-bereik. Schakelaar  $S_{3a}$  wordt omgezet nadat we er eerst voor hebben gezorgd, dat  $R_{12}$  is teruggedraaid. We draaien nu  $R_{12}$  weer op tot we in de buurt van 1 A-uitgangsstroom zitten en brengen met instelpotmeter  $R_{18}$  de schaal-aanwijzing van  $M_2$  in overeenstemming met die van de universeelmeter.

De aanwijzing van beide meters op de voedingseenheid is nu in overeenstemming met de werkelijke waarden. Er resteren nu nog twee regelpunten. Het voedingsapparaat is bruikbaar, alleen halen we nog niet de maximale stroom die mogelijk is. Daartoe moeten we  $R_{14}$  en  $R_{16}$  nog bijregelen. We doen dit als volgt. Eerst halen we de universeelmeter los en draaien  $R_3$  en  $R_{12}$  op minimum. We zetten  $S_{2a}$  in de stand '6 V' en  $S_{3a}$  in de stand '1 A'. Vervolgens sluiten we de uitgang kort met een draadbrugje. Nu draaien we  $R_{12}$  naar de maximale stand (rechtsom), de wijzer van  $M_2$  zal bij ongeveer 700 mA blijven steken. Daarna regelen we  $R_{14}$  op tot  $M_2$  precies 1 A aanwijst. We kunnen desnoods even met de universeelmeter controleren of de zaak nog steeds klopt. Als we de vorige afregeling nauwgezet hebben uitgevoerd zal dat wel meevallen. Vervolgens draaien we  $R_{12}$  terug en schakelen over naar het 10 A-bereik. Met het draadbrugje over de uitgangsklemmen handhaven we de kortsluiting en draaien  $R_{12}$  weer rechtsom. Ook nu zal de wijzer van  $M_2$  niet het einde van de schaal halen, maar dat kunnen we wél bereiken door  $R_{16}$  bij te regelen.

Aangenomen dat er zich geen moeilijkheden hebben voorgedaan, is ons voedingsapparaat nu geheel voor gebruik gereed. Toch is het nuttig om nog een paar opmerkingen de revue te laten passeren. De in de tabel bij het schema aangegeven waarden van de componenten gelden allemaal voor het



**Afb. 4.15:** De print met onderdelen van het prototype



proto-type, ze zijn vrijwel allemaal experimenteel vastgesteld. De 'meet'-weerstand met bijbehorende instelpotmeters zijn berekend op het gebruik van paneelmeters van het gebruikte type. Andere meters met afwijkende eigenschappen zullen een aanpassing vergen voor wat betreft de waarden van de meetweerstand. Als we bereid zijn de wet van Ohm weer eens op te poetsen, zullen de rekenpartijen die daarvan het gevolg zijn voor niemand een onneembare hindernis vormen.

We moeten nog even stilstaan bij diode  $D_3$ . Dit moet een fors type zijn, dat tenminste 15 A moeiteloos kan verwerken. In het proto-type werd een exemplaar toegepast in metalen huis met schroefbevestiging dat samen met  $T_1$  op een aparte koelplaat in de kast werd gemonteerd. Nu is de ellende met dit soort 'knollen', dat bij kleine stromen de stapspanning over de diode een paar milli-volt lager ligt dan de gewenste 0,7 V. Het gevolg daarvan is dat de stroombegrenzing in de onderste regionen niet geheel stabiel op de gewenste instelling blijft staan en dat beïnvloeding door temperatuurschommeling optreedt. Wanneer de voedingseenheid bijvoorbeeld gedurende lange tijd een forse stroom heeft moeten leveren, en daardoor 'heet' is, zal de stroombegrenzing niet onmiddellijk tot de minimumwaarde kunnen worden teruggeregeld. Vél scheelt het overigens niet, een experiment met een PTC-weerstand van  $150 \Omega$  in serie met  $R_{13}$ - $R_{14}$  leverde enige verbetering op, maar onderdrukte het verschijnsel niet voldoende. Bovendien bleek de instelling van grote stromen veel lastiger te worden. Even geduld oefenen en de voeding laten afkoelen lijkt in dit geval de eenvoudigste oplossing.

Nog een tip: gebruik voor  $R_{21}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{25}$  en  $R_{27}$  als het even kan metaalfilmweerstand, dit zal de nauwkeurigheid ten goede komen. Tenslotte dienen we de leidingen die 'stroom' voeren kort en dik te houden, de print geïsoleerd op te stellen en de massaverbindingen van print, elco en dergelijke te laten samenkomen bij de minklem van de uitgang. Daar wordt ook de kast mee doorverbonden. Op de foto van afb. 4.16 zien we hoe de kant-en-klare voedingseenheid er uit kan zien.



**Afb. 4.16:** De voeding is klaar, zit in de kast en kan worden gebruikt voor allerlei doeleinden

## 4.3 De Dipmeter

Eén van de veelzijdigste hulpmiddelen die er voor de zend- en luisteramateurs bestaan, is de dipmeter. Voor elke doe-het-zelver die iets met hoogfrequent-spullen te maken heeft kan zo'n apparaatje zijn nut bewijzen. Wat zijn dan wel de mogelijkheden van dit wonderlijke stukje elektronica? De toepassingen zijn legio. We kunnen hoogfrequentesignalen opwekken in een zeer uitgestrekt frequentiegebied, de dipmeter wordt dan gebruikt als signaalgever. Deze mogelijkheid biedt vele perspectieven. Verder kunnen we op de meeste typen ook de mogelijkheid aantreffen om hoogfrequentesignalen op te pikken en via een meterindicatie afleesbaar te maken. Deze twee basis-eigenschappen, signaalgever en signaalzoeker, maken de dipmeter tot een apparaat dat overal waar hoogfrequent aanwezig is, dienst kan doen. We zullen puntsgewijs aangeven hoe en waar de dipmeter kan worden ingezet.

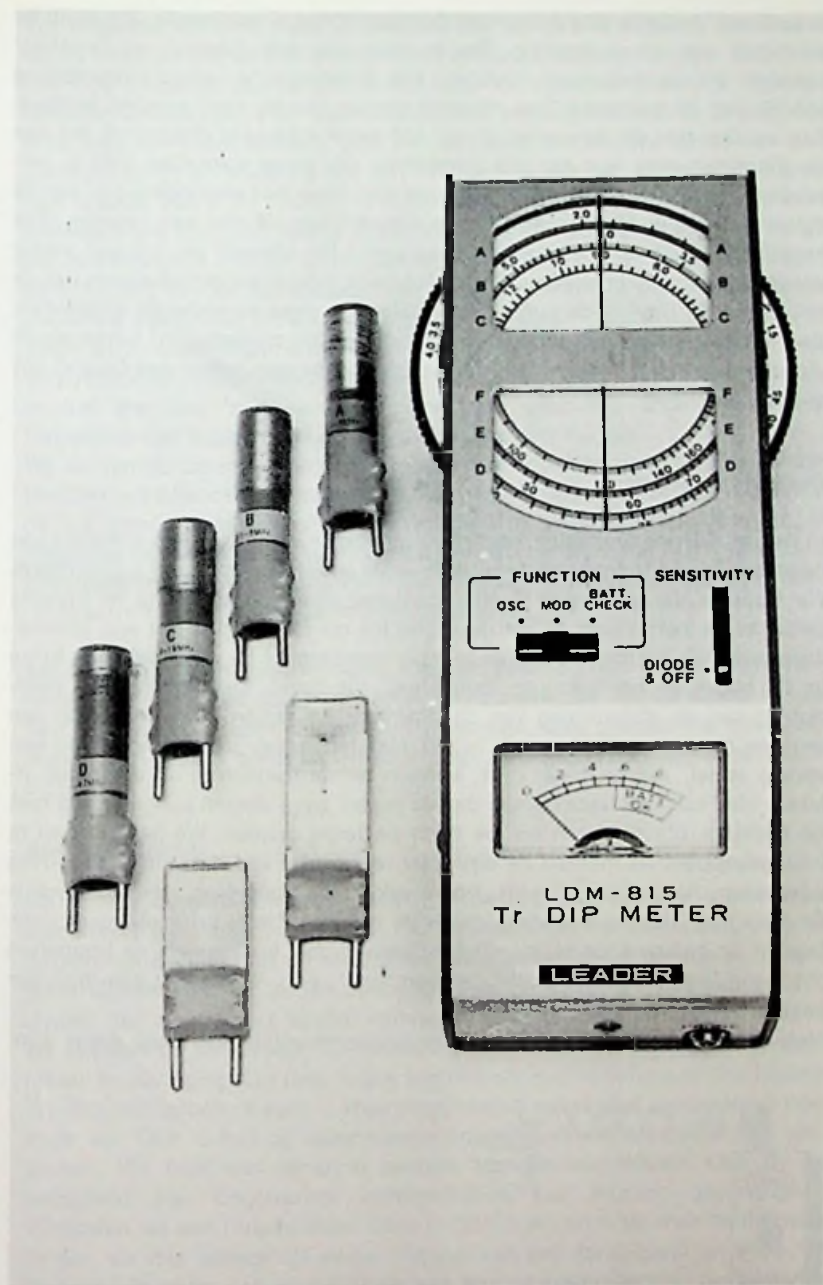
Eerst dienen we na te gaan wat we aan de dipmeter hebben en daartoe moeten we toch weten hoe dat ding werkt. Als we een dipmeter gaan opereren, zien we een afstemcondensator, een spoelvoetje, een batterijtje, een metertje en nog wat ander kleingoed. Al die spullen zijn op een zodanige wijze met elkaar verbonden dat er een oscillator uit is ontstaan. Het signaalniveau dat deze oscillator opwekt wordt door het metertje aangegeven en is meestal nog regelbaar ook. In de spoelvoet kunnen spoelen gezet worden met verschillende zelfinducties. De afstemcondensator is voorzien van een meervoudige schaal waarop de opgewekte frequenties staan aangegeven. Goed, dat weten we, maar wat kunnen we ermee doen? Even nadenken . . . het metertje geeft het signaalniveau van de oscillator aan . . . zouden we daar wat mee kunnen doen? Jazeker, dat is heel goed mogelijk, als we kans zien om het signaalniveau van buitenaf te verstoren en dat kan, let maar op.

Laten we aannemen dat de dipper staat te oscilleren op een bepaalde frequentie, de betreffende spoel is in de spoelvoet gestoken. Het metertje geeft een zekere uitslag. Als we nu eens een L-C-kring die dezelfde resonantiefrequentie heeft 'koppelen' met de uit de dipper stekende spoel? Ja hoor, deze kring zal energie aan de dipper onttrekken en het metertje zal iets terugvallen, 'dippen' noemen we dat, en dat gebeurt alleen maar op die frequentie waarbij de extra kring in resonantie komt. Daarmee hebben we meteen de eerste mogelijkheid van de dipmeter aangestipt: het bepalen van de resonantiefrequentie van L-C-kringen. Daarover straks nog iets meer.

We gaan nu eens op een rijtje zetten wat er zoal mogelijk is met de dipmeter en hoe we te werk moeten gaan.

### Hoogfrequent-signaalgenerator

Door de dipper met een passende spoel uit te rusten kunnen we een mooi signaalje produceren op een frequentie die ons past. De antenne van de af te regelen ontvanger pikt dat signaal op en we kunnen aan het 'trimmen' gaan. Het voordeel is, dat de ontvanger compleet met aangesloten antenne, dus onder 'werkconditie', wordt afgeregeld. Signaaloverdracht geschiedt



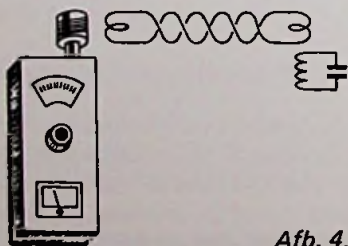
Afb. 4.17a: Een grid-dipmeter; handig hulpmiddel voor de radio-amateur

draadloos. Veelal is de straling van de dipperspoel al voldoende. Zit er op de dipmeter een niveauregeling dan kunnen we ook 'sterke' en 'zwakke' signalen op de ontvanger loslaten. De automatische versterkingsregeling (AVR) van de ontvanger kan op deze manier aan de tand worden gevoeld. Een aardige tip: als de ontvanger op een zwak station is afgestemd, zet dan de dipmeter eens aan op een frequentie die enige tientallen kHz is verwijderd van de feitelijke ontvangfrequentie. Voer het stralingsniveau van de dipper eens flink op en moduleer de dipperdraaggolf met een toontje. (Die mogelijkheid zit op de meeste exemplaren.) Nu kunnen we ons een aardig beeld vormen van de selectiviteit en de kruismodulatie-eigenschappen van de ontvanger. Is die 'uit-de-kunst', dan zullen we geen verandering bespeuren. Zou het ruisniveau van het zwakke station ernstig toenemen of horen we de dipper er dwars doorheen dan is het tijd om ons eens achter het (wijze) oor te krabben . . . .

### Resonantie-meting

In het inleidende verhaaltje over de dipmeter is reeds melding gemaakt van de mogelijkheid tot het bepalen van de resonantiefrequentie van L-C-kringen. We kunnen dat op verschillende manieren doen. Is de kring in kwestie gemakkelijk bereikbaar of ligt deze nog los op tafel dan is het een eenvoudige zaak. We houden de dipper met de insteekspoel bij de onbekende kring in de buurt en brengen een 'koppeling' tot stand. Dan draaien we voorzichtig aan de afstemming van de dipmeter en kijken of de meter op een gegeven moment wil 'dippen'. Is dat niet het geval, dan proberen we een andere spoel. Als de meter dipt, kunnen we de frequentie op de schaal aflezen. Het kan ook voorkomen dat de meter twee dippen aangeeft, die niet op dezelfde plaats zitten als we heen en terug draaien. We hebben dan te vast gekoppeld en moeten de dipmeter iets verder van de onbekende kring wegzetten. Als vuistregel geldt: hoe zwakker de koppeling, des te kleiner is de dip, maar zo veel nauwkeuriger is de meting! Zit de kring al ergens ingebouwd en kunnen we er moeilijk bijkomen dan kunnen we de koppeling tot stand brengen door middel van een 'link'. Afb. 4.17b laat zien hoe dat gaat.

Het aantal windingen van de beide koppelspoeltjes kan heel klein zijn.



Afb. 4.17b: Resonantiemeting via link-koppeling

Tot ongeveer 10 MHz twee windingen, daarboven één winding. Wel moeten we de draadjes die de linkspoeltjes met elkaar verbinden, twisten. Dan is het ook nog mogelijk dat de L-C-combinatie (of de spoel alleen) is ingeblikt. Middenfrequenttrafo's en oscillatorspoelen zouden dus niet te dippen zijn. Maar met een klein foefje is daar wel wat op te vinden. We nemen een klein condensatortje en solderen dat aan het 'hete' einde van de ingeblikte spoel. Een waarde van 2 . . . 10 pF is voldoende. Het vrijhangende draadje ervan verlengen we met een stukje draad of snoer van zo kort mogelijke lengte. Dit verlengstukje eindigt in een spiraaltje van één of meer 'windingen' dat in de nabijheid van de insteekspoel van de dipper wordt gehouden. De spoel of L-C-kring kan op deze manier tóch gedipt worden.

Voor antennemetingen kunnen we de dipmeter óók gebruiken. We dienen de antenne wel bij de hand te hebben, dus zonder kabel eraan en er tevens om denken dat een 'antenne-op-de-grond' wel eens een andere resonantie-frequentie kan hebben dan op vijftig meter hoogte . . .

We sluiten de antenne aan op een koppelspoeltje van hooguit één winding. Hebben wij bijvoorbeeld te maken met een verticale straler dan moeten we de lus tussen deze straler en de 'radialen' of de aardleiding plaatsen. We koppelen de lus of winding met de spoel van de dipmeter en draaien de afstemming tot de meter terugvalt. De antenne neemt energie op, hij is dus in resonantie en we kunnen de frequentie aflezen.

**Let op:** bij resonantiemetingen mag er geen signaal op de betreffende kringen of antennes staan of het moet zó zwak zijn dat de dipper er geen 'last' van heeft. Mocht dit wel het geval zijn, dan moeten we een andere manier van meten toepassen, hetzij absorptiemeting dan wel interferentiemeting.

### Absorptiemeting

De meeste dipmeters kunnen ook in uitgeschakelde toestand dienst doen. Dat klinkt gek, maar het is tóch zo. Meestal blijft het metercircuit via een detectorschakeling met de afstemming verbonden zodat we sterke hoogfrequentiesignalen die we willen opsporen kunnen aantonen. We gebruiken de dipper dan gewoon als 'kristal'-ontvanger. Insteekspoel en afstemcondensator bepalen de frequentie, de detector richt de HF-spanning gelijk en zet de meter in beweging. Op deze wijze kunnen we oscillatiefrequenties bepalen, zendereindtrappen afregelen, staandegolven op coaxkabel aantonen en noem maar op. Ook is het op deze manier mogelijk eventuele parasieten op te sporen, die (nog wel eens) in zenders kunnen voorkomen. Ook de aanwezigheid van ongewenste harmonischen kan worden gecontroleerd. Koppelen we een hulpantenne door middel van een lusje met de dipper en zetten we dat geheel op enige afstand van een (draaibare) antenne, dan kunnen we zelfs een idee krijgen van het stralingsdiagram. We dienen er alleen voor te zorgen dat de zender is ingeschakeld en een constant vermogen de antenne instuurt.

## Interferentiemeting

Vrijwel elke dipmeter is uitgerust met een aansluiting voor een oortelefoon. De grap is dat we met zo'n oortelefoon nog nauwkeuriger te werk kunnen gaan dan in de vorige methode is aangegeven. Wat we nu doen is niet meer afgaan op de meteraflezing maar op ons gehoor. We laten de dipper oscilleren en zoeken dan het onbekende signaal op. Zodra de frequentie van de dipmeter in de buurt komt van de signaalfrequentie zal er een interferentie-toontje in de oortelefoon hoorbaar worden. Hoe 'dichter' we de signaalfrequentie naderen, des te lager wordt de interferentietoon. Als we 'zero-beat' te pakken hebben, kunnen we de frequentie zeer nauwkeurig aflezen. Vooral bij frequenties die op de 'hoge' kant van de afstemschaal zitten, is de meter veel te breed met zijn maximumaanwijzing en kan de oortelefoon uitkomst brengen.

## Zelfinductiemeting

Om een spoel met onbekende zelfinductie zijn plaats in de afvalbak te laten inruimen voor 'echt' afval is niet zo moeilijk. We hebben er, behalve de dipmeter ook nog een bekende condensator voor nodig, en een rekensommetje. We schakelen de dipper in en verbinden de bekende condensator met de onbekende spoel. We laten ze parallel 'kennismaken' en spoedig zullen ze resoneren op de door de dipper toegediende frequentie. De zelfinductie is nu te berekenen met behulp van de volgende formule:

$$L \text{ (in } \mu\text{H)} = \frac{25.400}{C(\text{pF}) \cdot F^2}$$

De factor  $F^2$  betekent: de door de dipper aangegeven frequentie in MHz in het kwadraat. Even een voorbeeld: geeft de dipper 10 MHz en is de bekende condensator 20 pF, dan zal de berekening er als volgt uit zien:

$$L = \frac{25.400}{20 \times 10 \times 10} = 12,7 \mu\text{H}$$

Maken we het 'meten' van onbekende spoelen tot dagelijkse bezigheid dan doen we er verstandig aan een precisiecondensator van bijvoorbeeld 50 pF te kopen en die in een piepklein plastic doosje met twee busjes te monteren. Als onze dipmeter een bereik heeft van bijvoorbeeld 1 . . . 200 MHz, kunnen we spoelen 'meten' van enkele nanohenry's tot een paar honderd microhenry. De precisiecondensator moet met uiterst korte draadjes worden doorverbonden met de onbekende spoel, anders loopt het fout . . .

## Capaciteitsmeting

Het zal ongetwijfeld duidelijk zijn, dat als we met een dipmeter en een bekende condensator een onbekende zelfinductie kunnen uitpuzzelen, het omgekeerde óók mogelijk is. Als we een bekende zelfinductie parallel schakelen aan een onbekende condensator hebben we weer een trillingskring

die we met de dipper kunnen 'meten'. En dan kunnen we via de rekensom de waarde van de condensator weer bepalen. Om de zaak niet al te ingewikkeld te maken draaien we de formule die ons moet helpen ook nog even af:

$$C \text{ (in pF)} = \frac{25.400}{L \text{ (in } \mu\text{H}) \cdot F^2}$$

Nu is een precisiespoel niet een artikel dat zomaar voor het opscheppen ligt, maar we kunnen er desnoods eentje zelf maken, òf één van de dipperspoelen er voor gebruiken. Weten we ook dààr van de zelfinductie niet dan kunnen we die wel met de dipper zelf bepalen (zie: zelfinductiemeting).

### Andere mogelijkheden

Na deze opsomming van allerlei nuttige mogelijkheden van de dipmeter is er nog wel meer te bedenken. Sommige dippers waarin de oscillator van het Collpitts-type is, zijn uitgerust met spoelen zonder aftakkingen of terugkoppelwikkeling. De spoelvoet heeft slechts twee gaatjes en het zijn deze typen dipmeters die ook dienst kunnen doen als kristaloscillator. Lees de gebruiksaanwijzing van de dipmeter er maar eens op na, er zijn vaak interessante mogelijkheden. De mening van vrijwel elke dipmeter-eigenaar luidt doorgaans: zo'n ding kun je eigenlijk niet missen en je ontdekt steeds nieuwe mogelijkheden.

## 4.4 De standegolfmeter

Overal waar zenders in gebruik zijn, vinden we ook antennes. Antennes in zakformaat, sprietjes, dipolen en via meer-elements-antennes belanden we in de wereld van de 'echte' antenne-systemen. Rhombic, gordijnantenne, de 'Beverage', quad's het zijn allemaal antennes die, behalve voor ontvangst ook voor zenden geschikt zijn. Toch is het een bijna vanzelfsprekende zaak dat een 'omroepzender' niet veel begint met een staafantenne van een halve meter lengte, evenmin zullen we op het dak van een 'D'-amateur een langdraadantenne in vol bedrijf aantreffen. (Tenzij er op de korte golf wordt geluisterd.) De ene antenne is dus duidelijk de andere niet, de zendamateur en de luisteraar kiezen heel bewust het antennetype dat 'past' bij hun apparatuur.

En over dat 'passen' (èn meten) gaat dit hoofdstukje. We kunnen er vrijwel iedere gebruiksaanwijzing van zend- en ontvangapparatuur op naslaan; de antenne-aanpassing komt altijd wel ergens ter sprake. Meestal wordt die aangegeven als 'zus-of-zoveel' ohms en daar moeten we het dan maar mee doen . . . Laten we eerst eens even stilstaan bij dat, wat er gebeurt met ons zendersignaal dat we de lucht in willen sturen. We kunnen de zender eenvoudig met een stuk kabel aan de antenne knopen en zien wat er van terecht komt. Nou, dat is doorgaans niet zo bar veel, we lopen zelfs kans onze fraaie

zender de (dure) nek om te draaien als we niet oppassen. Nee, onze antenne moet 'aangepast' zijn aan de zenderuitgang. Ons zendersignaal is een hoog-frequente spanning die op een juiste wijze moet worden belast. Laten we er vanuit gaan dat we over een zender beschikken die een vermogen aflevert van 50 W, de gebruiksaanwijzing leert ons dat de 'aanpassing' 50  $\Omega$  bedraagt. Als we even een vergelijking maken met gewone spanningen en stromen kunnen we er via de wet van Ohm achter komen dat de spanning 50 V bedraagt, terwijl er een stroom van 1 A loopt. (De vergelijking klopt niet helemaal, het is maar een voorbeeld.) Stel nu eens dat we een weerstand op de zenderuitgang zouden aansluiten van 50  $\Omega$ , dan zou de zaak helemaal in orde zijn. Een weerstand die bijvoorbeeld maar 10  $\Omega$  is, zou de hele boel in de war sturen. Bij 1 A doorgangsstroom zouden we maar 10 W energie in de weerstand kwijtraken en waar blijft de overige 40 W? Of als we ons aan de eerder genoemde 50 V zouden vasthouden, zou er maar liefst 250 W door onze zender moeten worden afgegeven en dat lukt nooit. Nee, die 50  $\Omega$  is wel een belangrijke waarde . . .

Alles goed en wel, maar als je bijvoorbeeld een dipool aan de klemmen van een ohmmeter hangt zal wel een 'open' type een waarde van oneindige hoogte opleveren, terwijl een gesloten dipool in plaats van de beruchte 300  $\Omega$  een bedenkelijk lage weerstandswaarde vertegenwoordigt. Nee, we meten de 'weerstand' van antennes niet met gelijkstroom of een ohmmeter, daar schieten we niks mee op. De enige juiste meetmethode is die waarbij de waarde wordt berekend uit de spanning en stroom die de antenne bij zijn resonantiefrequentie verwerkt. Dààr zit de clou: bij de resonantiefrequentie, de 'eigen' frequentie van de antenne, wordt die weerstand bepaald en we noemen de waarde die uit de rekensom tevoorschijn komt de 'stralingsweerstand'. De grap is nu juist dat de antenne bij zijn resonantiefrequentie een zuiver ohms gedrag vertoont. Voeren we de antennespanning op dan neemt de antennestroom evenredig toe. Zitten we 'er naast' dan kan de antenne zich inductief of capacitief gaan gedragen en de uiteindelijke stralingsweerstand klopt dan niet meer. De zender kan zijn energie niet meer volledig kwijt of komt tekort. Nu loopt dat allemaal nog niet eens zo'n vaart als we de antenne zonder meer direct met de zenderuitgang zouden verbinden en niet te vèr van de resonantiefrequentie zouden afzitten. Maar een cubical quad op zolder . . . nee, dat gaat niet en je kunt ook niet in weer en wind met-zender-en-al op het dak gaan zitten. Dus dan maar een eind kabel ertussen . . .

Ja, en wàren we er dan maar, helaas ook dààr stuiten we op problemen. Want ook antennekabel is er in allerlei soorten en waarden. Coax, lintlijn en meer van dat soort fraaie namen, symmetrisch en asymmetrisch kijken ook nog om de hoek en zo langzamerhand is de hele antenne-installatie een verzameling toestanden en termen waar we geen raad meer mee weten. Ware het niet dat ook voor dit soort troosteloze situaties de wetenschap er weer wat op heeft gevonden.

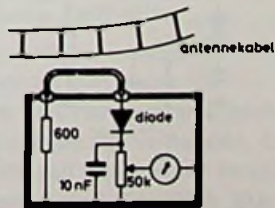
Zoals zo vaak reeds met allerlei uitvindingen het geval was, bestond de vinding reeds vóór hij eigenlijk 'uitgevonden' was . . .



Vroeger werkte de radiocommunicatie met antennesystemen waar zogenaamde open voedingslijnen de verbinding vormden met de zender. Veldsterktemetingen toonden aan dat er op sommige plaatsen langs de voedingslijn een enorme uitstraling plaatsvond, terwijl op andere plekken weinig of geen hoogfrequent aanwezig was. Omdat de 'golven' een vaste plaats langs de kabel leken in te nemen noemde men ze staandegolven. Verdere proefnemingen met dipoolantennes die bijvoorbeeld met lintlijn werden gevoed, gaven allerlei verschillende resultaten te zien. Was de dipool 'te kort' voor de toegevoerde golflengte dan kon je op regelmatige afstanden langs de voedingslijn 'staande'-golven verwachten en de door de antenne uitgestraalde energie was dan niet optimaal. Maakte je de golflengte van het zendersignaal korter dan verdween de straling langs de kabel en nam het vermogen dat de antenne de ether in stuurde toe. Bij de resonantiefrequentie van de antenne straalde de kabel zelfs helemaal niet en bereikte de zenderenergie de antenne zonder noemenswaardige verzwakking. Als de golflengte weer korter werd gemaakt, begon de kabel weer hetzelfde stralingspatroon te vertonen, alleen de zaak bleek op andere plaatsen langs de kabel de kop op te steken. Ook de antennestraaling nam weer af. Er moest een duidelijk verband bestaan tussen de staandegolven en de overdracht van zendersignaal naar de antenne . . .

Men was er inmiddels wel achtergekomen dat 'afgestemde' voedingslijnen, kabels dus van een bepaalde lengte, een gunstig effect hadden. De zender kon zijn signaal goed kwijt, was het niet aan de antenne, dan straalde de kabel de rest wel uit; hoe het stralingsdiagram eruit zag was van later zorg .

Nu weer even terug naar die staandegolven; maken die dan geen deel uit van de uitgestraalde energie? Jazeker wel, alleen ze kunnen bijvoorbeeld het effect van een goedgerichte antenne danig verstoren, de straling zal op bepaalde plaatsen in tegenfase kunnen zijn met het door de antenne geproduceerde veld en dat verzwakken. Ook kan de 'achterkant' van de antenne schijnbaar gaan stralen, waardoor er van het door de fabriek opgegeven richtingsdiagram geen fluit overblijft. Kortom, staande golven doen meestal meer kwaad dan goed en ze kunnen maar beter schitteren door afwezigheid. Maar hoe weet je, hoe kun je aantonen dat er wel of niet van die boosdoeners de kop opsteken? Kun je dat 'meten'? Voor het antwoord moeten we even terug naar het verhaal over de veldsterktemetingen. Hoe deed men dat? Heel simpel: een draaispoelmetertje, een (kristal-) diode en een koppellusje vormden het meetgereedschap van de zendamateur die iets over de antennetoestand aan de weet trachtte te komen. Een schema (afb. 4.18) laat zien hoe de 'veldsterktemeter' in een luxe uitvoering er uit zag.

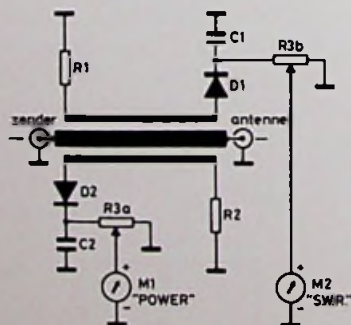


Afb. 4.18: Veldsterktemeter

Alles zat netjes in een blikken doosje, behalve het koppellusje. Met de potmeter van 50 k $\Omega$  kon de gevoeligheid worden geregeld. Als de lus niet te klein was, kon je zelfs een milli-ampèremeter gebruiken en dat was wél een stuk goedkoper dan een micro-ampèremeter. Nu kwamen er hele vreemde resultaten uit de bus. Exemplaren met een 'lange' koppellus deden raar, ze gaven een andere veldsterkte aan als je hem op dezelfde plaats, maar dan 'achterstevoren' bij de kabel hield. Aanleiding genoeg om je suf te piekeren, maar handige knutselaars gingen direct aan de slag en fabriecken er een omschakeling in zodat de diode met het meetcircuit en de weerstand onderling van plaats konden verwisselen. Zeker toen de coaxiale kabel zijn intrede deed was dat van groot belang, want men ontdekte dat je op die manier eenvoudig kon meten welke energie er 'heen' ging (van zender naar antenne) en welke hoeveelheid in de vorm van staandegolven verloren ging. Men bedacht zelfs dat de antenne de niet uitgestraalde energie weer terugkaatste, reflecteerde. Het leek erop alsof dat deel via de kabel de eindtrap van de zender weer bereikte omdat menige 'dikke' eindtrap het te kwaad kreeg en ter plaatse naar het 'buisenkerkhof' kon worden afgevoerd als de aanpassing niet deugde . . .

Voor de theorie van staandegolven moeten we maar eens naar de leerboeken grijpen, voor ons is belangrijk dat we kunnen meten om te weten hoe de antenne en de kabel zich aan onze zender gedragen.

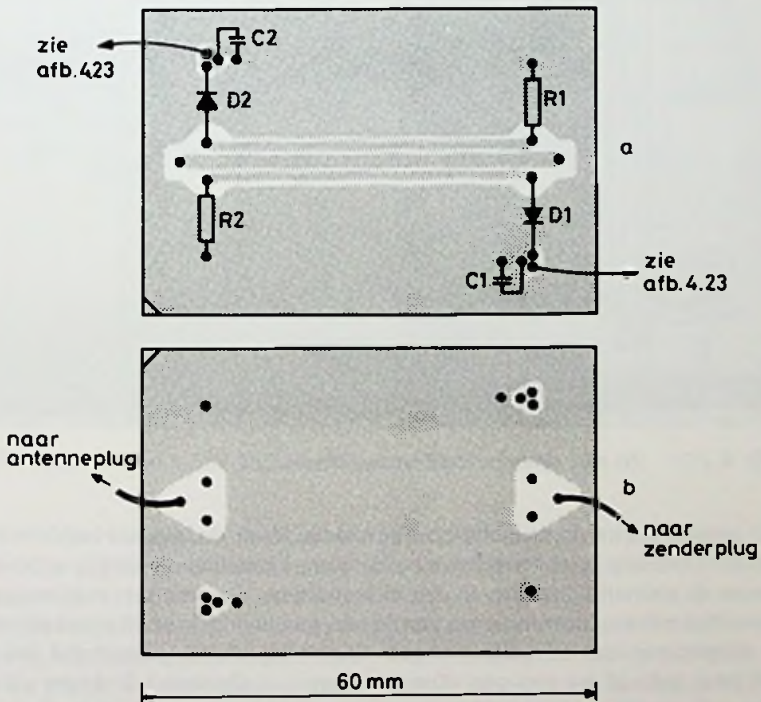
Er zijn vele typen staandegolfmeters (ook wel 'reflector-meters') in de handel, de meeste zijn alleen geschikt voor gebruik op de HF-banden. Maar wat in de handel verkrijgbaar is, zouden we zélf ook kunnen maken en dat het nog een betrekkelijk eenvoudig karweitje is maakt de zaak er alleen maar aardiger op. Daarom nu een schema, een printtekening en een drietal foto's van een exemplaar dat voor de luttele prijs van nog geen veertig gulden kan worden gebouwd en uitstekend geschikt is voor gebruik op de 2 M-band. De gevoeligheid is groot en de verliezen zijn uiterst gering. In afb. 4.19 zien we het schakelschema.



- $R_1 = 150 \Omega$  metaalfilm
- $R_2 = 150 \Omega$  metaalfilm
- $R_3 = 10k$  stereopotmeter (log)
- $C_1 = 1 \text{ nF}$  keramisch
- $C_2 = 1 \text{ nF}$  keramisch
- $D_1 = \text{AA119, OA95 o.i.d.}$
- $D_2 = \text{AA119, OA 95 o.i.d.}$
- $M_1 = \text{paneelmeter (zie tekst)}$
- $M_2 = \text{paneelmeter (zie tekst)}$

Afb. 4.19: Schakelschema van zelfbouw-staande golfmeter

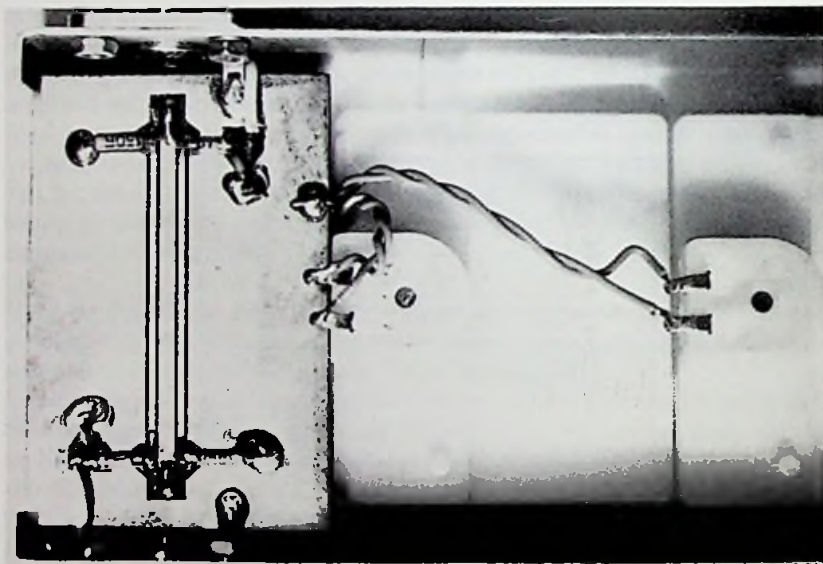
We herkennen er gemakkelijk de veldsterktemeter van afb. 4.18 in, alleen is de zaak nu dubbel uitgevoerd en worden er ook twee metertjes toegepast. Op die manier hebben we in één oogopslag inzicht in de verhouding tussen uitgestraald en gereflecteerd vermogen. Met de stereopotmeter van  $10\text{ k}\Omega$  regelen we de meter die het vermogen aangeeft op maximum. De andere meter geeft dan de waarde van de staandegolfverhouding aan, gesteld dat deze meter een daartoe passende schaalverdeling bezit. Meestal is dat niet het geval. In het prototype werd gebruik gemaakt van goedkope VU-meters. In de meeste onderdelenwinkels zijn wel soortgelijke exemplaren verkrijgbaar voor een prijs die rond de acht gulden per stuk ligt. De schaal is eenvoudig zelf uit te dokteren, hierover straks meer. Eerst de print. Deze moet zo nauwkeurig mogelijk worden overgenomen, de afbeelding is op ware grootte.



Afb. 4.20: Tweezijdige print lay-out van de zelfbouw SWR-meter

- a: componentenzijde van de print met de onderdelen op hun plaats
- b: de achterkant met uitsparingen; op het aardvlak zijn vier extra gaatjes die via draadjes met het aardvlak aan de componentenzijde zijn verbonden. De verbinding met de antennepluggen kan het beste van dikke korte stukjes zilverdraad worden gemaakt

Zorg er voor dat de achterzijde met de 'gaten' precies past. (Het printje is dubbelzijdig!) Het is wellicht het eenvoudigst te realiseren door eerst de zijde met de spoortjes te etsen en te boren en de achterkant vooraf geheel met etsbestendige lak te bedekken. Als we de plaats van de gaatjes eenmaal weten, is het een koud kunstje om de achterkant op de daartoe bestemde plaatsen schoon te krabben, de sporen en het aardvlak van de voorzijde opnieuw in de lak te zetten en een tweede maal te etsen. Nogmaals: het is een secuur klusje, maar het loont de moeite.

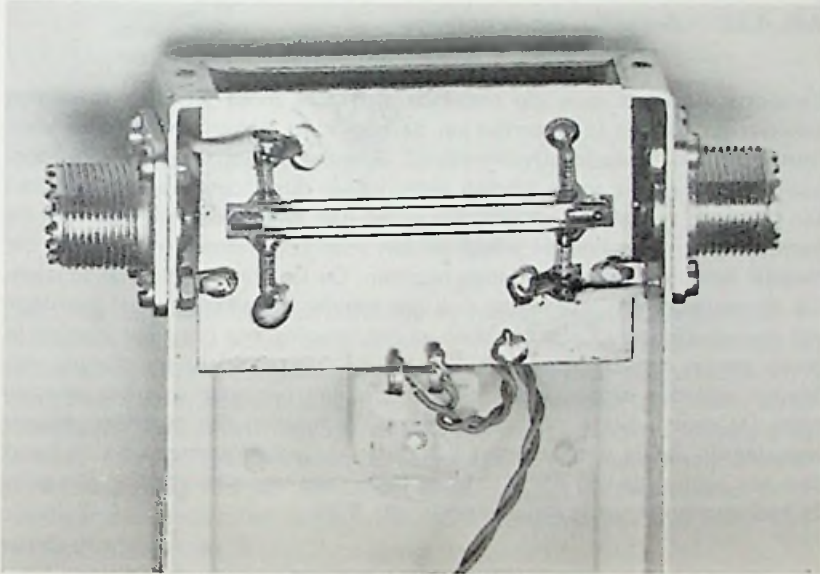


*Afb. 4.21: Zo ziet de print met onderdelen er uit*

Een waarschuwing is wellicht op zijn plaats. Voor de doe-het-zelf-printenmaker is het beslist af te raden om als eerste handeling de gaatjes te boren, daarna de sporen te tekenen en dan te gaan etsen. Het resultaat mag er doorgaans best wezen, maar in negen van de tien gevallen krijgen dit soort printen de neiging rondom de gaatjes te gaan oxyderen. Veelal gebeurt dat pas na een paar jaar, of na een paar keer solderen . . . Oorzaak? Er komt via de geboorde gaatjes een heel klein beetje etsmiddel tussen de 'drager' en de koperlaag van de print. Dat blijft daar meestal vrolijk zitten en gaat stukje bij beetje de omringende koperdeeltjes aantasten. Daarom moet de print van onze staandegolfmeter ook met bijzondere zorg worden behandeld als we twee maal gaan etsen; een gewaarschuwd mens telt voor twee!

Nu de bouw. We boren en vijlen eerst de gaten voor de meters en de pluggen in de kast. Voor het prototype werd een 'Teko'-kastje type 4-A gebruikt,

alles paste er precies in. We zoeken een plaatsje voor de stereopotmeter en boren ook daarvoor een gat van passende afmetingen. Eerste handeling: de pluggen worden in het kastje gemonteerd met boutjes en moertjes. Bij elke plug wordt aan de binnenzijde van de kast een extra soldeerlipje gezet. Ze komen recht tegenover elkaar te staan en vormen straks een steuntje voor de print. De beide gaatjes in het brede 'middenspoor' van de print worden voorzien van een stevig stukje draad (als het kan zilverdraad gebruiken). Ook de potmeter krijgt vijf draadjes.

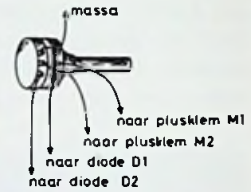


*Afb. 4.22: Een kijkje in de kast van de SWR-meter*

Nu kunnen we de zaak in elkaar zetten en print en draden vast solderen. Het is verstandig de onderdelen vooraf op de print te solderen alhoewel het ook nog wel kan als de print op zijn plaats zit. Tenslotte sluiten we de meters aan. Daarmee is de zaak bekeken en kunnen we gaan proberen of het 'werkt'. Het is in principe onbelangrijk welke kant van de meter we op de zender en welke we op de antennekabel aansluiten. De schakelingen van beide helften zijn identiek. Bevalt de zaak niet dan kunnen we de kabel en zender van plaats laten verwisselen. Gaat dat moeilijk omdat we bijvoorbeeld stugge kabel hebben of een bepaald plaatsje voor de meter hadden bedacht dat nèt zo mooi uitkwam, dan verwisselen we de bedrading van de meters met elkaar. Of we bekommeren er ons niet om dat de vermogensmeter 'onder' en de standegolfmeter 'boven' zit . . .

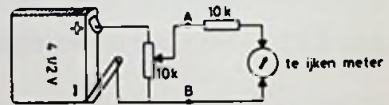
Een belangrijke zaak waar vooral op gelet moet worden is, dat de massa-aansluitingen van de beide condensatortjes en de twee weerstanden zowel

aan de bovenzijde als aan de 'achterkant' worden vastgesoldeerd. De door de print gestoken draadjes vormen op deze manier de doorverbinding tussen de beide massavlakken van het printje.



Afb. 4.23: Bedrading van de potmeter

Tenslotte nog iets over de meterschaaltjes. Je moet wel een geweldige geluksvogel zijn als je metertjes op de kop kunt tikken met schalen voor 'vermogen' en 'staandegolfverhouding'. Gewone paneelmetertjes zijn doorgaans niet met dit soort schalen verkrijgbaar dus moeten we ze zelf van een passende verdeling voorzien. We geven hier twee recepten: één voor de normale typen met lineaire schaal en één voor zogenaamde VU-meters, die meestal een niet-lineaire verdeling bezitten. De laatste zijn meestal aanzienlijk eenvoudiger van uitvoering, ook iets minder nauwkeurig maar daardoor wel veel goedkoper. Tevens hebben ze het voordeel een prettiger aflezing te geven omdat het begin van de schaal wat 'uitgerekt' is en aflezing van 'kleine' waarden daarom goed zichtbaar is. We beginnen met het gewone type. De eenvoudigste methode is deze. We houden een potmeter en een weerstandje, beide van ongeveer  $10\text{ k}\Omega$  en de universeelmeter bij de hand plus een batterijtje van  $4\frac{1}{2}\text{ V}$ , of nog beter: een regelbare voeding. We gaan de zaak aansluiten zoals aangegeven in afb. 4.24.



Afb. 4.24: Meetopstelling

Op de punten A en B sluiten we de plus- en minklem van de universeelmeter aan, die wordt ingesteld op een laag spanningsbereik (bijv.  $3\text{ V}$ ). We moeten goed oppassen de potmeter niet te ver open te draaien, anders kunnen we de meter opblazen. Hebben we alleen maar een batterij ter beschikking dan kunnen we met enige rekenwerk vrij aardig beide schaalverdelingen tot stand brengen. Hoe doen we dat? Wel, dat gaat als volgt. Stel met de potmeter van  $10\text{ k}\Omega$  de wijzer in op maximale uitslag. Voor de vermogensmeter gaan we nu als volgt te werk: lees op de universeelmeter de spanning af en noteer die. Op de (nieuwe) schaal zetten we nu een dun potloodstreepje, recht onder de wijzerpunt.

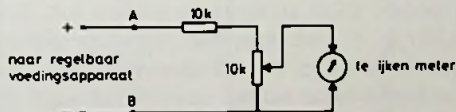
Nu gaan we rekenen. Het volgende streepje moet op de vermogensmeter een klein eindje naar links staan, maar waar?

Aangenomen dat de genoteerde spanning bij volle schaal van een beetje 'ronde waarde' is, moeten we de volgende verdeling krijgen:

schaalstreepje	aanduiding	universeelmeteraanwijzing
1	'10'	bijvoorbeeld 600 mV
2	'8'	537 mV (vermenigv.-factor = X 0,894)
3	'6'	465 mV (X 0,775)
4	'5'	424 mV (X 0,707)
5	'4'	380 mV (X 0,632)
6	'3'	329 mV (X 0,548)
7	'2'	268 mV (X 0,447)
8	'1'	190 mV (X 0,316)
9	'0,5'	134 mV (X 0,224)
10	'0'	0 mV (spanning uitschakelen)

Zoals we zien wordt de schaalverdeling 'achterstevoren' aangebracht en moeten we van volle schaal terug naar nul. We houden de universeelmeter op het laagst mogelijke bereik, alleen de stand van de potmeter mag veranderen! Vooral de kleine waarden zullen wel moeilijk afleesbaar zijn, zeker als de paneelmeter zelf al een lage spanning nodig heeft voor volle schaaluitslag. Daarom is het gebruik van een regelbare laagspanningsvoeding te prefereren boven toepassing van een batterijtje. We schakelen de paneelmeter en de potmeter plus weerstand volgens afb. 4.25, de universeelmeter komt weer aan de punten 'A' en 'B'.

Afb. 4.25: *Alternatieve meetopstelling*



De potmeter wordt 'dichtgedraaid', de universeelmeter wordt ingesteld op een bereik dat overeenkomt met de hoogste spanning die de regelbare voeding ongeveer kan leveren. Is dit bijvoorbeeld 24 V, dan stellen we de meter in op bijvoorbeeld 25 V, 30 V of 60 V. We sluiten de zaak aan op ons voedingsapparaat, dat we een mooie 'ronde' spanning laten afgeven van bijvoorbeeld 20 V. Vervolgens draaien we de potmeter zover op, dat bij deze ingangsspanning de wijzer van de paneelmeter vol uitslaat.

Zo, en nu komen we niet meer aan de potmeter van 10 k $\Omega$  en kunnen we ons rekentabeltje weer gebruiken. Volle schaaluitslag komt in ons voorbeeld overeen met 20 V, het tweede streepje waarbij de aanduiding '8' komt te staan zit dan op het puntwaar de ingangsspanning  $0,894 \times 20 \text{ V} = 17,9 \text{ V}$ .

Een spanning als deze is op de universeelmeter goed af te lezen, en mogen we desgewenst wèl terugschakelen naar een lager bereik. Streepje '6' komt te staan op het punt waar de ingangsspanning 15,5 V is, enzovoorts. Het lijkt misschien op het eerste gezicht even moeilijk maar heus . . . het valt best mee. Als we straks met wrijffletters de getallen op de schaal zetten zal niemand vermoeden dat we hem zèlf gemaakt hebben. Wees overigens voorzichtig met de wijzer en het mechaniek van de paneelmeter, het is teer spul en als dat beschadigt, is het leed niet te overzien.

Zo, dat was de vermogensmeter en mocht je tegen de hele toestand als een berg opzien, nou dan kan het nog anders ook! De meeste paneelometers hebben een schaalteje met streepjes en getallen. Als je even rekent en een tabelletje maakt waarop staat dat bijvoorbeeld wijzerstand '77,5' overeenkomt met cijfer '6' van een echte vermogensmeter en wijzerstand '31,6' met wat goede wil eigenlijk '1' betekent, dan hoef je de meter niet eens te 'opereren'. Je ziet, ook nu speelt de vermenigvuldigingsfactor weer de belangrijkste rol.

Goed, de tweede paneelmeter! Die gaan we op dezelfde manier te lijf en het hele verhaal over aansluiten en aflezen is precies hetzelfde. Het enige verschil zit hem in de vermenigvuldigingsfactor. We beginnen dus weer met 'volle' schaal en draaien dan terug tot halverwege. Het gebied dat we niet gebruiken ligt hiertussen, daar is de standegolfverhouding hoger dan 3 : 1 en we kunnen halverwege of hoger dus maar beter vergeten. Op de helft van de schaal komt het tweede streepje te staan en de andere streepjes zetten we aan de hand van de volgende omreken tabel.

schaalstreepje	aanduiding	universeelmetaanwijzing
1	'∞'	bijvoorbeeld 600 mV
2	'3'	300 mV (vermenigv.- factor = X 0,5)
3	'2,5'	258 mV (X 0,43)
4	'2'	198 mV (X 0,33)
5	'1,5'	126 mV (X 0,21)
6	'1,4'	108 mV (X 0,18)
7	'1,3'	86 mV (X 0,144)
8	'1,2'	61 mV (X 0,102)
9	'1,1'	31 mV (X 0,052)
10	'1'	0 mV (spanning uitschakelen)

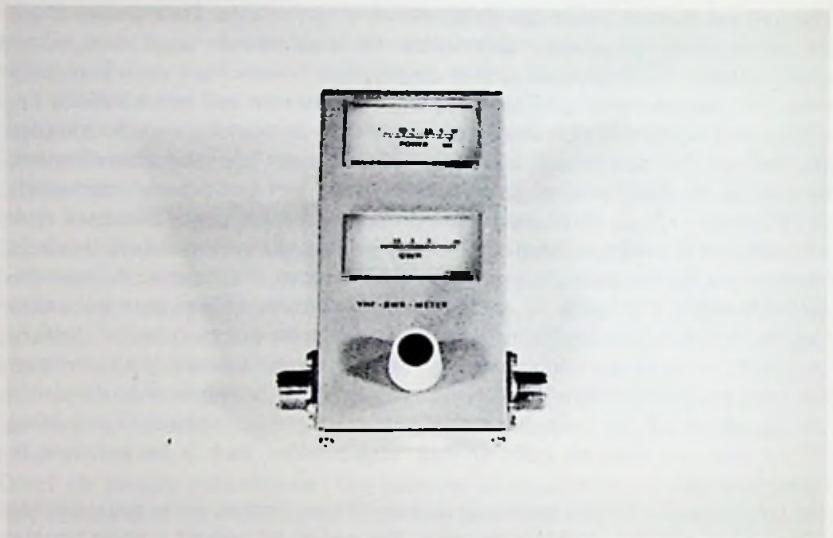
Hier zien we duidelijk dat werken met een batterijtje bijna ondoenlijk is, tenzij we beschikken over een (zeer hoogohmige) millivoltmeter. De tweede manier waarbij we dus gebruikmaken van een regelbare voeding en de meetopstelling van afb. 4.25 is veel gemakkelijker en bovendien nauwkeuriger.



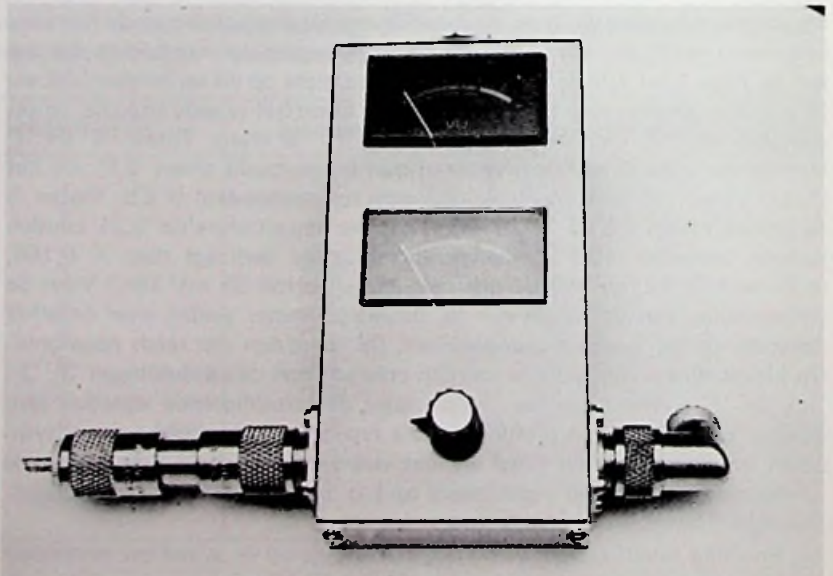
Het verhaal is weer hetzelfde als bij de vermogensmeter. We moeten alleen de vermenigvuldigingsfactor aanhouden die in de tweede tabel staat aangegeven. Verder zit er geen verschil in de feitelijke bewerking en ook hier geldt weer, dat we de meter onaangeroerd kunnen laten en zelf een tabelletje opstellen met wijzeruitslagen en de daarbij behorende staandegolfverhoudingen. We hebben het tot nu toe uitsluitend gehad over 'gewone' paneelmeters, terwijl de mogelijkheid al is aangestipt voor een goedkoper alternatief: de VU-meter. Zoals reeds eerder werd opgemerkt, hebben VU-meters vaak een niet-lineaire wijzeruitslag, dat wil zeggen dat die wijzeruitslag niet recht evenredig is met de door de meter vloeiende stroom. Wanneer nu de staandegolfverhouding erg 'goed' is, geeft een lineaire meter vrijwel geen wijzeruitslag te zien. Een niet-lineair instrument daarentegen laat geen twijfel bestaan over zelfs de geringste misaanpassing. Het begin van de schaal is uitgerekt en het prettige gevolg daarvan is dat de aanduiding '1,5' ongeveer op éénderde van de schaal zit, de kleinere aanduidingen zijn goed afleesbaar. Aanduiding '3' zit zelfs ver over de helft en het 'ongebruikte' stuk is als het ware in elkaar gedrukt.

Als we dergelijke meters ergens op de kop tikken, komen we er gauw genoeg achter of de schaal wel of niet lineair is. Pas op: de VU-schaal is nóóit lineair, dus vergis je niet. Bij de meeste exemplaren met transparante plastic behuizing is het originele schaalteje eenvoudig te verwijderen en dat doen we dan ook maar snel. Een nieuw schaalteje van dun karton met wrijflettertjes staat erg netjes en kunnen we weer op dezelfde manier uitpuzzelen als de hiervoor besproken methode. We zullen bij de vermogensmeter ontdekken dat we aan de hoge kant van de schaal '8' en '6' zo dicht op elkaar hebben, dat we ze wellicht gewoon weg kunnen laten. Dan komt het tweede streepje, straks voorzien van '5' toch nog vrij dicht bij '10' te staan. Tussen '5' en '1' kunnen we voor de eenvoud volstaan met bijvoorbeeld alleen '2,5'. Bij het ijken kunnen we als vermenigvuldigingsfactor aanhouden:  $\times 0,5$ . Verder is de ruimte tussen 0,5 en '0' zo groot, dat we nog als extra'tje '0,25' zouden kunnen invoegen. (De vermenigvuldigingsfactor bedraagt dan:  $\times 0,158$ , in de rechter kolom zou de universeelmeterwaarde 95 mV zijn.) Voor de vervaardiging van de schaal van de staandegolfmeter gelden weer dezelfde recepten als bij 'gewone' paneelmeters. De voordelen zijn reeds opgesomd. Op kleine typen kan wellicht worden volstaan met de aanduidingen '3', '2', '1,5' en '1' terwijl cijferloze deelstreepjes de tussenliggende waarden aanduiden. Een tip: op het plastic van vele typen metertjes 'pakken' wrijfsymbolen en -lettertjes heel goed en met wat voorzichtigheid kunnen we de schaalverdeling ook wel rechtstreeks op het huis van de meter aanbrengen. Daarmee is het ijken voltooid.

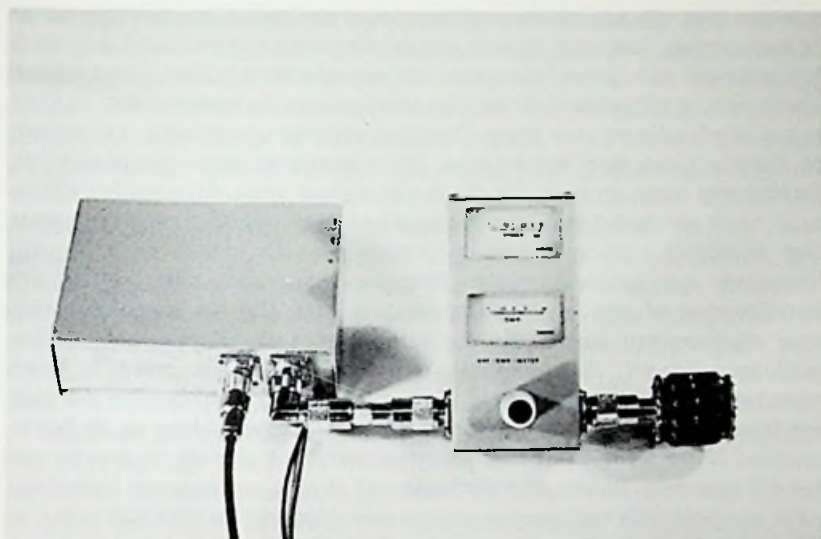
Als finishing touch zetten we nu nog een knopje op de as van het stereopotmetertje en de kast kan dichtgeschroefd worden. Dan nog een merkstreepje bij de stand van het knopje waarbij de vermogensmeter vol uitslaat als we er 10 W door laten passeren naar een 'dummy-load' en klaar is kees! Gebruiken we inderdaad zo'n dummy-load dan mag de staandegolfmeter vrijwel géén uitslag vertonen.



**Afb. 4.26:** De SWR-meter is klaar, de meters zijn geijkt



**Afb. 4.27:** De staande-golf meter vóór dat de definitieve afwerking heeft plaatsgevonden. We zien hier nog de oorspronkelijke schaaltes op de meter zitten. Later zijn deze verwijderd en zijn er nieuwe schaaltes gemaakt met wrijflettertjes.



Afb. 4.28: De meter in vol bedrijf

Als er iets niet deugt met de aanpassing van kabel en antenne aan de zender, zal ons zelfgebouwde apparaatje dit zonder mankeren aangeven. De vermogensmeter loopt iets terug, terwijl de staandegolfmeter uit zal slaan. We weten dan nog niet precies wáár de fout zit, maar daar kan bijvoorbeeld de dipmeter zijn waarde bewijzen.

Tenslotte nog een heel belangrijke waarschuwing. Het kán voorkomen dat de staandegolfmeter in het geheel geen staandegolven opmerkt, terwijl ze er toch zijn! Dat is het geval (althans, de mogelijkheid is er) als we een voedingslijn hebben met een bepaalde lengte die, gerekend van zender naar antenne, een heel aantal malen de halve golflengte bedraagt. We weten het pas zeker, als we ook geprobeerd hebben wat de staandegolfmeter op een andere plaats in de kabel doet. Een wat langer of korter koppelsnoer tussen de zender en de meter kan eventueel uitsluitel geven.

## 4.5 De oscilloscoop

Elke amateur heeft zijn gewoonten, elke radioknutselaar heeft zijn favoriete meetinstrumenten. De een zweert bij zijn dipmeter en haalt daar de meest ongelooflijke kunstgrepen mee uit, de ander heeft genoeg aan een onooglijk universeelmeetertje, een paar krokodilsnoertjes en nog wat van dat kleingood. Er zijn ook elektroniehobbyïsten die voor ieder klusje de oscilloscoop te voorschijn halen. Zo zijn er nog wel meer typeringen te geven, maar dat

doen we niet. We zouden de oscilloscoop en zijn mogelijkheden eens onder de loep nemen. Wat voor de leek een geheimzinnig apparaat lijkt, een soort 'kijkapparaat' dat 'groene slangetjes' op een schermpje tovert, is in feite een uiterst handig hulpmiddel en wel heel speciaal voor de zendamateur. Je kunt er van allerlei dingen mee doen. Onwillige apparatuur ontfutsel je er binnen de kortste keren hun fouten mee, als je tenminste weet hoe je met een oscilloscoop moet omgaan. En dat is een verhaal apart. Elke goede oscilloscoop heeft een breed scala van mogelijkheden, de gebruiksaanwijzing geeft daar doorgaans ruim voldoende informatie over. De meeste typen kunnen frequenties van enkele tientallen MHz wel verwerken, zeker als het om vergelijkingen of afregeling van apparatuur gaat. Dat de 'scoop' dan niet meer als 'meetinstrument' voor absolute waarden werkt maar meer als vergelijkingsstandaard, als hulpmiddel om verschillen aan te geven, is alleen maar een prettige bijkomstigheid. De zogenaamde grensfrequentie die voor een bepaald type wordt opgegeven, heeft namelijk betrekking op de bruikbaarheid ervan als het om meetwaarden gaat, bijvoorbeeld de grootte van een HF-spanning. Boven de grensfrequentie zijn de weergegeven spanningsvorm en -amplitude niet meer in overeenstemming met de werkelijkheid.

De eenvoudigste oscilloscopen gaan vaak tot 2 MHz, iets duurdere typen zitten al gauw op 5 of 10 MHz. En dan te bedenken dat voor simpele vergelijkingsdoeleinden (bijvoorbeeld het 'trimmen' van een stel afstemkringen of het bekijken van de doorlaat van een MF-versterker) de meeste exemplaren voldoende gevoelig zijn om een bruikbaar plaatje op het scherm te zetten van frequenties tot zo'n slordige 150 MHz. Dat vooral de gevoeligheid afneemt naarmate de frequentie van hetingangssignaal hoger wordt, behoeft geen bezwaar te zijn. We draaien gewoon de ingangsverzwakker wat op en de zaak is weer voor de bakker. De ingangsverzwakker is de regelaar of schakelaar waarmee we de amplitude van het te onderzoeken signaal kunnen regelen. Vaak hebben we een combinatie van beide, dus zowel een stappenschakelaar als een potmeter ter beschikking. De aanduiding die bij deze regelorganen staat is meestal: V/div., een Engelse term die staat voor de gevoeligheid van de verticale versterker in de scoop. De betekenis luidt: volt (of millivolt) per schaaldeel. Hebben we een signaaltje van zeg 50 mV aan de ingang staan en willen we dat 'groot' op het scherm krijgen, dan moeten we de ingangsverzwakker op bijvoorbeeld 10 mV/div. zetten. Als alles klopt zal het signaal op het scherm worden geschreven over een (verticale) afstand van 5 schaalvlakjes. We kunnen zien hoe de golfvorm is en eventuele vervormingen zullen door de scoop onverbiddelijk worden gesignaleerd.

Vooraf in de digitale techniek en in de wereld van laagfrequentversterkers is de scoop een onmisbaar hulpmiddel geworden. Er kunnen tijddiagrammen van logische schakelingen, pulsvormen en stuursignalen mee bekeken worden. Er kunnen filterkarakteristieken mee worden uitgepuzzeld, noem maar op, de mogelijkheden lijken onbeperkt. Maar voor de zendamateur zijn er ook een flink aantal toepassingen te bedenken en daarover gaan we het nu hebben.

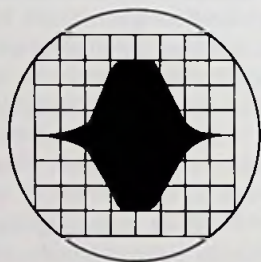
Als belangrijkste taak voor de oscilloscoop, die zijn plaatsje in de winkel heeft geruimd voor de 'shack' van de zendamateur, kan worden opgevat het weergeven van allerlei HF-signalen. Signalen van zenders en oscillatoren, signalen die worden verwerkt in ontvangers, ruis en parasitaire rommel inbegrepen. Juist omdat de zendamateur iemand is die met een grote verscheidenheid aan spullen werkt of kan werken, kan de scoop een even onmisbare plaats gaan innemen zoals de universeel- en de dipmeter. Zijn we bijvoorbeeld bezig met het afregelen van een ontvanger, dan het kan voorkomen dat we die drie instrumenten tegelijkertijd in gebruik hebben. We kunnen bijvoorbeeld de techniek van het 'wobbelen' toepassen. Daardoor kunnen we op het scherm van de oscilloscoop de doorlaatkarakteristiek van de MF-versterker te zien krijgen en zo de zaak erg nauwkeurig afregelen. Wat is wobbelen? Dat is een speciale afregelmethode waarbij we als volgt te werk gaan. We dienen te beschikken over een signaal op de middenfrequentie van de ontvanger dat gemoduleerd wordt met een driehoekspanning (zaagtand mag ook) van lage frequentie, bijvoorbeeld 50 . . . 500 Hz. Voorwaarde is wel dat we frequentiemodulatie toepassen. De 'zwaai' moet minstens 5 maal zo groot zijn als de gewenste doorlaatbreedte van de MF-versterker. Dit signaal wordt in zijn geheel aan de ingang van de MF-trap of -trappen gelegd. Het modulatiesignaal wordt ook nog aan de horizontale ingang van de scoop gelegd. Als we nu de gevoeligheid van de scoop die 'achter' de af te regelen MF-eenheid hangt een beetje netjes instellen, zullen we keurig de doorlaatkromme op het scherm zien verschijnen.

Wat we bij AM en SSB op het scherm zien verschijnen, is wezenlijk verschillend, maar omdat het wobbelen altijd geschiedt met een FM-gemoduleerd signaal kunnen we daar maar beter voor verwijzen naar echte vakliteratuur. Hier zou dat te ver voeren en daarom bepalen we ons tot de plaatjes, die we waarnemen. Als we de driehoekspanning wegnemen, zonder modulatie dus, dan krijgt de scoop géén horizontale afbuiging meer en zal er slechts een verticaal streepje overblijven. Als we wel moduleren zien we de doorlaatkarakteristiek verschijnen. We houden de scoop al die tijd ingesteld op dezelfde stand; de 'tijdbasis' is uitgeschakeld. Op de meeste apparaten is er wel een stand aanwezig waarin dit het geval is.

Als we eenmaal een goed plaatje hebben en niets meer aan de signaaltoevoer veranderen, kunnen we aan de hand van het scoopbeeld prachtig zien welke veranderingen teweeg worden gebracht met de diverse trimhandelingen. We kunnen de flankensteilheid controleren en eventuele 'hobbels' in de doorlaatkarakteristiek wegwerken. Verder kunnen we met de dipmeter als tweede oscillator en de (ongemoduleerde) signaalgenerator bepalen hoe breed onze doorlaat is. Dat doen we door de dipmeter eerst 'zero-beat' in te stellen en daarna met de hand de frequentie van de signaalgenerator zover omhoog of omlaag te draaien dat het verticale streepje op het scherm tot een stip ineen krimpt. De 'zwevings'-toon die we nu nog zwak uit de ontvanger horen, kan met wat oefening wel op zijn frequentie worden beoordeeld. Vermenigvuldigen we die frequentie met twee, dan geeft dat getal de bandbreedte van onze ontvanger weer. Op deze manier is het maar

een grove schatting, voor AM-ontvangst echter is het best te doen. Voor SSB-ontvangers ligt de zaak aanmerkelijk kritischer, daar is de zwevingsfrequentie gelijk (of bijna gelijk) aan de bandbreedte van de MF-versterker.

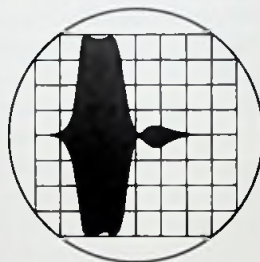
Tevens ligt de karakteristiek niet in het 'midden' van het beeld, omdat de doorlaat ten opzichte van de feitelijke middenfrequentie niet symmetrisch is, één zijband plus de draaggolf (in dit geval de middenfrequentie) worden onderdrukt en daardoor zullen ook lage tonen niet of nauwelijks hoorbaar zijn. In afb. 4.29a zien we het beeld dat we van een goed afgeregelde AM-middenfrequentieversterker kunnen verwachten. Afb. 4.29b toont het plaatje van een SSB-filterkarakteristiek als we die wobbelen.



A

*Doorlaatkarakteristiek van een AM-middenfrequentieversterker*

*Afb. 4.29:*



B

*Doorlaatkarakteristiek van een enkelzijband-filter*

Hebben we géén driehoekvormig modulatiesignaal beschikbaar dan kunnen we eventueel ook een zaagtandspanning gebruiken (bijvoorbeeld de tijdbasis van de scoop zelf). Het kan zelfs nog wel met sinusvormige signalen, alleen komt er dan van een goede weergave van de doorlaatkarakteristiek op het beeldscherm niet zo veel terecht. Voor het grove werk is dat niet zo'n ernstig bezwaar, van de flankensteilheid kunnen we echter niet veel meer zeggen. We kunnen op deze manier eventuele oneffenheden en rimpels in de 'vlakke' top wegwerken.

Is dat nu alles wat je met de oscilloscoop kunt doen? Nee, beslist niet, er zijn legio andere toepassingen. Door de veelal hoge ingangsimpedantie kunnen we zonder gevaar van demping of ernstige verstemming directe metingen aan L-C-kringen verrichten, zeker als we daarbij nog van een zogenaamde verzwakker gebruikmaken. Zo'n verzwakker is doorgaans uitgevoerd als een zeer hoogohmige 'opsteekeenheid', die we bevestigen aan de originele probe. De ingangscapaciteit is doorgaans uiterst klein en bedraagt maar een fractie van de ingangscapaciteit van de scoop zelf.

Metingen, die we uitvoeren met zo'n verzwakker, zijn doorgaans vrij betrouwbaar. Toch moeten we voor twee dingen oppassen. In de eerste plaats kan zelfs de kleine ingangscapaciteit (meestal slechts enkele pF's) nog een zekere invloed uitoefenen in de vorm van verstemming of demping. Ten

tweede moeten we rekening houden met de verzwakkingsfactor die op de meeste probes wel staat aangegeven. Als we erg kleine signaaltjes moeten onderzoeken, is het wellicht mogelijk om de volgende methode toe te passen. We gaan gebruik maken van een koppelspoel of -lusje dat we aan de scoopingang verbinden. Met dat koppellusje gaan we op zoek naar het signaal. Zeker als we signalen te pakken nemen, die door spoelen, afstemkringen en dergelijke lopen, is op deze manier een betrouwbaar beeld op het scherm van de scoop te krijgen. Over de grootte van de werkelijke amplitude bestaat wel onzekerheid, maar voor afregeldoeleinden is de methode via inductieve koppeling beslist de beste. We moeten er ook rekening mee houden dat er voor verschillende frequenties passende oppikspoeltjes beschikbaar moeten zijn. Tevens is de grootte van het te onderzoeken signaal van belang. Een stevig portie middenfrequent met een klein lusje van enkele wikkelingen gaat even goed als een klein oscillatorsignaaltje van veel hogere frequentie met een wat grotere spoel. Toch geldt in het algemeen dat lage frequenties grote, en hoge frequenties kleine oppikspoeltjes vragen. Nogmaals: ècht meten kan niet maar voor vergelijkende doeleinden gaat het uitstekend.

En dan tot slot nog de mogelijkheid om de oscilloscoop in te zetten bij metingen aan digitale apparatuur. Hier hebben we hoofdzakelijk te maken met spanningsvormen. We kunnen pulsen op hun flankensteilheid beoordelen, tijdbepalende schakelingen op hun werking controleren terwijl de dubbelstraaloscilloscoop de mogelijkheid in zich bergt om twee met elkaar samenhangende signalen tegelijkertijd op het scherm te tonen. Vooral in digitale meetapparatuur zoals bijvoorbeeld de frequentieteller is de 'double-beam' bij afregeling praktisch onmisbaar.

Een uitvoerige beschrijving van de vele gebruiksmogelijkheden van de oscilloscoop op het terrein van de digitale techniek zou in het bestek van dit boek te ver voeren. De meeste artikelen in tijdschriften die bouw en afregeling van digitaal spul behandelen, geven uitvoerig aandacht aan meet- en afregelzaken. Ook worden meestal oscillogrammen in de beschrijving opgenomen. Oscillogrammen zijn foto's of tekeningen van het 'scoopbeeld' dat we op een bepaalde plaats kunnen verwachten als alles volgens de regelen der kunst werkt.

Nog één opmerking: we moeten met een oscilloscoop leren werken. De ervaren knutselaar zal vaak met een universeelmeter als enig hulpmiddel méér kunnen, dan de grasgroene beginnening die voor het eerst een scoop in handen krijgt.

## 4.6 De ijkgenerator

De aandachtige luisteraar die regelmatig de amateurbanden afstroopt, heeft zich ongetwijfeld wel eens afgevraagd hoe het mogelijk is dat er zo vaak wordt gezegd dat het andere station niet precies op 'de' frequentie zit. Over en weer wordt er dan 'ingetuned' en de zaak is weer oké. Een enkele keer

wordt de gebezigde frequentie nog wel eens met name genoemd, de bewuste amateur heeft dan kennelijk een goed kloppende schaal op de transceiver zitten. Na enige tijd zit Piet of Kees er 'toch weer naast' en begint het spelletje opnieuw. Tijdens lange QSO's treedt dit verschijnsel nogal eens op en vooral op de kortegolfbanden, waar radio-amateurs met VFO-sturing werken, zou het niet de eerste keer zijn dat een QSO eindigt op een frequentie waar het bij het begin ervan nog in geen velden of wegen te volgen was . . .

Zelfs op de twee meter-band waar met de komst van kristalgestuurde kanaal-apparatuur 'intunen' niet of nauwelijks meer voorkomt, hebben vele radio-amateurs het druk met de afregeling van de set. De discriminator-nul-meter doet opgeld en de trimmertjes naast de kristalvoeten worden bijkans dolgedraaid. En zelfs de hulp van de alom geprezen frequentieteller kan het wederzijds 'er naast zitten' niet definitief uit de wereld helpen; grijze haren krijg je er van.

Toch is het voor elke zichzelf respecterende luister- of zendamateur een niet al te moeilijke opgave om op uiterst nauwkeurige wijze te bepalen op welke frequentie hij ontvangt dan wel uitzendt. De zendamateur is zelfs verplicht om, op welke wijze dan ook, te kunnen uitvogelen op welke frequentie hij aan het werk is.

Als frequentietellers en meer van dat dure goed niet eens in staat zijn om de juiste gegevens boven tafel te brengen, hoe moet dat dan voor de gemiddelde hobbyist mogelijk zijn? Vette portemonnee-bezitters dààrgelaten . . .

Professionele meetapparatuur is voor de meeste radio-amateurs niet te betalen. Toch kunnen we voor een klein bedrag (en de hulp van soldeerbout en een handvol onderdelen) een apparaatje maken dat ons uit de puree helpt. Of we nu op HF-banden of op VHF aan het werk zijn, maakt in principe geen verschil. De eis die we aan ons apparaatje stellen, is in beide gevallen gelijk: het moet een zeer stabiele grondfrequentie opwekken, waarvan we precies weten hoe groot die is. We gaan die frequentie als 'standaard' gebruiken om andere apparatuur mee te ijken. Vandaar de naam: ijkgenerator. Verder zou het handig zijn om te beschikken over een signaal met een mooie ronde frequentie, bijvoorbeeld 1 MHz. Indien we het signaal dan ook nog konden voorzien van 'harmonischen' en het dan aan de ontvanger toevoeren, hadden we keurig op een rijtje een raster met op elke MHz een ijkpunt, mooier kan het haast niet. Maar hoe zou het dan zitten met een gewone werkfrequentie, bijvoorbeeld 3600 kHz? Of de zg. bandgrenzen? Daar zou dan geen ijkpunt beschikbaar zijn . . .

Het zou mooi zijn als we een lagere grondfrequentie als uitgangspunt konden kiezen. Als we nu eens 100 kHz zouden nemen? Prima, de harmonischen volgen elkaar dan ook met onderlinge tussenruimten van 100 kHz op. Maar op de hogere frequenties weten we door het grote aantal niet meer wèlk ijkpunt we nu te pakken hebben. Op twee meter zitten we dan bijvoorbeeld al met 21 signalen op de band . . . En de communicatie-ontvanger met doorlopende bereiken ('general coverage') weet er ook wel raad mee: zo'n slordige driehonderd!

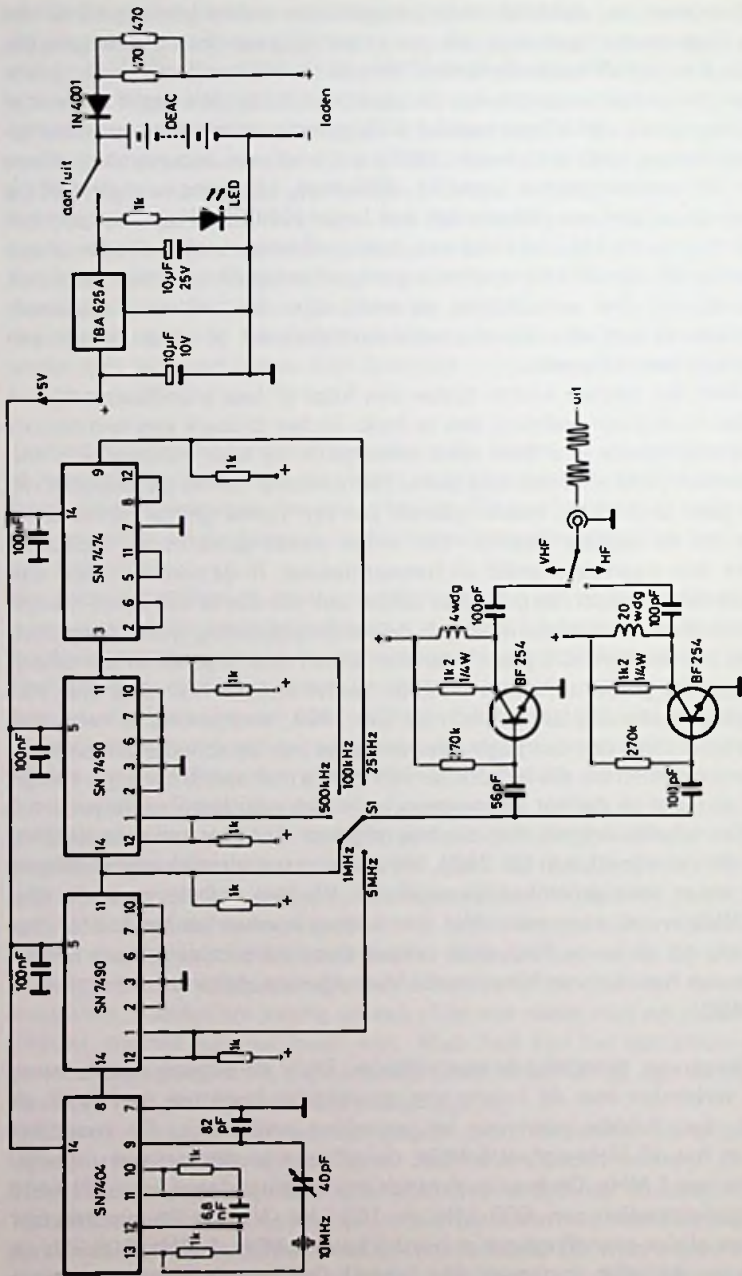


Nee, we moeten het duidelijk anders aanpakken, anders heeft het bouwen van een ijkgenerator geen nut. Als we er van uitgaan dat de doorsnee ijkgenerator zijn grondfrequentie opwekt met een kristaloscillator, is een juiste keuze van de kristalfrequentie dus de bepalende factor. We zagen zo even al dat een frequentie van bijvoorbeeld 1 MHz gunstig uitvalt voor een communicatie-ontvanger. 100 kHz kwam aardig uit voor een apparaat dat alleen maar de HF-amateurbanden bestrijkt. Alhoewel, kijk eens naar de twintig meter, er is dan wel een ijkpunt aan het begin (14.000 kHz) maar aan het eind van deze band (14.350 kHz) kun je het wel vergeten. We zouden al een grondfrequentie van 50 kHz moeten kiezen, wil er op elke amateurband ook aan het andere eind een ijkpunt aanwezig zijn. En om onze zelfbouw-ijkgenerator nu met drie (dure) precisiekristallen uit te rusten wordt een beetje te veel van het goede.

Toch zullen we moeten kiezen tussen een hoge of lage grondfrequentie en hier schiet de digitale techniek ons te hulp. In het tijdperk van ruimtevaart en micro-elektronica is vrijwel niets onmogelijk en daar kunnen zelfs wij, radio-amateurs, ons voordeel mee doen. Het ontwerp van de ijkgenerator die we hier gaan bespreken, maakt gebruik van een viertal geïntegreerde schakelingen uit de digitale familie. Eén ervan wordt gebruikt als oscillator, de andere drie staan geschakeld als frequentiedeler. In de voeding is ook van een IC gebruik gemaakt, de print laat echter ook toe dat er een zener-transistor-combinatie voor de stabilisatie van de voedingsspanning wordt toegepast. Nu is het zo, dat van IC's geen 'interieur' wordt weergegeven in het totaal-schema, op het gevaar af, dat je door de bomen het bos niet meer ziet. Het inwendige van een digitaal IC, b.v. de SN 7490, waarvan we er twee toepassen, zou al meer dan een pagina vullen als we het 'op schema' zouden zetten. Daarom stellen we elk IC voor als een blokje met aansluitpootjes en vertrouwen er maar op dat het 'binnenwerk' zijn taak naar behoren vervult.

Als we het schema volgen, zien we hoe ongeveer de opzet van onze ijkgenerator is. Het eerste IC, een SN 7404, bevat een zestal identieke schakelingen waarvan we er twee gebruiken als oscillator. We zien ook dat er een kristal van 10 MHz wordt toegepast. Met de trimmer kunnen we het kristal zeer nauwkeurig op de juiste frequentie zetten. (Hoe dit precies gebeurt behandelen we aan het slot van dit verhaal.) Vervolgens stoppen we ons signaal in de SN 7490.

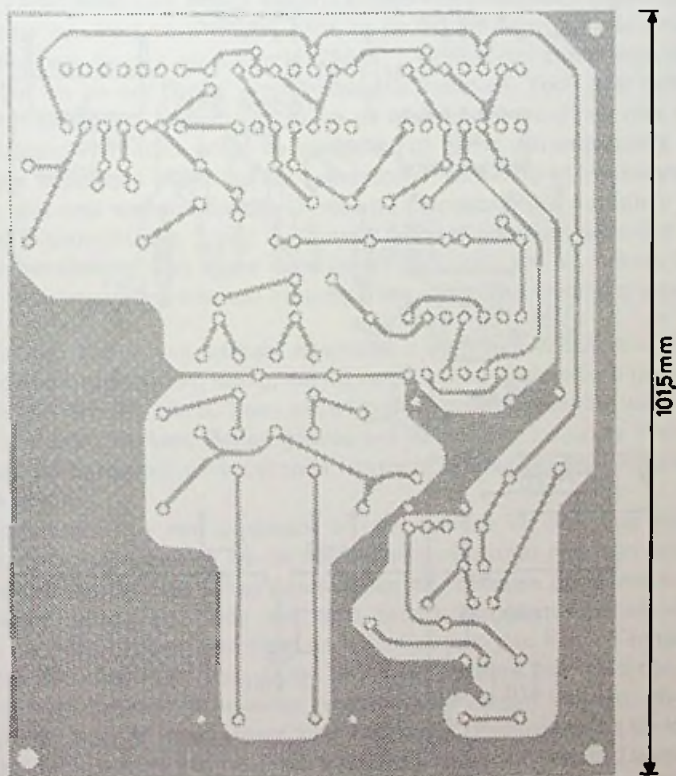
Dit IC bevat een tweedeler en een vijfdeeler. Door de uitgang van de tweedeler te verbinden met de ingang van de vijfdeeler benutten we het IC als tiendeler, een functie waarvoor hij opperbest geschikt is. De tweedeler maakt van het 10 MHz-signaal 5 MHz, de vijfdeeler produceert een uitgangsfrequentie van 1 MHz. Op precies dezelfde manier zorgt de volgende SN 7490 voor uitgangsignalen van 500 kHz en 100 kHz. Via de keuzeschakelaar hebben we al vier grondfrequenties beschikbaar: 5 MHz, 1 MHz, 500 kHz en 100 kHz en dat alles met maar één kristal! Om ons apparaatje een echte 'alles-kunner' te laten worden, zou 50 kHz ook nog kunnen, maar dat kost een extra IC, dat dan maar voor een deel wordt benut (alleen de tweedeler).



Afb. 4.30: 1Kgenerator met instelbaar ijkpuntenraster

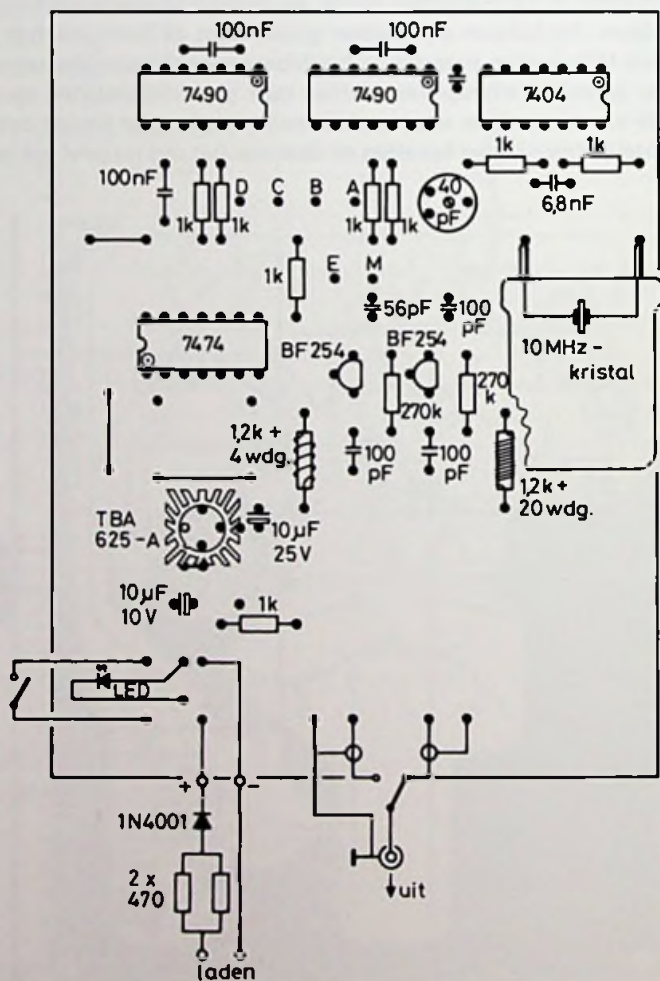
Bovendien is 25 kHz voor de 144 MHz-band ook wel leuk, want dat is nou net de kanalenpatie in het FM-simplexbandje. Een vierdeler achter het 100 kHz-sigitaal zou prachtig zijn, maar bestaàn die? Nee, niet zo zonder meer, maar er is wel een IC in de 7400-reeks dat een tweetal tweedelers in zich bergt: de SN 7474. Zetten we die achter elkaar, dan hebben we met één IC, dat volledig benut wordt een vierdeler en daarmee nog twee extra frequenties ter beschikking: 50 kHz en 25 kHz. Mooier kan het al niet. In het prototype is van de 50 kHz-mogelijkheid geen gebruik gemaakt, domweg omdat er een keuzeschakelaar voorhanden was met slechts vijf standen.

Goed, we hebben dus een aantal prachtige ronde grondfrequenties. Maar we hebben daarvan de harmonischen nodig, we moeten tenslotte een frequentieraster hebben. Nu hebben we gewoon geluk, want de harmonischen zijn er al! Digitale IC's werken namelijk in hoofdzaak met blokvormige spanningen en de hier gebruikte exemplaren vormen daar geen uitzondering op. Als we de theorie van blokgolven er op naslaan zullen we kunnen vinden dat ze een groot aantal harmonischen bevatten en daar was het ons nu juist om te doen.



Afb. 4.31: *Print lay-out van de ijkgenerator* (. . . . = raster "254")

Bovendien is de uitgangsspanning behoorlijk groot. Digitale IC's zitten wat dat betreft op bijna 5 V. We zouden er dus zo een gevoelige HF-versterkertrap mee kunnen opblazen, maar dat niet alleen, een toevallige kortsluiting van de signaaluitgang zou ook wel eens een IC in onze ijkgenerator naar de eeuwige jachtvelden kunnen helpen. En dan nog iets, door inwendige capaciteiten gaan de IC's die we hier toepassen niet veel hoger dan pakweg 20 MHz. Daarboven worden de blokgolven 'afgerond' en de harmonischen minder sterk. Al met al een goede reden om het gekozen uitgangssignaal na de schakelaar nog wat extra bewerking te laten ondergaan.



Afb. 4.32: Componentzijde en verbindingen van de ijkgenerator

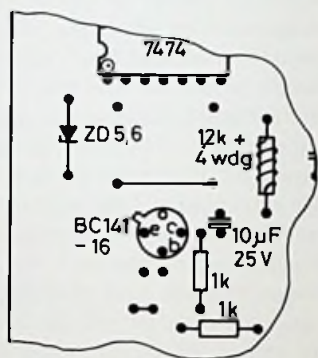
We zien twee identieke transistortrapjes tussen keuzeschakelaar en signaal-uitgang staan. Ze hebben samen met de daarbij behorende onderdelen elk een aantal functies. De condensatorpjes in de basislijn van elke transistor vormen met de basisweerstand zg. integrerende netwerkjes die van de aangeboden blokgolven smalle naaldimpulsen maken. De transistor versterkt deze pulsen. In de collectorlijn vinden we een spoeltje met parallelgeschakelde weerstand. Nu zijn de twee versterkertrapjes schematisch wel gelijk maar in werkelijkheid is de dimensionering verschillend. Condensatorpjes en spoeltjes maken de dienst uit als het om voorkeur voor een bepaald frequentiegebied gaat. We kunnen er hele theoretische beschouwingen aan wijden, maar dat heeft weinig zin, het zijn de resultaten die gelden en die liegen er niet om. Het ene versterkertrapje is zo gedimensioneerd dat een vrij sterk frequentieraster van ongeveer 25 kHz . . . 300 MHz ontstaat, met een duidelijke voorkeur in het gebied van 1 . . . 175 MHz. Goed genoeg voor zowel de HF-banden als de twee meter.

De uitgangsspanning is groot genoeg om via een 'sprietje' als zendantenne in te stralen op elke ontvanger. Het andere versterkertrapje heeft zoals gezegd andere eigenschappen. Het uitgangssignaal is zwakker, maar gaat in frequentie een heel stuk hoger: zelfs in de 70 cm-band zijn de ijkpunten waarneembaar en ook op 23 cm (1215 . . . 1298 MHz) zijn er nog signalen te vinden als we een 'hoge' grondfrequentie instellen. Toch gaat het op de kortegolf ook goed, alleen moeten we de ijkgenerator nu direct met de ontvangeringang verbinden. Voor de afregeling of ijking van ontvangers zijn in duurdere apparaten vaak 'marker-generatoren' aanwezig en we kunnen ons printje dus ook wel inbouwen. Omdat de toepasbaarheid van onze zelfgemaakte ijkgenerator zo groot is, kunnen we met voordeel besluiten om er een aparte eenheid met eigen voeding en behuizing van te maken. Op die manier breiden we ons arsenaal hulpapparatuur met een veelzijdig setje uit.

De voeding, dat is een verhaal apart: er is voor een kristaloscillator een stabiele voedingsspanning nodig, wil hij netjes op de frequentie blijven staan. Daarbij vereisen digitale IC's een nauwkeurige voedingsspanning van 5 V, wil de zaak correct werken. Reden genoeg om de voeding zo uit te voeren dat leeglopende batterijen of variërende lichtnetspanning op geen enkele wijze van invloed is.

Nu hebben we nog een probleem en dat lichten we ook nog even toe. Transformatoren waarmee we de netspanning omzetten naar een bruikbare waarde hebben de eigenschap bromvelden en trillingen op te wekken, terwijl kleine exemplaren nog wel eens behoorlijk warm kunnen worden. Willen we onze ijkgenerator klein en licht houden, dan zijn we aangewezen op batterijvoeding maar daar zitten ook weer nadelen aan: batterijen lopen leeg, kunnen 'lekker' en moeten regelmatig vervangen worden. Nu is dat niet zo erg, maar je moet iedere keer het kastje openmaken en de kans bestaat dat de afstelling van de juiste frequentie ontregeld wordt. Daarom is in het prototype een oplaadbare batterijset toegepast compleet met plugje. De toegepaste nikkel-cadmiumcellen kunnen zonder warmte-ontwikkeling

gedurende ongeveer vier uur een zeer constante spanning van 9,6 V leveren bij de vereiste stroom van 120 mA. Direct na het reactiveren van de 'deac's' is de spanning enkele tienden V hoger, maar na ongeveer 10 minuten belasting is de 'werkspanning' van 9,6 V weer bereikt en die blijft gedurende de aangegeven tijdsduur van ongeveer vier uur vrijwel gelijk. De stabilisator-schakeling met het IC TBA 625 A brengt de variatie tijdens de 'aanloop' terug tot enkele millivolt en levert de gewenste uitgangsspanning van 5 V.



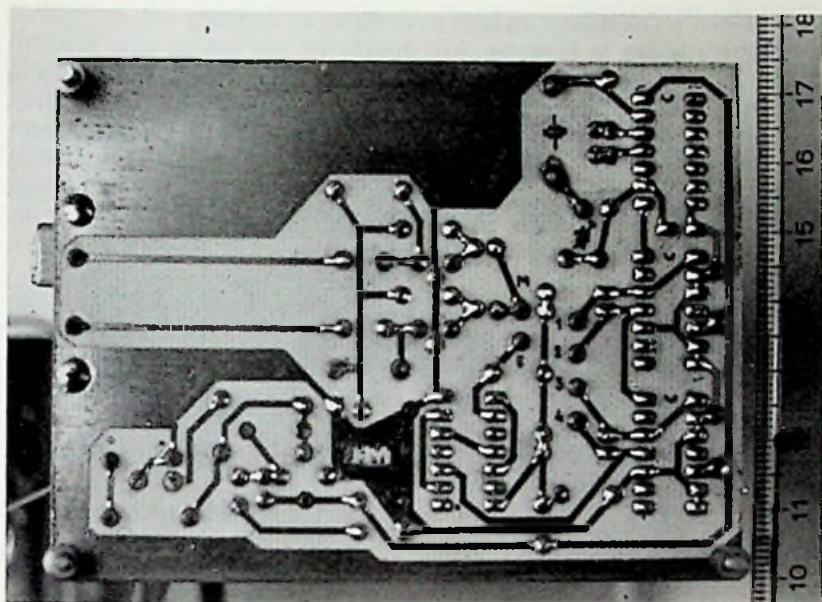
Afb. 4.32: (detail)

Ook een zener-transistor-combinatie is bruikbaar in plaats van een TBA 625A

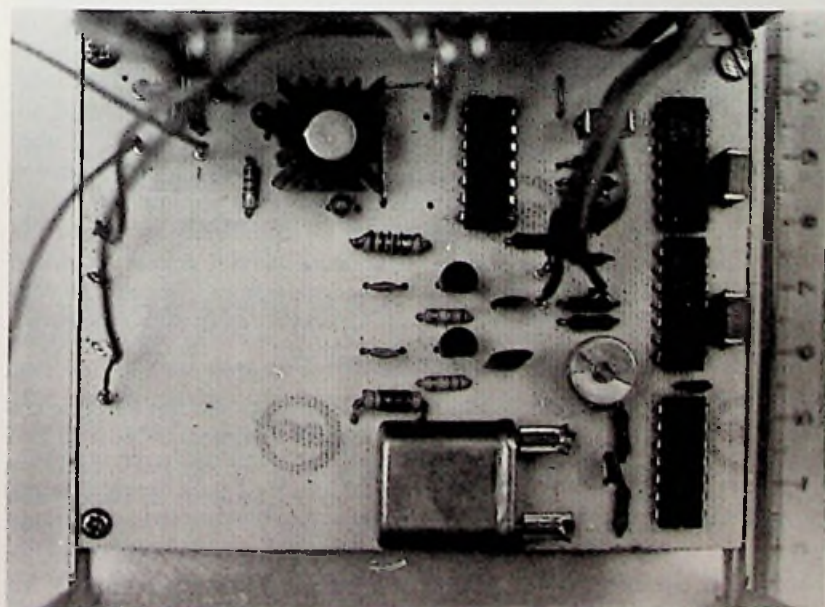
De TBA 625 A is een driebeelige spanningsstabilisator in een TO-5 huisje en bevat een fors aantal componenten die zorgdragen voor een uitstekende en betrouwbare werking. Het gemak dient de mens en voor de prijs die we voor dit IC moeten betalen, bestaat geen beter alternatief. Wel is, zoals reeds eerder gezegd, bij de print rekening gehouden met het feit dat ook gebruik kan worden gemaakt van een stabilisatieschakeling met een zenerdiode en een transistor als emittervolger, maar een TBA 625 A doet het gewoon beter.

Diode en weerstand tussen de deac en de laadaansluiting beschermen de deac tegen verkeerde polariteit en zorgen voor een verantwoorde begrenzing van de laadstroom. We kunnen laden met een voedingsapparaat of acculader die een spanning afgeeft tussen 12 en 26 V, hoe hoger de spanning, des te korter behoeven we te laden.

Nu gaan we er eens even lekker voor zitten. Stel, dat de bouw geen problemen heeft opgeleverd en dat de onderdelen netjes op de print zitten. Voor we ons apparaatje kunnen afregelen, moeten we de print eerst in de daarvoor bestemde behuizing zetten. We raden aan om daarvoor een aluminium kastje te gebruiken. Het belangrijkste voordeel daarvan is, dat we geen last hebben van ongewenste uitstraling op andere dan de gewenste frequenties. Waarom eerst in de kast en dan pas afregelen? Reden daarvan is dat de capaciteit van printsporen en de kast enige invloed uitoefenen op de kristalfrequentie en we willen een precisie-apparaat construeren, dus . . .



Afb. 4.33a: *Het printje*



Afb. 4.33b: *De componentenopstelling*

Wel kunnen we de schakeling eerst controleren op de goede werking door er een batterijtje aan te koppelen, een draadje op een van de twee printuitgangen te prikken als antenne en met de ontvanger even over de band te draaien. We kunnen dan het beste een tijdelijke verbinding tussen de 500 kHz- of 1 MHz-uitgang maken op de plaats waar straks de keuzeschakelaar komt te zitten. Als alles goed is, zullen we duidelijk draaggolfjes op verschillende punten kunnen waarnemen. Zijn we eenmaal zo ver, dan kunnen we met een gerust hart de zaak inbouwen in het daarvoor bestemde kastje en als we die bezigheid tot een bevredigend einde hebben gebracht, kunnen we gaan afregelen.

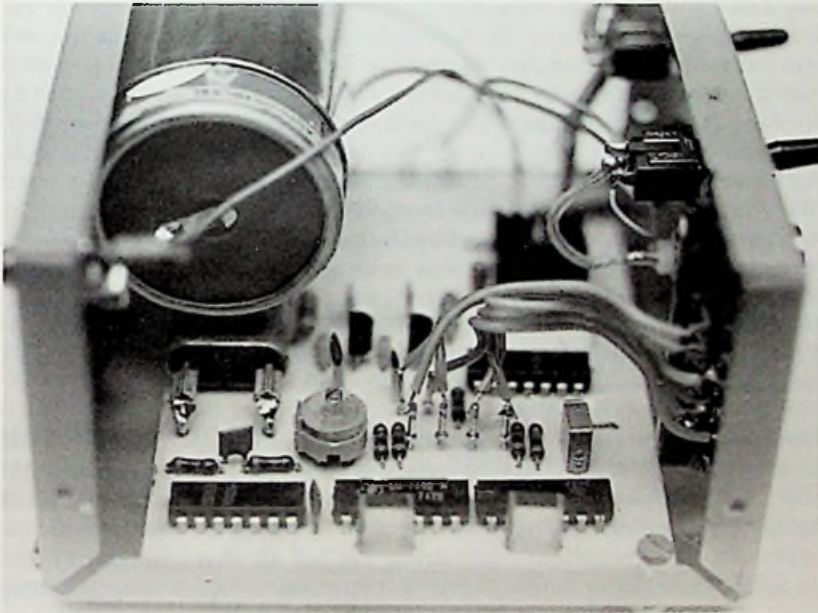
We moeten op de een of andere manier zien te bereiken dat we onze ijk-generator zo exact mogelijk afregelen. Zou het kristal er op 10 MHz slechts 100 Hz naast staan, dan zitten we er in de twee meterband al bijna anderhalf kilohertz naast en dat is al rijkelijk veel als we bedenken, dat we maar 0,001% 'mis' zitten! Toch is het wel mogelijk om tot op de hertz nauwkeurig uit te komen. We moeten dan wel aan een aantal voorwaarden voldoen. Om te beginnen moet de voedingsspanning zeer stabiel zijn. De deac moet 9,6 V leveren of daaromtrent en zijn terugval na het laden achter de rug hebben. Verder moeten we een referentiesignaal ter beschikking hebben van een zelfde frequentie als één van onze grondfrequenties of een veelvoud daarvan. Nu zijn er gelukkig een behoorlijk aantal zendstations op 'ronde' frequenties in de lucht. Ze zijn vrijwel over de gehele wereld verspreid en goed te ontvangen. Eén daarvan is op bijna elke huiskamerradio of portable te krijgen: BBC 2 op de lange golf, beter bekend als Droitwich (200 kHz). De draaggolf van dit station ligt buitengewoon nauwkeurig vast, de frequentie wijkt slechts enkele Hz per uur af van de enig juiste 200 kHz. We mogen daarom veilig aannemen dat Droitwich als eerste klas referentiesignaal kan dienen. Als we nu onze ijkgenerator inschakelen, de voedingsspanning controleren en vaststellen dat die stabiel is, kunnen we aan de slag. We stellen de keuzeschakelaar in op 100 kHz en zullen nu als alles goed is een zoem- of fluittoon door de muziek van Droitwich horen heenklinken. Als we nu met een plastic trimsleutel aan de trimmer naast het kristal draaien, zullen we ontdekken dat de toonhoogte van het signaal verandert. We moeten nu net zo lang draaien tot we niets meer horen, hooguit zal één's in de zoveel seconden de signaalsterkte van Droitwich op en neer zwabberen, wat er op duidt dat we in de goede richting komen.

Nu zitten we al heel dicht bij de juiste frequentie, maar het kan nog wel beter. Denk maar na: een halve periode verschil per seconde op 100 kHz betekent wel ruim 700 Hz afwijking op de twee meterband. Het is beter om een referentiesignaal op te zoeken van een hogere frequentie en aan de hand daarvan 'zero-beat' te draaien. En ook dat is mogelijk want in het kortegolfgebied zijn er ook een aantal stations die op ronde frequenties uitzenden. Zo hebben we bijvoorbeeld het Amerikaanse station WWV dat op 5, 7,5, 10, 15, 20 en 25 MHz dag en nacht in de lucht is. Ook van dit station liggen de frequenties zeer nauwkeurig vast. De modulatie bestaat uit gecodeerde infor-



matie over dag, datum en tijd, die als een serie 'tijdsein'-piepjes waarneembaar zijn.

Roeren we de trimmer nu aan dan zullen we bemerken dat de interferentietoon veel sneller verandert, het steekt nauwer. Als we nu voorzichtig draaien en zero-beat te pakken hebben, weten we zeker dat de nauwkeurigheid zeer groot is. Pakken we bijvoorbeeld het 10 MHz WWV-signaal, dat vrijwel altijd goed doorkomt, dan mag een afwijking van 1 periode per seconde als buitengewoon goed worden gezien. De nauwkeurigheid is dan al beter dan 0,00001%!



*Afb. 4.34: Interieur van de gemonteerde ijkgenerator*

We zullen merken dat het erg lastig is om dit te bereiken, een metalen trim-schroevendraaiertje is uit de aard der zaak niet eens te gebruiken; benadering van de trimmer doet de interferentietoon duidelijk hoorbaar veranderen. Het is echt millimeterwerk geworden en de minste of geringste verandering doet de ijkgenerator verspringen in frequentie. We zullen verschillende malen moeten 'proberen' om netjes op interferentie-nul te komen, het is een geduldkarweitje. Als we de zaak eenmaal naar wens hebben afgeregeld, kunnen we het kastje dichtmaken en nog eens controleren. Erg veel mag het niet schelen of we de kast open of dicht hebben; als het kastje erg klein is kunnen we met voordeel een gaatje in het deksel boren waar doorheen we met een trimstift de trimmer kunnen naregelen. Bij het prototype bleek dat niet nodig.

Nu is ons ijkgeneratortje klaar voor gebruik en kunnen we een ijkpuntraster naar onze eigen wens instellen met behulp van de keuzeschakelaar. Als we de resultaten aan een nader onderzoek onderwerpen, zullen we ontdekken dat ons apparaatje zeer goede eigenschappen heeft. Het enige nadeel is dat bij wisselende temperatuur de frequentie iets verloopt. Proeven hebben uitgewezen dat het kristal en de trimmer hoofdschuldigen waren. Nu is het ene kristal het andere niet en toen er eenmaal een 'echt' ijk-kristal in de generator werd gestopt, waren de grootste zorgen voorbij. In twee uur tijd verliep de generator 19 Hz vergeleken met het WWV-sigitaal op 10 MHz. Wel werd de temperatuur in dit tijdbestek constant gehouden. In diezelfde tijd zakte de voedingsspanning 45 mV en dat was (waarschijnlijk) de oorzaak van het verloop gemeten over de bewuste 2 uur. De voedingsspanning werd tien minuten van te voren ingeschakeld. Een tweede proef vond plaats in de keuken. De ingekaste ijkgenerator werd in de koelkast gezet met een thermometer er bovenop. Tien minuten voordat hij er uitgehaald werd, was de temperatuur 3°C. De voedingsspanning werd ingeschakeld. Intussen werd WWV op 10 MHz opgezocht en de toongenerator warmgestookt. Waarom de toongenerator? Wel, dat is een eenvoudige methode om het opgewekte interferentiesigitaal uit de ontvanger mee te vergelijken. Het is namelijk zo dat WWV geen constante draaggolf uitzendt maar periodiek de draaggolf in- en uitschakelt. Vergelijken we met de toongenerator dan kunnen we vrij nauwkeurig zonder frequentieteller vaststellen hoe groot de frequentie van de uit de ontvanger afkomstige verschiltoon is.

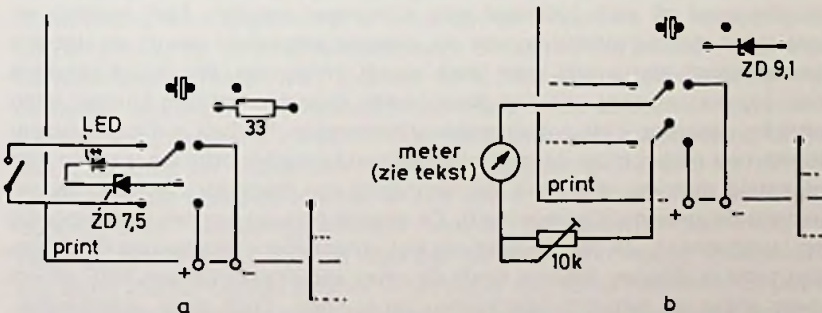
Voor we de ijkgenerator uit de koelkast halen, kunnen we nog even op de thermometer kijken. Bij het prototype was de temperatuur al opgelopen tot ruim 5°C, vermoedelijk als gevolg van warmte-ontwikkeling binnen in het kastje. De spanningsstabilisator en de andere IC's dissiperen een zekere hoeveelheid warmte, waardoor het interieur van het (gesloten) kastje iets hoger in temperatuur is dan de omgeving. De thermometer ligt er maar bovenop, dus het kan wel wat schelen. Nu halen we de ijkgenerator uit de koelkast en verbinden hem met de ontvanger. We merken onmiddellijk dat er een kleine afwijking van de juiste frequentie is opgetreden, toch scheelt het niet eens zo erg veel. De toongenerator werd op dezelfde frequentie als het verschil-sigitaal gedraaid en wees 27 Hz aan . . .

Dat de temperatuur in het kastje een duidelijke rol speelt, bewees dezelfde proef, maar nu werd de ijkgenerator niet van te voren aangezet. Direct na het inschakelen bedroeg het verschil maar liefst 255 Hz. Bij deze 'koude' proef bleek overigens ook dat de deacspanning ruim 0,18 V lager was dan in normale toestand en ook dat schijnt een forse verschuiving te weeg te brengen. Het duurde in beide gevallen geruime tijd eer de frequentie weer (bijna) op de juiste waarde was teruggekeerd; van 255 Hz naar 27 Hz duurde overigens tien minuten. Sinds de koelkastbelevens staat het prototype er nog steeds een paar Hz naast, de kast in sindsdien alleen een keer open geweest om een foto van het binnenwerk te maken.



Afb. 4.35: Het kastje is van een afdekkap voorzien en voor gebruik gereed

De stabiliteit van het ijkwerk kan door toepassing van een goed ijk kristal en een trimmer met een lage temperatuurcoëfficiënt uitzonderlijk groot worden. Verder moeten we het binnenwerk een paar minuten de kans geven om op te warmen als we erg nauwkeurig willen werken. Zeker als we de deac pas hebben gereactiveerd, is dat geen overbodige luxe, want de voedingsspanning is dan iets hoger dan normaal. Willen we die voedingspanning in de gaten houden (omdat we niet altijd WWV bij de hand hebben bijvoorbeeld) dan is daar op twee manieren iets op te vinden. Zoals we reeds eerder hebben opgemerkt, heeft de deac een langgerekt 'vlak' stuk in zijn ontlaadingscurve, we noemden dat reeds de 'werkspanning', zo om en nabij 9,6 V.



Afb. 4.36: Alternatieve indicatiemogelijkheden

- a. De LED als spannings-indicator
- b. Met een metertje kan het ook, als het nulpunt onderdrukt wordt

Als we nu in serie met de LED, die we als aan/uit-indicator gebruiken een zenerdiode plaatsen en de weerstand van  $1\text{ k}\Omega$  vervangen door een exemplaar van een lagere waarde zal de LED doven als de spanning die de deac levert beneden een bepaalde waarde zakt. De zener moet een kniespanning hebben welke ruwweg  $1,8\text{ V}$  lager is dan de 'werkspanning' van de door ons gebruikte deac. Een weerstandje van  $22 \dots 39\ \Omega$  in serie met de LED beschermt deze als de deac 'vol' is. De tweede mogelijkheid bestaat uit het plaatsen van een miniatuurmetertje, een instelpotmetertje en een zenerdiode van  $9,1\text{ V}$  over de voedingspanning.

We kunnen de zenerdiode in de plaats zetten van de 'oude'  $1\text{ k}\Omega$ -weerstand, het instelpotmetertje kunnen we het beste op de achterzijde van het meter-tje kwijt. We meten nu feitelijk alleen de spanning die overblijft boven de  $9,1\text{ V}$ , omdat de zener onder die spanningswaarde niets doorlaat. De weerstandswaarde van de instelpotmeter hangt af van de toegepaste meter, waarvan we moeten vaststellen hoe groot het aantal kilo-ohm per  $\text{V}$  is. Nu zit die waarde voor de meeste metertjes om en nabij de  $5\text{ k}\Omega/\text{V}$  en we behoeven maar ruwweg  $1\text{ à }1\frac{1}{2}\text{ V}$  variatie te meten. Een potmetertje van  $10\text{ k}\Omega$  zal meestal wel een goede keus zijn. Als we eenmaal met de deac in het 'vlakke' stuk zitten, kunnen we met de instelpotmeter ons indicatortje afstellen op bijvoorbeeld 'midden-schaal' en daar een streepje zetten. We weten dan voor eens en altijd dat het met de deac wel goed zit, meestal klopt de frequentie dan ook wel . . . Beide manieren zijn echter minder betrouwbaar dan het controleren via een referentiezender, maar ook hier geldt weer het oude spreekwoord: je kunt best dansen, al is het niet met de bruid!

## 4.7 De Antennerotor

Elke antenne die richtingsvoorkeur heeft, ontvangt signalen of zendt ze uit in een bepaalde richting. Een waarheid als een koe, zul je zeggen! Jawel, maar dat betekent ook dat signalen uit een andere dan de voorkeursrichting minder goed of zelfs helemaal niet ontvangen worden. Ook kunnen we vaststellen dat de uitstraling van de antenne gebundeld wordt en dat ons zendersignaal niet overal even sterk wordt ontvangen. Nu is het gelukkig niet zo, dat we onze antenne maar in één bepaalde richting kunnen laten werken, daarvoor is de antennerotor uitgevonden. Nu heb je die ook nog in soorten en maten maar ze gaan allemaal van hetzelfde principe uit: een vast opgesteld motortje drijft via een vertraging een draaibaar mechanisme aan waarop de antenne is gemonteerd. De meeste rotoren werken tegenwoordig op laagspanning. Ze zijn in staat om het antennepark in ongeveer  $60$  seconden rond te draaien. Meestal heeft de rotor een draaicirkel van  $360^\circ$  of iets meer zodat we letterlijk alle kanten op kunnen. Toch maar gemakkelijk, nietwaar?

We moeten er wel degelijk rekening mee houden welk type we kiezen. Er zijn eenvoudige exemplaren die een twee meter-antenne van flinke afmetingen niet eens meer rond krijgen bij windkracht tien en er zijn 'knollen'

die bij orkaankracht niet de minste moeite hebben met lijvige antennecombinaties. Daarom dienen we pas over te gaan tot aanschaf als we uitgeknoobeld hebben wat we aan ijzerwerk hemelwaarts willen laten wijzen.

Een belangrijk gegeven is onder meer hoe zwaar de gewenste rotor axiaal mag worden belast. Dat wil zeggen: het pure gewicht dat er - van boven naar beneden gerekend - op de rotor rust. We moeten daarbij rekening houden met alles wat er 'draaien' moet, dus ook het mastje, het kabelgewicht, de antenneversterkers, de bevestigingsbeugels en natuurlijk het eigen gewicht van de antenne(s).

Een tweede, zo mogelijk nog belangrijker zaak is het remkoppel dat de rotor in uitgeschakelde toestand bezit. Antennes zijn vaak enorme windvangers en als we geen dolgedraaide tandwielen in onze rotor willen terugvinden, is het erg belangrijk om op dat remkoppel te letten. Rotortypen met wormwieloverbrenging zijn wat dat betreft zonder meer het sterkst. Sommige zware jongens hebben zelfs een extra rem ingebouwd als beveiliging. Rukwinden zijn meestal de grootste boosdoeners en het Hollandse klimaat heeft vooral de laatste jaren méér dan eens voor teleurgestelde rotoreigenaars gezorgd. Nu is het jammer genoeg zo, dat 'echte' rotoren verschrikkelijk duur zijn terwijl de wat vriendelijker geprijsde kleine broertjes van een dergelijke constructie zijn, dat we ze haast zouden moeten kwalificeren als 'speelgoed'. Plastic of nylon tandwielletjes zijn van bedenkelijk klein formaat en de motor zou het wellicht in een scheerapparaat maar amper 'doen'. Nee, willen we een beetje zekerheid dan moeten we een rotor kiezen die stevig in elkaar zit en liefst wat meer kan hebben dan onze minimumwensen. Als we daar op letten en niet op een paar tientjes kijken, zullen we niet bedrogen uitkomen. Tenslotte kosten twee slechte rotors altijd een stuk meer dan één goede!

Dan hebben we het nog helemaal niet gehad over de bediening van de rotor, want zonder het kastje 'beneden' kunnen we nog niets beginnen. De bedieningseenheid, zoals dat in deftige termen heet, bevat doorgaans de voedings-transformator, die de motor van spanning voorziet en een mechanisch of elektronisch deel dat we de besturing noemen. Die besturing kient uit welke draairichting we kiezen, zorgt er voor dat de motor via de vertraging die zelfde richting op de antenne overbrengt en laat bij het bereiken van de gewenste stand de motor weer stoppen. Er is voor wat betreft die bedieningseenheden een enorme verscheidenheid: fraaie 'klok-schalen' compleet met tikwerk en glimmende knoppen, maar ook heel eenvoudige plastic kastjes met dito knop en slechts een lampje dat aangeeft of de rotor wel of niet draait. Zonder bepaalde merken af te kraken, is het helaas nog wel zo dat 'super-de-luxe' bedieningseenheden waarop het woordje 'automatic' in vergulde letters prijkt duurder zijn dan de half-automatische stuur-kastjes van bruin plastic. Dubbel jammer is het dat er een aantal rotoren in de populaire prijsklasse uitgerust zijn met bedieningskastjes van het eerste soort en wat dat voor gevolgen heeft voor de kwaliteiten van het motordeel laat zich maar al te goed raden.

Goed, we kopen dus een goede rotor, compleet met bedieningseenheid en een eind kabel, waarmee we de verbinding tussen die twee tot stand brengen.

Ook daar kan nog het een en ander over worden opgemerkt. Als we een mastje op de schoorsteen hebben staan waar de rotor in zit en we hebben de 'shack' op zolder dan is een paar meter kabel voldoende en hebben we weinig narigheid te verwachten. Het wordt heel anders als we een dertig meter lange mast in de tuin hebben staan en als we onze hobbyruimte aan de andere kant van het huis hebben ingericht. We moeten dan met alle bochten erbij gauw zo'n veertig tot vijftig meter rotorkabel monteren en moeten er nu terdege rekening mee houden dat een stevige rotor zo'n drie tot vijf ampère stroom trekt. Is de weerstand van de lengte rotorkabel minder dan  $0,1 \Omega$ , dan is er niets mis, maar gebruiken we te dunne aders dan kan de weerstand over zo'n afstand aardig oplopen. Een verliesweerstand van  $1 \Omega$  is niets bijzonders, zeker niet omdat we in feite héén en terug moeten met de rotorstroom. Door de kabel verliezen we zeker drie tot vijf volt en dat merken we echt wel. Uiteindelijk krijgt de rotor zelf minder vermogen toegevoerd en kan dus ook minder energie ontwikkelen; de antenne komt bijvoorbeeld moeilijk 'rond'. Daarom mogen we ook al niet bezuinigen op de post rotorkabel en we doen er goed aan een zwaar soort te kiezen, zeker als we meer dan 10 meter tussen bedieningseenheid en motordeel moeten overbruggen.

Zo, genoeg gepraat over de perikelen die de aankoop en installatie van een rotor vergezellen. Wat we nu gaan doen, is een beschrijving geven van een bedieningseenheid met een aantal bijzondere eigenschappen, overigens wederom bedoeld als zelfbouwproject. De aanleiding van de bouw werd feitelijk gevormd door een 'vastloper', de rotor was tegen de nok aangelopen, kon niet verder draaien en de bedieningseenheid faalde door de stroom niet bijtijds uit te schakelen. Het trieste gevolg was een verbrande transformator en een zelfde type was niet verkrijgbaar. Toen werd maar meteen besloten om de zaak in een nieuw kastje onder te brengen en de besturing uit te breiden met een mogelijkheid van voorkeuze. Omdat de rotor wat aan de lichte kant was en er eigenlijk nog een extra antenne in de mast zou komen, moest er nog een andere moeilijkheid worden overwonnen. De hulp van een mastlager loste het probleem op van de te grote axiale belasting, maar wat bleef, was de kwestie van het remkoppel. Een grote 2 meter-antenne van ruim 6 meter lengte vangt een enorme hoeveelheid wind en het was dan ook al eens eerder gebeurd dat de antenne geknikt in de mast was achtergebleven na een verloren strijd met de zuidwester storm. Wel was inmiddels uitgedokterd dat de antenne het goed overleefde als hij met de kop in de wind werd gezet, maar stormen plegen uitgerekend op te steken als je een dagje 'uit' bent en dan staat de antenne uiteraard weer niet goed . . .

Eerst werd dus een wensenlijstje opgesteld, de bedieningseenheid moest een manasje-van-alles worden, dat zo mogelijk alle 'toevalligheden' het hoofd moest kunnen bieden. Als eerste eis: alles zo veel mogelijk 'elektronisch', verder de reeds genoemde voorkeuze-mogelijkheid omdat het handig was via een simpele druk op de knop een veel gebruikte richting precies en telkens weer opnieuw te reproduceren. Daarom ook werd als derde eis

gesteld dat de rotor erg nauwkeurig de ingestelde richting moest kunnen opzoeken. Reden daarvoor was, dat de oude bedieningskast een dode hoek vertoonde, dat wil zeggen: draaide de rotor van 'west' naar 'zuid' dan was de bereikte antennestand bij lange na niet dezelfde indien hij van 'oost' naar 'zuid' draaide. Verder werd er nog een verlangen toegevoegd aan ons lijstje: tijdens afwezigheid of nachtelijke uren moest de rotor zelf er voor zorgen dat de antennes telkens met de kop in de wind werden gehouden. Daartoe werd een systeem uitgedacht dat even simpel als effectief mag worden genoemd. Het komt er in principe op neer dat we de 'zoekknop' met de daaraan verbonden potentiometer boven in de mast zouden moeten plaatsen met een windvaan erop. De windrichting zou dan de windvaan en potmeter laten bewegen. We moeten er dan alleen nog voor zorgen dat de rotor periodiek wordt ingeschakeld. Komt de antennerichting overeen met die van de zoekpotmeter met windvaan dan schakelt de zaak zichzelf weer uit. Om nu te vermijden dat de rotor een paar honderd keer per uur in- en uitgeschakeld wordt ten gevolge van een heen en weer zwabberende windvaan is een schakeling uitgedacht die ééns per half uur de rotor gedurende minimaal vijf seconden inschakelt. In de praktijk is gebleken dat dit ruim voldoende is voor het gestelde doel. De antennes staan continu met de kop in de wind, de schakeling zorgt voor de kleine correcties.

In eerste aanleg werd een prototype gefabriceerd dat nu reeds enkele zeer zware stormen aan zich voorbij heeft zien trekken en even zo vele malen er voor heeft gezorgd dat de antennes het natuurgeweld overleefden. De rotor in kwestie is opgesteld op een vrijstaande pylonenmast van 18 meter lengte en drijft een vier meter lange mast met drie enorme antennes aan. Dat de zaak wel wat voor zijn kiezen krijgt, wordt des te duidelijker als we er rekening mee houden dat de bewuste mast in een stuk Fries weidegebied staat en op kilometers afstand in zijn geheel zichtbaar is; de wind heeft er dus óók vrij spel mee. De eigenaar van het eerste proefmodel heeft dan ook meermalen z'n hart vastgehouden.

Toen gebleken was dat de opzet gelukt was en de antennes heel bleven, werd er nog wat verder geëxperimenteerd en een tweede exemplaar van een rotorautomaat begon langzamerhand het levenslicht te aanschouwen. Nu is het ondoenlijk om de gehele bedieningseenheid compleet met windvaan en al in de mast te hangen, dus daar moest eerst wat op gevonden worden. Een potmeter in een klein waterdicht kastje werd van een aluminium windvaan voorzien en in de mast geplaatst. De grote narigheid is dat een gewone potmeter maar een draaicirkel heeft van ongeveer  $270^\circ$  dus er bleef een kwart van de windroos over die niet kon worden bestreken. Bovendien zou de potmeter een waarde moeten hebben die gelijk is aan driekwart van de originele potmeterweerstand in de bedieningskast. Die was overigens draadgewonden en meting wees uit dat de waarde precies  $1\text{ k}\Omega$  was. Wilde de zaak 'synchroon' lopen met de rotorrichting dan moest er een potmeter gezocht worden die òf over  $360^\circ$  een waarde van  $1\text{ k}\Omega$  kon bestrijken, òf een exemplaar dat  $270^\circ$  kon draaien en een weerstandswaarde van  $750\ \Omega$  had.

Geen van beide leek mogelijk. Toch werd er een oplossing gevonden maar

daarover later. In elk geval moesten we er met het ontwerpen van de besturingsschakeling rekening mee houden dat er een omschakelmogelijkheid moest worden ingebouwd tussen de 'windvaan-potmeter' en de normale regeling. Het tweede exemplaar werd bovendien voorzien van een richtingsindicatie met een zestiental LED's rondom de hoofdpotmeter, zodat er een mogelijkheid was de momentele richting van de antennes en/of de wind aan te wijzen.

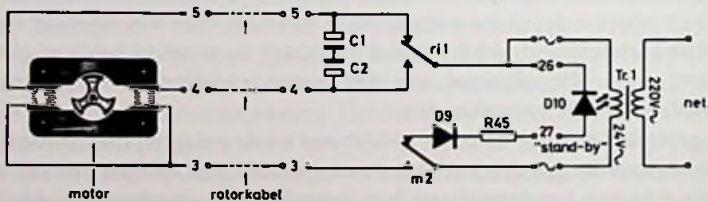
Allereerst bekijken we het schakelschema van de bedieningseenheid. Het geheel is opgesplitst in vier delen, te weten:

- a. De motorvoeding met een indicatie via een LED voor de stand 'uit'.
- b. De 'elektronica' die samenhangt met de richtingskeuze, de voorkeuze en de daarbij behorende indicatie.

Deze twee delen vinden in hoofdzaak hun plaats op de twee printen in het prototype. De grote print bevat overigens alle bedieningsorganen.

- c. Het derde schema bevat de voeding van de stuurschakeling. Omdat voor deze sturing een OpAmp-schakeling werd geprefereerd boven een schakeling met gewone transistoren is de voeding dubbel uitgevoerd en bovendien gestabiliseerd.
- d. Het vierde schema geeft een beeld van de LED-schakeling die dienst doet als richtingsindicator terwijl hierin tevens de schakeling van de 'half-uur'-automaat is opgenomen.

Deze twee eenheden worden eveneens uit de kleine voeding van de benodigde spanning voorzien. We gaan de vier schema's stuk voor stuk onder de loep nemen.



Afb. 4.37a: Motorvoeding van de rotorautomaat

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| Stuklijst                                      | $D_{10}$ = LED                |
| $C_1$ = 470 $\mu$ F/63 V                       | $R_{45}$ = 1k8                |
| $C_2$ = 470 $\mu$ F/63 V                       | $Tr_1$ = Trafo - prim. 220 V; |
| $D_9$ = 1N4001                                 | sec. 24 V - 4 A               |
| $r_1$ = relaiscontact van relais RI (richting) |                               |
| $m_2$ = relaiscontact van relais M (motor)     |                               |

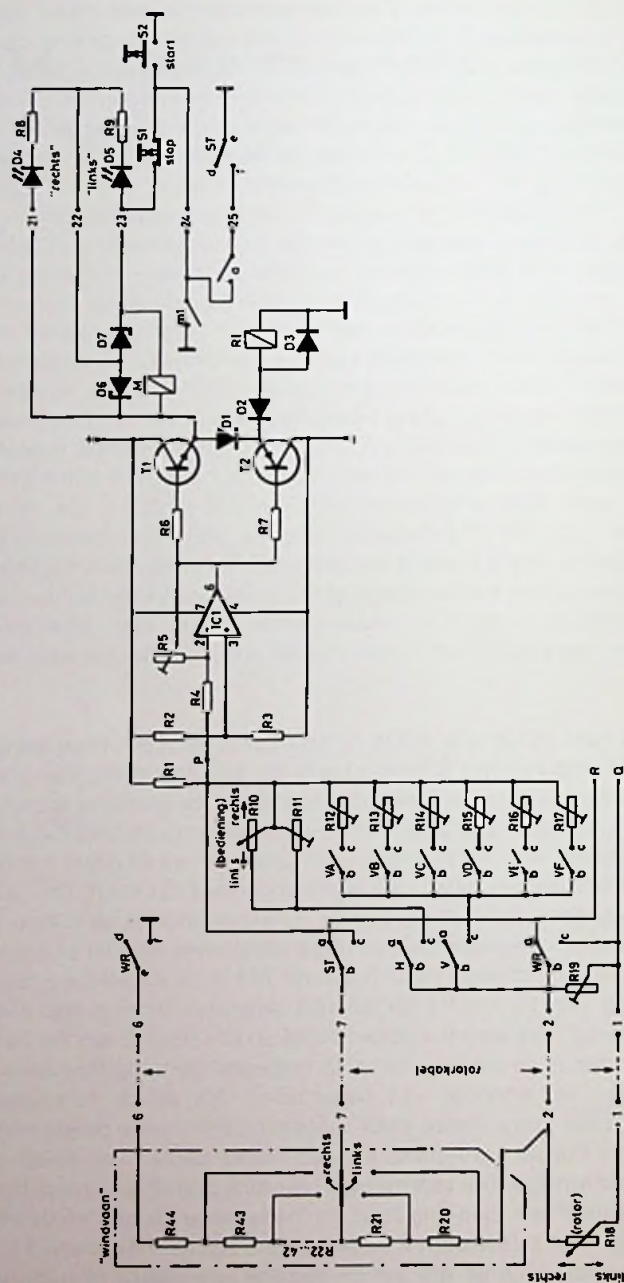
De nummers 3, 4 en 5 zijn aders van de rotorkabel

Nummers boven '20' geven verbindingpunten tussen de printen aan



Allereerst de motorvoeding. Daarvoor werd een transformator aangeschaft die 24 V bij ongeveer 4 A kon leveren, dat was tenminste voor de rotor die ter beschikking was (een AR 40 van CDE) de opgegeven waarde. Nu is het bij de meeste typen zo dat door het omschakelen van een forse condensator de draairichting wordt omgekeerd. Er werd dus een relaiscontact tussen gezet om deze omschakeling tot stand te brengen ('ri<sub>1</sub>'). In ruststand krijgt de ene wikkeling direct spanning, de andere ontvangt stroom via de condensatoren. Door het faseverschil gaat de motor in een bepaalde richting draaien. Wordt nu het relais bekrachtigd vanuit de stuureenheid dan schakelt het relaiscontact de directe spanning om naar de andere wikkeling. De eerste krijgt nu stroom via de condensator en de rotor draait de andere kant uit. Voor het aan- en uitschakelen van de motor zorgt een tweede relais, dat eveneens vanuit de stuureenheid wordt aangesproken. In ruststand levert de transformator alleen maar stroom aan de LED die aldus aangeeft dat de rotor stilstaat. In de originele bedieningseenheid zat een knots van een bipolaire condensator van 240  $\mu\text{F}$ . In de zelfbouwautomaat is gebleken dat twee gewone elco's met de 'neuzen' naar elkaar in serie het ook prima doen. Gekozen werd voor twee exemplaren van 470  $\mu\text{F}/63\text{ V}$  die, in serie, een waarde van zo'n 235  $\mu\text{F}$  vertegenwoordigden. Niet erg ver mis en de tolerantie van de meeste elco's kunnen we beter ook met een korreltje zout nemen. Het voordeel is, dat we het zaakje netjes op de print kwijt kunnen en dat we geen overbodige ruimte in beslag nemen in de kast. Hoe de relaisbekrachtiging tot stand komt is een verhaal apart en daaraan gaan we ons nu wijden.

Allereerst pakken we afb. 4.37b er bij en gaan eerst een klein beetje theorie van de OpAmp na. Het is bijvoorbeeld zo, dat de uitgang van een OpAmp nul is, op voorwaarde dat beide ingangen dezelfde spanning voeren. Dit nulniveau aan de uitgang geldt alleen als we de OpAmp 'dubbele' voedingsspanning toedienen. Van dit principe werd uitgegaan bij de opzet van het gehele schakelschema en we zullen zien welke voordelen dat heeft. Om te beginnen kunnen we, door de spanning aan de ingangen ongelijk te maken (een heel klein verschil is al voldoende), de uitgangsspanning positief of negatief laten worden. Nu het schema: punt 3 van de 741 is de plus-ingang. Deze wordt met behulp van  $R_2$  en  $R_3$  op nul volt gehouden (halverwege + en - voedingsspanning). Als we nu kunnen bereiken dat punt 2 van de 741 ook op nul komt dan is de uitgang (punt 6) eveneens spanningsloos en worden de transistoren niet voorzien van basissturing. Als we de hele schakelketen achter de twee transistoren even vergeten en de relais direct met de voedingsnul (= massa) verbinden, kunnen we vaststellen dat beide relais niet worden bekrachtigd. Die redenering klopt mits punt P aan massa ligt oftewel als er op punt P een spanning staat die 'halverwege' de plus en de min van de voeding ligt. Dat zelfde punt P ligt echter via een weerstand van 1 k $\Omega$  aan de positieve voedingslijn en om aan de gestelde voorwaarde te voldoen moeten we ergens tussen punt P en de negatieve voedingsspanning óók een weerstand van 1 k $\Omega$  zien te bewerkstelligen. En dat is nu precies wat er gebeurt,



Afb. 4.37b: Het 'hart' van de rotorautomat: de besturingseenheid

**Stuklijst bij afb. 4.37b**

R <sub>1</sub>	1000 Ω, 1 W, 1%, metaalfilm	schakelaars: zie tekst
R <sub>2</sub>	47k, 1/8 W, 5%	(De exemplaren welke van een letteraanduiding zijn voorzien zijn dubbel-polig om en onderling lossend)
R <sub>3</sub>	47k, 1/8 W, 5%	
R <sub>4</sub>	47k, 1/8 W, 5%	
R <sub>5</sub>	10 MΩ instelpotmeter	
R <sub>6</sub>	1 kΩ, 1/8 W, 5%	S <sub>1</sub> = drukknop breekcontact (stop)
R <sub>7</sub>	1 kΩ, 1/8 W, 5%	S <sub>2</sub> = drukknop maakcontact (start)
R <sub>8</sub>	470 Ω, 1/8 W, 5%	
R <sub>9</sub>	470 Ω, 1/8 W, 5%	IC <sub>1</sub> μA741 (mini-DIL)
R <sub>10</sub>	1000 Ω (360°) bedieningspotm.	
R <sub>11</sub>	100 kΩ instelpotmeter	T <sub>1</sub> BC107, BC547, BC147 etc.
R <sub>12</sub>	1 kΩ instelpotmeter	T <sub>2</sub> BC177, BC557, BC157 etc.
R <sub>13</sub>	1 kΩ instelpotmeter	
R <sub>14</sub>	1 kΩ instelpotmeter	
R <sub>15</sub>	1 kΩ instelpotmeter	Letters P, Q en R zijn verbindingen tussen twee deelschema's (zie tekst)
R <sub>16</sub>	1 kΩ instelpotmeter	Nummers 1, 2, 6 en 7 zijn aders van de rotorkabel
R <sub>17</sub>	1 kΩ instelpotmeter	
R <sub>18</sub>	1000 Ω (360°) rotorpotmeter	
R <sub>19</sub>	100 kΩ instelpotmeter	
R <sub>20</sub>	3,3 Ω, 1 W, 5%	Nummers boven '20' geven verbindingpunten tussen de printen aan
R <sub>21</sub>	afwisselend 39 Ω - 47 Ω, - 39 Ω - 47 Ω	
t/m		
R <sub>43</sub>	enz. 1/8 W, 5%	
R <sub>44</sub>	3,3 Ω, 1 W, 5%	
D <sub>1</sub>	1N4148 - 1N914 etc.	D <sub>5</sub> LED (rechts)
D <sub>2</sub>	1N4148 - 1N914 etc.	D <sub>6</sub> zenerdiode 13 V
D <sub>3</sub>	1N4148 - 1N914 etc.	D <sub>7</sub> zenerdiode 13 V
D <sub>4</sub>	LED (links)	
M	relais 12 V =, R <sub>i</sub> ca 180 Ω, 2 X om	
m <sub>1</sub>	relaiscontact van relais M	
RI	relais, 12 V =, R <sub>i</sub> ca 180 Ω, 1 X om	
a	relaiscontact van relais A	

alleen geschiedt dat wel via de nodige keuzeschakelaars en zelfs de hele bekabeling van de rotor is in het circuit opgenomen. Een enorm voordeel van deze schakelwijze is wel dat we de potmeter 'boven' in de rotor en de potmeter die in de bedieningskast zit, in serie kunnen schakelen en dat we ook het aantal draden tussen bedieningskast en buitengebeuren kunnen beperken. We moeten er echter goed op letten dat de som van beide potmeters altijd weer uitkomt op 1 kΩ. Draaien we bijvoorbeeld linksom met R<sub>10</sub> (de bedieningspotmeter) dan wordt de weerstand daarvan kleiner. De rotor

moet ook linksom draaien en de weerstand er in moet daar nu juist toenemen.

Stel je maar eens voor: Schakelaar 'H' is gesloten,  $R_{10}$  en  $R_{18}$  staan halverwege, dus hebben beide een waarde van  $500 \Omega$ . Draaien we nu eens voor de variatie rechtsom (richting 'R') met  $R_{10}$  dan zal de weerstand tussen punt P en de negatieve voedingslijn hoger zijn dan de vereiste  $1 \text{ k}\Omega$ . De spanning op punt P zal dus positiever worden, de OpAmp-uitgang zal in dit geval negatief worden en de PNP-transistor zal sturing ontvangen. Via dioden  $D_1$  en  $D_2$  worden beide relais bekrachtigd en in die situatie moet de rotor rechtsom gaan lopen. Is dat niet het geval en draait hij linksom dan moeten de draden '4' en '5' van de rotorvoeding met elkaar verwisseld worden. Verder is het van vitaal belang te weten dat in dit geval de rotorweerstand bij het naar rechts draaien afneemt. Het is daarom goed van te voren vast te stellen of dat het geval is, dan kunnen we er altijd rekening mee houden. Hebben we per ongeluk een rotor te pakken die 'andersom' werkt dan is er nog geen man overboord, we kunnen de meeste typen wel voorzichtig open maken en de draad van de potmeter naar de aansluitstrip van het ene uiteinde van de weerstandsbaan naar het andere verplaatsen. Kijk bij het in elkaar zetten wel uit dat alles weer goed op z'n plaats zit. Bij de CDE-rotoren gaat het prima, de behuizing kan alleen maar worden afgesloten als alles netjes 'past'. Als we van te voren niet goed opletten hoe het zit met het verband tussen draairichting en weerstandvariatie lopen we de kans dat later de indicatie van de rotorstand en het start/stopmechanisme een enorme puzzel wordt, dus . . . Schakelaar 'H' hebben we al gehad, die zet de gewone 'handbediening' in werking. Maar we hebben er meer. Schakelaar 'V' zet de hoofdpotmeter van de bedieningseenheid buiten werking en verbindt de stuurschakeling door met een tweede schakeleenheid. Hieraan zitten zes instelpotmetertjes die elk een waarde van  $1 \text{ k}\Omega$  hebben. Deze instelpotmetertjes nemen de taak over van de 'hoofd'-potmeter als de schakelaar in de juiste stand staat. Het aardige ervan is dat er op die manier een zestal voorkeurrichtingen kunnen worden gekozen.  $R_{12}$  t/m  $R_{17}$  kunnen elk afzonderlijk worden afgeregeld en naar wens ingeschakeld.

Nu hebben we in de bedieningsafdeling nog twee instelpotmeters niet bekeken. Parallel aan de weerstandsbaan in de rotor vormt  $R_{19}$  een fijnregeling voor de uiterst 'linkse' stand van de rotor ('tegen de klok indraaiend'), terwijl  $R_{11}$  voorkomt dat de rechtsom (met de klok mee) draaiende rotor vast loopt tegen de nok. Hoe we een en ander afregelen, zien we later. Met de instelpotmeter van  $10 \text{ M}\Omega$  die tussen punt 6 en punt 2 van de OpAmp zit, regelen we de versterkingsfactor, het resultaat is dat de 'breedte' van het afslagpunt kan worden ingesteld en we voorkomen ermee, dat de rotor rondom dat afslagpunt heen en weer blijft draaien. Vervolgens worden via  $R_6$  en  $R_7$  de transistoren  $T_1$  en  $T_2$  gestuurd en zoals gezegd zorgen dioden  $D_1$  en  $D_2$  er voor dat bij sturing van de PNP-transistor beide relais worden bekrachtigd, terwijl slechts één relais (het exemplaar dat aan de emitter van  $T_1$  zit) aanspreekt als de OpAmp positieve sturing aan het transistorpaar

geeft. Het andere relais, dat voor de ompoling van de elco's in de motorvoeding zorgdraagt, blijft in dat geval in rust; de rotor draait dan linksom. Over de bekrachtigingsspoelen zijn in het schema een aantal dioden te zien die een zeer essentiële functie hebben. Diode  $D_3$  dient eenvoudig om de uitschakelpiek te blussen. Omdat we door dit relais slechts in 'één richting' stroom laten lopen, kunnen we hier volstaan met een gewone diode. Het andere relais voert, afhankelijk van de draairichting, stroom van de emitter van  $T_1$  naar massa, of stroom van massa via diode  $D_1$  naar de emitter van  $T_2$ . Reden waarom we hier een tweetal anti-serie-geschakelde zeners toepassen. Met de in de stuklijst opgegeven waarden van  $D_6$  en  $D_7$  kan de uitschakelpiek nooit boven de 13,7 V uitkomen en daar kan een beetje hebbelijke transistor wel tegen. Bovendien opent deze schakelwijze de mogelijkheid om een indicatie aan te brengen met LED's. Als we even de theorie van een zenerdiode oppoetsen, kunnen we vaststellen dat deze zich in geleiderichting gedraagt als een gewone diode. De spanning die er overheen blijft staan is ongeveer 700 mV, te weinig voor een LED om op te lichten. In sperrichting is de spanning even groot als de zenerspanning, in dit geval is de spanning over de zener kleiner dan de waarde die er op staat aangegeven en de zener spert. Via een weerstandje kan de LED die over de sperrende zener is aangesloten, oplichten.

Wat we nu doen is in het schema duidelijk te zien, over elke zener is via een weerstandje van  $470 \Omega$  een LED geplaatst. De stroomrichting door het relais bepaalt welke LED oplicht, de zenerdiode die op dat moment in doorlaatrichting staat, knijpt de andere LED af en begrenst de keerspanning over die LED op 0,7 V, een ongevaarlijke waarde.

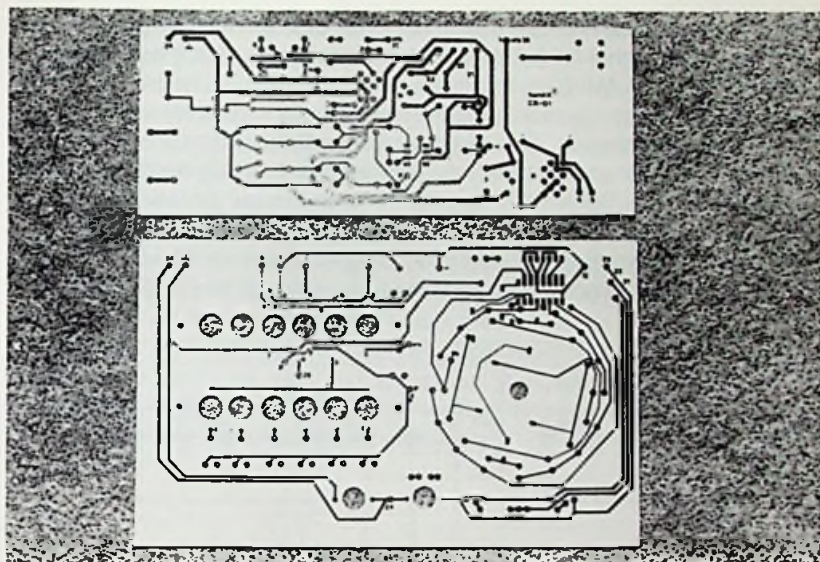
Tenslotte zien we geheel rechts in het schema nog een aantal schakelaars waarmee we de rotorbediening kunnen starten en stoppen. Beide schakelaars  $S_1$  en  $S_2$  zijn drukknopschakelaars met momentwerking. De 'stop'-knop onderbreekt de stroom door het relais en is dan ook een 'breek'-contact.  $S_2$  bezit een 'maak'-contact en als we de 'start'-knop indrukken leggen we daarmee de relaisspoel aan massa. Als de OpAmp sturing geeft zal het relais aanspreken en overneemcontact  $m_1$  sluit zich. Laten we de startknop los dan zal het relais via dit contact toch bekrachtigd blijven. Deze toestand blijft zo tot de OpAmp geen sturing meer levert (rotorweerstand  $R_{18}$  en de bedieningspotmeter zijn dan samen weer  $1 \text{ k}\Omega$ ). Het relais valt af en de zaak is weer in rust. Relaiscontact a zit via schakelaar ST eveneens aan massa en kan dus ook zorgen voor het starten van de rotor indien schakelaar ST gesloten is. Nu is deze schakelaar in feite de helft van een dubbele die een plaatsje heeft in een hele rij op het frontpaneel. Kijk maar naar links in het schema. Boven de reeds besproken schakelaars 'H' en 'V' zien we een exemplaar dat ook met 'ST' is aangegeven. Bovendien wordt de rij volgemaakt met nog een dubbel stel, dat na het inschakelen de windrichting op het frontpaneel zichtbaar maakt, maar dat is alleen maar een aardig 'extra'tje'. We hadden het over schakelaar 'ST'. Als we deze schakelaar indrukken, leggen we punt 7 van de rotorbekabeling aan punt P van de stuur eenheid.



*Afb. 4.38: Het kastje met de windvaan. Op de schakelaar zijn de weerstanden gemonteerd*

Als we de bedrading volgen kunnen we zien dat er nu iets heel anders gebeurt. De bedieningspotmeter is uitgeschakeld en in serie met de rotorweerstand zit een kastje met een hele vracht weerstanden plus een meerstanden schakelaar. Dit doosje is nu de clou: het zit boven in de mast met een windvaan er op en neemt de taak over van de bedieningspotmeter. Voorwaarde is dat de totaalweerstand dan ongeveer gelijk moet zijn aan die van de rotorweerstand. Als we de stuitnok uit de schakelaar verwijderen kan deze de complete  $360^\circ$  ronddraaien en zelfs verder: als het 'maximum' wordt overschreden pakt hij gelijk weer de 'nul' en de rotor draait terug. In het prototype werd een 24-standen schakelaar toegepast, met tussen de contacten weerstandjes van afwisselend  $47 \Omega$  en  $39 \Omega$  en om de waarde zo dicht mogelijk in de buurt van de gewenste  $1000 \Omega$  te krijgen aan elk 'uiteinde' een exemplaar van  $3,3 \Omega$ . Nu bleek, dat door weerstandjes met een tolerantie van 5% toe te passen, de waarde zeer nauwkeurig te benaderen was. Vergelijking op de meetbrug leverde een seriewaarde op van  $1001,7 \Omega$ .

Eventueel kunnen we, net zoals bij de hoofdpotmeter een extra instelpotmetertje van  $100 \text{ k}\Omega$  parallel schakelen waarmee we onze windvaan-kunstpotmeter de juiste waarde geven. Andere schakelaars zijn vanzelfsprekend ook op deze wijze te behandelen, hoe meer standen des te fijner volgt de rotor de windrichting, als we een schakelaar met bijvoorbeeld 8 standen toe passen zijn de stappen wel erg grof.

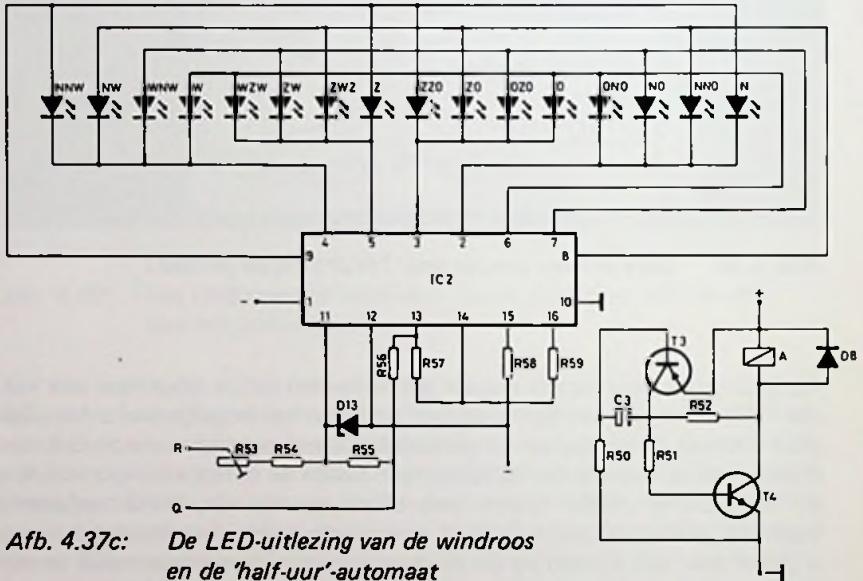


*Afb. 4.39: Deze printen werden voor het prototype gemaakt*

Als belangrijke voorwaarde kunnen we vermelden dat de schakelaar ook van zijn 'klikken' moet worden ontdaan: we halen het kogeltje eruit. Als alles goed is draait de schakelaar nu gemakkelijk rond en kunnen we de zaak bedraden. Het is niet erg dat de schakelaar tussen de oorspronkelijke standen in, 'kortsluiting' maakt tussen twee elkaar opvolgende schakelcontacten. Voor een goede werking is dit zelfs gewenst. Nu hebben we het in het begin al gehad over een schakeling die er voor zorgt dat de rotor periodiek wordt ingeschakeld en dat is nodig omdat we ook tijdens afwezigheid de rotor willen laten werken. In afb. 4.37c zien we een eenvoudige schakeling met twee transistoren en een relais dat om het half uur gedurende ongeveer vijf seconden wordt bekrachtigd. Relais A met maakcontact a start de rotor in de goede richting als de antennestand op dat moment niet overeenkomt met de windrichting. De bewuste schakeling zit permanent op de positieve voedingsspanning aangesloten en trekt in rust slechts  $5 \mu\text{A}$ . Pas als schakelaar ST wordt gesloten heeft het maakcontact effect. Als de rotorstand toevallig wél overeenkomt met de windrichting gebeurt er gewoon niets. De automaat wacht het volgende half uur af en bepaalt dan of er gedraaid moet worden.

In afb. 4.37c zien we nog een schema. Het stelt de schakeling van de richtingsindicator voor. Er wordt een IC in toegepast, de UAA 170, dat er in samenwerking met een zestiental LED's voor zorgt dat een spanningsvariatie wordt

omgezet in het wisselend oplichten van deze LED's. De weerstanden en het instelpotmetertje maken het mogelijk om een ingangsspanning die varieert tussen 0 en 12 V (positief, gerekend vanaf de minlijn), netjes in overeenstemming te brengen met de LED-uitleiding, die in een cirkel om de hoofdpotmeter is aangebracht. De ingang van het uitlezingscircuit is aangesloten op punt R van de stuurschakeling; het lijntje dat aan de rustcontacten zit van de schakelaars WR en ST. Let op: de 'plus'-lijn van de UAA 170 zit aan massa, de minlijn van de voeding die we willen uitlezen via de LED's negatief ten opzichte van de massalijn is, en in feite dus oploopt van - 12 V naar 0 V.



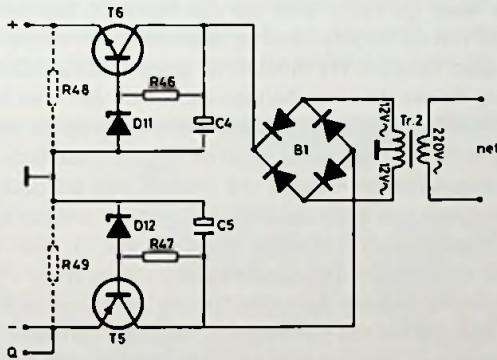
Afb. 4.37c: De LED-uitleiding van de windroos en de 'half-uur'-automaat

### Stuklijst

R <sub>50</sub>	10 MΩ	C <sub>3</sub>	470 μF/25 V elco
R <sub>51</sub>	1k8	D <sub>8</sub>	1N4148, 1N914 etc.
R <sub>52</sub>	330 Ω	D <sub>13</sub>	zenerdiode 4,7 V-250 mW
R <sub>53</sub>	50k instelpotmeter	IC <sub>2</sub>	UAA 170
R <sub>54</sub>	82k	T <sub>3</sub>	BC559, BC159, BC179 etc.
R <sub>55</sub>	33k	T <sub>4</sub>	BC547, BC147, BC107 etc.
R <sub>56</sub>	12k	A	relais 6-12 V =, R <sub>i</sub> > 200 Ω, 1 X maak.
R <sub>57</sub>	10k		
R <sub>58</sub>	1k		
R <sub>59</sub>	12k		



We gaan nog even terug naar afb. 4.37b, naar schakelaar WR. Als we deze schakelaar indrukken, sluiten we via de rotordraad '2' en de contacten 'b' en 'c' van de schakelaar, de rotorweerstand kort en daarmee de onderkant van onze windvaanpotmeter met de minlijn van de voeding. Via draadverbinding '6' en de contacten 'e' en 'f' wordt de bovenkant aangesloten op de massa-lijn. Op het lopertje (oftewel het moedercontact van de windvaan) hebben we nu een spanning staan tussen - 12 V en 0 V, afhankelijk van de windrichting. Deze spanning wordt via rotordraad '7' en de contacten 'b' en 'a' van schakelaar ST naar punt R gevoerd en belandt op die manier weer bij de LED-uitleiding. Tenslotte bekijken we het vierde deel van het schema, de voeding van de stuurseenheid, de LED-uitleiding en de half-uur-automaat. Er is gebruik gemaakt van een kleine voedingstransformator, een bruggelijk-richter, twee elco's en nog wat kleingood. Het schema is eenvoudig en behoeft geen verdere toelichting. Wel verdient het aanbeveling om de beide eindtransistoren met een sterretje te koelen.



Afb. 4.37d: Voeding van de besturingseenheid, de half-uur-automaat en de uitleeseenheid

### Stuklijst

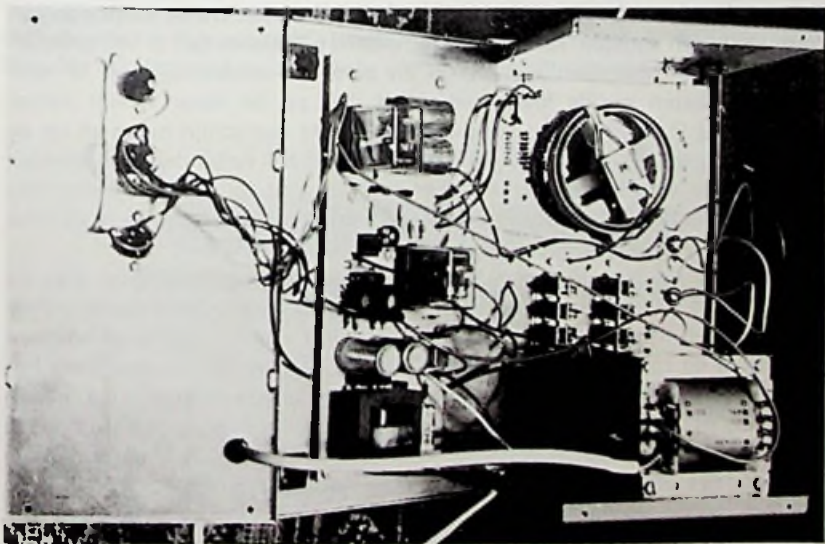
$R_{46}$	180 $\Omega$		
$R_{47}$	180 $\Omega$		
$(R_{48})$	10 k $\Omega$		
$(R_{49})$	10 k $\Omega$		
$D_{11}$	ZD <sub>13</sub> zenerdiode 1 W	$C_4$	1000 $\mu$ F/25 V
$D_{12}$	ZD <sub>13</sub> zenerdiode 1 W	$C_5$	1000 $\mu$ F/25 V
$T_5$	BC141 (koelen)	$B_1$	= BY164 brugcel of 4 X 1N4001
$T_6$	BC161 (koelen)	$Tr_2$	= trafo - prim. 220 V sec. 2 X 12 V-120 mA

Als we er voor zorgen dat we ons stipt aan de hiervoor genoemde aanwijzingen over de potmeter- en rotortoestanden houden, kunnen we ervan verzekerd zijn dat we bij nabouw over een voortreffelijk hulpmiddel beschikken in de 'shack', dat zijn geld dubbel en dwars waard zal blijken. Om ten volle profijt daarvan te hebben moeten we nog wel het een en ander afregelen en daarmee gaan we ons nu bezighouden. Eerst gaan we de rotor met een kort kabeltje aan de bedieningskast knopen. De keuzeschakelaar dient in de stand 'H' te staan. Het windvaankastje kan voorlopig nog 'in de motteballen' blijven. Even controleren of de kabeldraden 'juist genummerd' zijn op de rotor en dan kunnen we de steker in het stopcontact steken. Als alles in orde is mag er geen beweging in de rotor komen, wel moeten de 'stop'-LED en één van de LED's die als richtingsindicator dienst doet branden. Vooropgesteld dat de rotor ergens 'halverwege' staat en niet vast zit tegen een van de beide uiteinden moet het mogelijk zijn om al draaiende aan de hoofdpotmeter ergens relais R<sub>11</sub> te horen klikken. Een verschuivende LED-aanwijzing duidt erop dat ook deze afdeling werkt. Het klikkende relais geeft aan waar de rotor zich op dat moment bevindt en we kiezen een andere stand van de hoofdpotmeter. Dan drukken we de startknop in en de rotor moet gaan draaien. We moeten nu goed opletten. Draait de rotor in dezelfde richting als we de knop hebben gedraaid? Ja? Dan is er geen vuiltje aan de lucht en zal hij waarschijnlijk vanzelf afslaan op de stand die we met de hoofdpotmeter hebben gekozen. Doet de rotor dit dan is de eerste examenopgave goed uitgewerkt en mogen we onszelf een schouderklopje geven. Er bestaat echter ook een kans dat de rotor niet wil afslaan en vrolijk verder draait. We moeten dan drie dingen doen en wel in deze volgorde: éérst onderbreken we de netspanning. Daarna controleren we of R<sub>11</sub> en R<sub>19</sub> niet kortgesloten staan. De beste oplossing is om ze vooraf al ongeveer halverwege in te stellen. Als we dat per ongeluk vergeten zijn, doen we dat alsnog. Was dit echter niet het geval en is dit in orde dan moeten we de fout zoeken in de rotor. We kunnen daarvoor een indicatie krijgen als we naar de LED-uitlezing kijken als de rotor draait. Loopt deze de ingestelde stand duidelijk een heel eind voorbij of wil hij niet 'meekomen' dan draait de rotorweerstand de verkeerde kant uit. We behoeven dan alleen de rotor maar te opereren en de aansluiting van het ene eind van de weerstandsbaan naar de andere te verleggen. Hebben we een en ander allemaal volgens de regelen der kunst gedaan dan kunnen we het opnieuw proberen. Behoudens kleine onvolkomenheden in de LED-uitlezing moet de zaak dan correct werken. We kunnen nu de knop geheel linksom draaien en met de schroevendraaier in de aanslag wachten tot de rotor, al linksom draaiend, zijn uiterste stand heeft bereikt. Met R<sub>19</sub> kunnen we de afslag zo dicht mogelijk bij de 'stuitnok' brengen. Nu draaien we de knop geheel linksom, de LED-uitlezing zal waarschijnlijk al voor we starten mee gaan lopen, maar dat geeft niet. De startknop wordt ingedrukt en de rotor zal een hele draai 'tegen de klok in' gaan maken. Met behulp van R<sub>11</sub> kunnen we het afslagpunt zo dicht mogelijk tegen de 'linker nok' aan brengen. Hebben we deze stand eenmaal te pakken dan kunnen we de LED-uitlezing gaan bijregelen. We doen dit door aan R<sub>53</sub>

te draaien. In de stand 'uiterst links' staat op lijntje 'R' de hoogst mogelijke spanning ten opzichte van de min en nu zorgen we er met  $R_{53}$  voor dat de zestiende LED precies oplicht. Doen zich geen problemen voor dan moet de uitlezing redelijk kloppen over de gehele windroos. Wel moeten we opmerken, dat zolang de rotor nog draait, de aanduiding niet behoef te kloppen, zeker niet als we een 'goeie zwengel' geven. Bovendien doen er slechts zestien LED's dienst als indicator en omdat de rotor draait over  $360^\circ$  komt 'noord' twee keer voor: zowel als beginstand als ook de eindstand van de draaicirkel. Dat zou betekenen dat de eerste LED weer zou moeten oplichten en dat kan niet met de aangegeven schakeling. Dus toch een onvolkomenheid.

Staat de rotor geheel linksom naar noord gedraaid dan licht de LED 'noord-noord-oost' op. Door nu  $R_{53}$  iets verder op te draaien kan de rest van de schaal wel goed kloppend gekregen worden, het is even wat 'vogelen' maar het lukt aardig.

We kunnen bij onze eerste proef echter ook ontdekken, dat de rotor niet de goede kant op draait en dat duidt op vergeetachtigheid! De kans is groot dat ofwel verwisseling van rotordraden '4' en '5' heeft plaatsgevonden of dat de weerstandsbaan in de rotor weer de verkeerde kant op draait.



*Afb.4.40: Het interieur van de automaat. De kast is opengeklapt. Van links naar rechts zien we: het achterpaneel met de aansluitpluggen, in het midden de bodemplaat met de kleine voeding, de stuur-elektronica en de relais, en tenslotte het frontpaneel met daarop gemonteerd de print met bedieningsorganen en de LED-windroos. Op één van de twee daar nog aan vastzittende zijpanelen is de motor-voeding zichtbaar*

Ook kan het zijn dan beide zaken tegelijkertijd roet in het eten gooien, soms is het ook nog mis met de aanduiding van  $D_4$  en  $D_5$ , de LED's die de draairichting aangeven. Zitten we daar ook mee in de knoop dan is de enige oplossing om de rotor te laten zoals hij is en de hoofdpotmeter aan te pakken. De draad daarvan naar het andere uiteinde brengen en vervolgens polen we de beide zenerdioden  $D_6$  en  $D_7$  en de LED's  $D_4$  en  $D_5$  om, ze komen dus andersom op de print.

Een hele heisa dus, er is al eerder voor gewaarschuwd. Klopt de aanduiding van  $D_4$  en  $D_5$  wel met de gekozen draairichting en is alleen de rotor maar koppig, dan kunnen we volstaan met het verwisselen van de verbindingen '4' en '5' tussen de print en de kabelplug. Bij het eerste prototype hebben de genoemde punten stuk voor stuk bijgedragen tot urenlange 'grijze-haren-trekkerij' en bij de opbouw van het tweede apparaat is daarom vooraf het nodige puzzelwerk verricht om niet weer in de problemen te verzeilen.

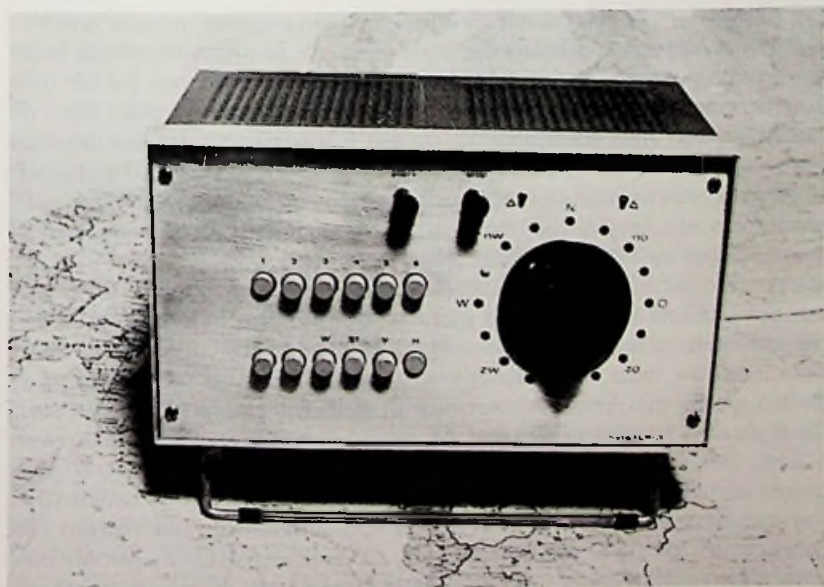
Hebben we alles nu verder in orde dan is vervolgens zaak te controleren of het automaatje werkt. Als de rotor in rust verkeert drukken we schakelaar ST in en wachten af . . . We moeten wel in de buurt blijven, want als de rotor eenmaal draait zal hij niet meer stoppen. Na verloop van tijd zal relais A inklikken en bij afwezigheid van ons windwijzerkastje zal hij rechtsom draaien totdat we stoptoets indrukken of de netspanning onderbreken. Doen we het eerste direct na het starten, dan zullen we de stopknop een paar seconden moeten vasthouden, omdat het relaiscontact a nog gesloten is. Pas na vijf seconden valt dit af en komt de schakeling weer in rusttoestand. Laten we de knop eerder los dan zal de rotor vrolijk verder draaien. Nu kunnen we ons windwijzerdoosje te voorschijn halen en op de juiste wijze met de rotor en de bedieningseenheid verbinden. We moeten daarbij goed opletten welke draad er met de rotor (punt 2) en welke met ader nummer 6 wordt doorverbonden. Alle draairichtingen die we in de loop van het verhaal hebben genoemd zijn 'van boven af' bekeken.

Nu kunnen we met de hand het vaantje verdraaien en de rotor met de startknop in beweging zetten. Staat de keuzeschakelaar nog steeds op de stand ST dan moet de rotor de richting van het vaantje opdraaien en stoppen zodra de stand van het vaantje is bereikt. Als we het vaantje 'door het noorden' heen draaien moet de rotor de andere kant opdraaien en doorgaan tot beide richtingen weer overeenkomen. Is ook dit in orde dan kunnen we langzamerhand vaststellen dat we klaar zijn met afregelen, de voorkeuropotmetertjes uitgezonderd. Willen we daaromtrent ook zekerheid dan kunnen we de keuzeschakelaar in de stand 'V' zetten en een van de zes voorkeuropotmeters ongeveer halverwege zetten. Drukken we nu de bijbehorende schakelaar in dan kunnen we de rotor starten en kijken of die ongeveer bij 'zuid' weer stopt. Definitieve instelling kan het beste gebeuren als we de zaak compleet hebben geïnstalleerd in de mast.

Een tip: Zoek de gewenste richting nauwkeurig uit met behulp van de handbediening. Schakel daarna de keuzeschakelaar op 'V' en kies de gewenste potmeter met bijbehorende voorkeuroets. Draai nu het instelpotmetertje

in kwestie heen en weer tot het punt waarop het klikken van relais RI hoorbaar is. Deze instelling komt overeen met de juiste richting en is de meest nauwkeurige wijze. Als we het goed hebben gedaan mag de rotor niet starten als we de startknop bedienen. Juist omdat instelpotmetertjes vrij grof te werk gaan, kunnen we met voordeel van de hiervoor geschetste methode gebruik maken.

Verder valt nog op te merken dat we met 'gewoon' vijf-aderig rotorkabel niet meer uitkomen. We hebben twee extra draden nodig om de windwijzer te verbinden en een kort stukje draad tussen de 'onderkant' van de 'potmeter' en aansluiting '2' van de rotor. Een tweede lengte rotorkabel lijkt een goede oplossing, temeer daar er dan voor de drie overblijvende aders toch in de meeste gevallen wel emplooi gevonden kan worden. Een idee is bijvoorbeeld om 'boven' een antennerelais te plaatsen dat vanuit de shack bediend kan worden. De meeste masten bevatten meer dan één antenne en zo kunnen we weer een lengte coaxkabel uitsparen. Nu kost een echt antennerelais ook niet niks, maar het gebruik ervan heeft onmiskenbare voordelen boven het algemeen bekende gesudder van het 'om-pluggen'. Bovendien is een antennerelais meestal weer niet duurder dan de bekende antenschakelaar-in-een-doesje dat weer een plaats in de doorgaans overvolle shack inneemt. Tenslotte is het ook nog zo dat coaxkabel van goede kwaliteit een stuk duurder is dan een zelfde lengte vijf-aderig rotorkabel . . .  
Nog één slotopmerking: zorg voor een goede afdichting van het windwijzer-



Afb. 4.41: De rotorautomat in zijn behuizing

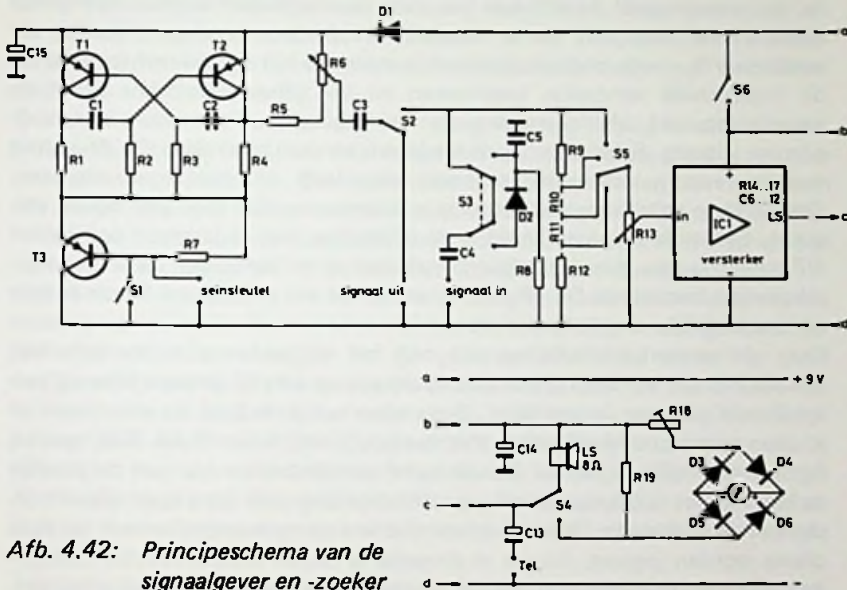
kastje en plaats het zo in de mast dat als de vaan ronddraait er geen belemmeringen voor die vaan zijn. Let er op hoe de vaan wordt vastgezet. Hij moet naar het noorden wijzen als de weerstand tussen punt 7 en een van beide uiteinden nul of maximaal is. De beste plaats is er een dicht onder de rotor, dan kan ook de draadverbinding kort blijven. Let wel op dat de kabel-lus die om de rotor naar de vaste mast aanwezig is, in geen geval het vrij draaien van de windvaan kan verstoren. En dan nog een goede raad: probeer de gehele toestand eerst uitgebreid op de grond of in de shack uit, voordat alles in de mast wordt gehangen, solderen op 25 meter hoogte is tenslotte geen pretje!

## 4.8 De signaalgever en -zoeker

Er zijn nogal wat zendamateurs die goed kunnen omspringen met de morse-code, maar er zijn er ook heel wat die dat gepiep naar 'niks' vinden. Toch heeft het beheersen van 'CW', zoals dit in amateurkringen heet, voor menigeen een nieuwe wereld geopend en er zijn zelfs een aantal oudgedienden die nog nooit anders dan met de seinsleutel 'op jacht' gegaan zijn. Nu is het allerminst de bedoeling om hier een pleidooi te houden voor het gebruik van morse, maar het hierna beschreven apparaat dat voor een paar tientjes te maken is, kan óók dienen als sounderapparaatje, dus . . . Bovendien is de schakeling voorzien van een eenvoudige versterker, die met een IC is uitgerust, waarmee ook nog laagfrequentsignalen kunnen worden opgespoord.

Om het geheel te completeren zit er ook nog een detector in zodat ook HF-signalen te verwerken zijn. Verder is de generator zo uitgevoerd dat er blok-golven door worden afgegeven die naar wens op verschillende sterkte naar buiten kunnen worden gebracht of doorgeschakeld worden naar de versterker. Het hele boeltje werkt op een 9 V-batterijtje dat een redelijke tijd mee kan (als we de schakelaar niet vergeten uit te zetten). Het toepassingsterrein van het complete apparaatje is breed en zoals het wel vaker gaat, pas na een wat langere tijd bemerken we de onmisbaarheid ervan. Daarom geven we hier een schema van het geheel (afb. 4.42).

We zien om te beginnen in het schema een op zijn kop staande multivibrator van het astabiele type, uitgerust met PNP-transistoren. In de minlijn vinden we een derde transistor en een weerstand. In de getekende situatie spert deze transistor, maar leggen we de weerstand aan massa via een seinsleutel of sluiten we  $S_1$  dan komt de transistor in verzadiging en start de oscillator. De afgegeven frequentie ligt met de aangegeven waarden in de buurt van 1 kHz. Het voordeel van deze opzet met PNP-transistoren is dat er geen aparte aan/uit-schakelaar voor de generator nodig is, terwijl de nadelen van het met de seinsleutel schakelen van de voedingsspanning ook meteen zijn overwonnen. De loper van potmeter  $R_6$  zit via condensator  $C_3$  aan een om-schakelaar vast die ofwel het signaal naar buiten voert of het doorgeeft aan de ingang van de versterker.



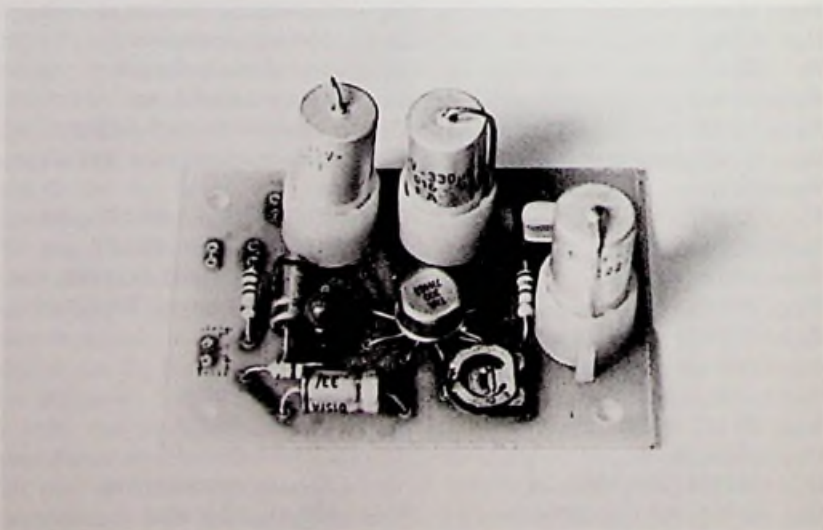
Afb. 4.42: Principeschema van de signaalgever en -zoeker

### Stuklijst

R <sub>1</sub>	10 kΩ	S <sub>1</sub>	miniatuerschakelaar aan/uit
R <sub>2</sub>	68 kΩ	S <sub>2</sub>	idem enkelpolig om
R <sub>3</sub>	68 kΩ	S <sub>3</sub>	idem dubbelpolig om
R <sub>4</sub>	10 kΩ	S <sub>4</sub>	idem enkelpolig om
R <sub>5</sub>	10 kΩ	S <sub>5</sub>	4-standen draaischakelaar
R <sub>6</sub>	10 kΩ potmeter (log)	S <sub>6</sub>	miniatuerschakelaar aan/uit
R <sub>7</sub>	4k7		
R <sub>8</sub>	22 kΩ	T <sub>1</sub>	BC557, BC157, BC177, enz.
R <sub>9</sub>	100 kΩ	T <sub>2</sub>	BC557, BC157, BC177, enz.
R <sub>10</sub>	100 kΩ	T <sub>3</sub>	BC559, BC159C, BC179B, enz.
R <sub>11</sub>	100 kΩ	IC <sub>1</sub>	(in versterkertrap: TAA300)
R <sub>12</sub>	100 kΩ	C <sub>1</sub>	6,8 nF ker.
R <sub>13</sub>	100 kΩ potmeter (zie tekst)	C <sub>2</sub>	6,8 nF ker.
R <sub>14</sub> . . . R <sub>17</sub>	in versterkertrap	C <sub>3</sub>	0,47 μF, 400 V
R <sub>18</sub>	25 kΩ instelpotmeter	C <sub>4</sub>	0,47 μF, 400 V
R <sub>19</sub>	22 Ω, ½ W	C <sub>5</sub>	2,2 nF ker.
D <sub>1</sub>	1N914, 1N4148 o.i.d.	C <sub>6</sub> . . . C <sub>12</sub>	in versterkertrap
D <sub>2</sub>	OA95, AA119, AAZ15	C <sub>13</sub>	100 μF, 16 V elco
D <sub>3</sub> . . . D <sub>6</sub>	4X OA95, AA119, AAZ15	C <sub>14</sub>	100 μF, 16 V elco
M	draaispoelmeter ca 250 μA	C <sub>15</sub>	100 μF, 16 V elco

In het eerste geval beschikken we over een regelbaar signaal dat goede diensten kan bewijzen om er versterkers mee door te piepen. Zetten we schakelaar  $S_2$  in de andere stand dan kunnen we het signaal rechtstreeks via de ingebouwde versterker waarnemen en het geheel doet dan dienst als sounderapparaat of desgewenst als 'vermogens'-oscillator met een laagohmige uitgang. Schakelaar  $S_3$  is wederom een omschakelaar die de ingang van de versterkerschakeling ompoolt voor laag- of hoogfrequentie signalen. Omdat deze schakelaar dubbelpolig is, kunnen we dan met één ingang volstaan. Een andere mogelijkheid is de schakelaar weg te laten en een aparte HF-meetkop met daarin de detectorschakeling te fabriceren. Deze detectorschakeling bestaat uit  $D_2$ ,  $R_8$  en  $C_5$  en is met wat moeite wel in een balpen of iets dergelijks weg te frommelen.

Over de versterkerschakeling valt nog het volgende op te merken. Het ontwerp is van oorsprong een bouwpakket met een IC geweest, dat op verschillende plaatsen is gewijzigd. Bovendien werd de boel op een nieuw en kleiner printje ondergebracht. Het toegepaste IC is een TAA 300, waarbij het noodzakelijk is om de 'koude kant' van de luidspreker aan de pluslijn te leggen. Het is overigens van geen enkel belang welk type laagfrequentversterker we toepassen. Ook typen met discrete componenten kunnen op deze plaats worden ingezet. Als we in dit geval te maken hebben met een versterker waarvan de luidspreker aan één zijde aan de min-lijn moet worden aangesloten, dan moeten we ook de in afb. 4.42 getekende meterschakeling wijzigen.  $C_{14}$  blijft in die situatie tussen de plus- en min-aansluiting van de versterker zitten. Het knooppunt van luidspreker,  $R_{18}$  en  $R_{19}$ , wordt dan



**Afb. 4.43:** Dit printje bevat een versterkertrap zoals die in de signaalzoeker kan worden toegepast



doorverbonden met de massa. In elk geval wordt de luidsprekeruitgang van de gebruikte versterker via  $S_4$  aangesloten op de luidspreker of de meterschakeling, terwijl via  $C_{13}$  te allen tijde een extra luidspreker of hoofdtelefoon kan worden bijgeprikt.

Tussen de volumepotmeter en de ingang van ons doosje is een stappenverzwakker opgenomen, die het mogelijk maakt om grote signalen zonder problemen te verwerken. Overigens staat of valt dit ontwerp niet met de in afb. 4.43 getoonde versterker. Iets anders mag óók, elke fatsoenlijke schakeling kan toegepast worden, zelfs oude transistorradio-prints waarvan het versterkerdeel nog intact is, kunnen hier goede diensten bewijzen.

Het verdient aanbeveling om de hele schakeling in te bekijken om ongewenste straling van de multivibrator te vermijden. Belangrijk is ook dat de voedingsspanning van de versterker en de generatorschakeling onderling goed ontkoppeld zijn, anders horen we de toon continu door de versterker heen klinken, ook als we het signaal eerst via  $S_2$  naar buiten voeren. De ont koppeling vindt plaats via diode  $D_1$  en elco  $C_4$ . Met de instelpotmeter die in serie staat met de meterschakeling kunnen we het wijzerinstrument netjes op '0 dB' zetten bij vol vermogen ( $R_{18}$ ). Als we voor  $S_4$  een schakelaar kunnen bemachtigen met een middenstand kunnen we daar eventueel de extra luidspreker aansluiting op prikken.

Tenslotte beschouwen we in het kort de toepassingsmogelijkheden. We kunnen het 'ding' gebruiken als sounderapparaatje, of als 'vermogensoscillator' met laagohmige uitgang, deze zaken zijn al eerder genoemd. Verder kunnen we door  $S_1$  te sluiten de multivibrator starten en het signaal via  $S_2$  naar buiten voeren. De opgewekte blokgolven kunnen met  $R_6$  in amplitude worden geregeld en zijn prima geschikt om er versterkertrappen mee door te piepen. Als we nu de versterker inschakelen door  $S_6$  te sluiten, kunnen we ons generatorsignaal weer terugzoeken. Onwillige versterkertrappen die we op die manier aan de tand voelen, zullen vrij snel hun 'plek des onheils' prijsgeven. Door de stappenverzwakker nauwkeurig te dimensioneren, kunnen we ook een goed idee krijgen van de versterkingsfactor van een trap die we onderzoeken. Het hangt er dan maar van af hoe we het metertje in de signaalzoeker iken. In principe is de schakeling zo opgebouwd dat de meter de uitgangsspanning, die de versterker ontwikkelt, over  $R_{19}$  aanwijst.

We meten het generatorsignaal door  $S_2$  in de bovenste stand te zetten. Daarna draaien we  $S_2$  in de onderste stand waardoor het op de signaalingang aanwezige niveau aan de ingebouwde versterker wordt toegevoerd. De meter zal nu verder uitslaan mits de trap, die we onder handen hebben, versterkt. Het vergelijken van de meteraanwijzingen maakt het mogelijk de (spannings-) versterking te bepalen. Precisiemetingen zijn met dit apparaat niet mogelijk, de ingangsweerstand van het meetcircuit is tenslotte niet oneindig hoog. Maar als hulp zal het zeker zijn waarde bewijzen.

We zijn nog niet uitgepraat, integendeel. Als we ons kastje voorzien van een aantal verscheidene soorten aansluitpunten, die we parallel schakelen en doorverbinden met de signaalingang, kan het versterkerdeel dienst doen als monitor voor 'van-alles-en-nog-wat'. Cassetedecks, tuners, telefoon-oppik-

spoelen, alles kan er op worden aangesloten en dat is op zichzelf al een winstpunt. Voor de CW-amateur, waar we in het begin van dit verhaaltje al over spraken, zitten er zelfs leuke kanten aan de schakeling. In het prototype werd een extra schakeling ingebouwd die bestond uit een begrenzer, een selectieve versterker met voorkeur voor frequenties rond 850 Hz, en een circuit dat van de resulterende 800 . . . 900 Hz een gelijkspanning fabriceerde. Wat doe je daar dan mee? Wel, parallel aan de seinsleutelingang staat dan nog een NPN-transistor die middels de opgewekte gelijkspanning in verzadiging wordt gestuurd; de multivibrator zal starten. De werking van de schakeling berust op het volgende principe. Een van de ontvanger afkomstig morsesignaal (mèt storing) wordt toegevoerd aan de begrenzer. Het begrensde signaal bevat alle binnenkomende frequenties op gelijke sterkte. Nu gaan we dit signaalsoepje toedienen aan de selectieve versterker waar we het zo even over hadden. Aan de uitgang zal de voorkeurfrequentie (850 Hz) het sterkst aanwezig zijn. De rest is ook present maar zwakker. In feite lijkt het of we nog niets zijn opgeschoten. Maar pas op: we leggen het signaal aan een zogenaamde niveau-detector. Dit is een circuit dat slechts een (gelijkspannings-) signaal produceert als er een bepaald niveau aan zijn ingang wordt



**Afb. 4.44:** Een morse-regenerator kan klein zijn. Het hier getoonde model is opgebouwd op een stukje montaprint van 25 x 20 mm

aangeboden. Stellen we deze niveau-detector zo in dat hij alléén op het iets sterkere (850 Hz)-signaal reageert dan zal het resultaat zijn, dat alleen het gewenste morsesignaal de zaak aan de praat krijgt. Zelfs als de storingen sterker zijn dan het signaal van 850 Hz kan de schakeling dankzij de begrenzer nog perfect werken. Het uiteindelijke signaal dat in het tempo van de ontvangen morsecode uit de luidspreker zal klinken, is 'schoon' en praktisch storingsvrij.

Een strikte voorwaarde is wel, dat de ontvanger waar we ons morsesignaal van aftappen stabiel is en dat de toonhoogte van het gewenste signaal middels de afstemming van de ontvanger wordt ingesteld rond de voorkeurfrequentie van de selectieve versterker (850 Hz in dit geval). Dat een dergelijke schakeling niet eens zo veel extra ruimte in beslag hoeft te nemen, bewijst afb. 4.44 wel.

De hele buis is gebouwd op een snippertje montaprint van 20 bij 25 mm. Er zitten zes transistoren en veertien andere onderdelen die met elkaar genoeg signaal produceren om een luidspreker te sturen. De foto toont het gehele circuit te weten: de begrenzer, de selectieve versterker en de niveau-detector plus de generator die het signaal voor de luidspreker opwekt. Het laatste deel is een copie van de generatorschakeling uit afb. 4.42.

# 5

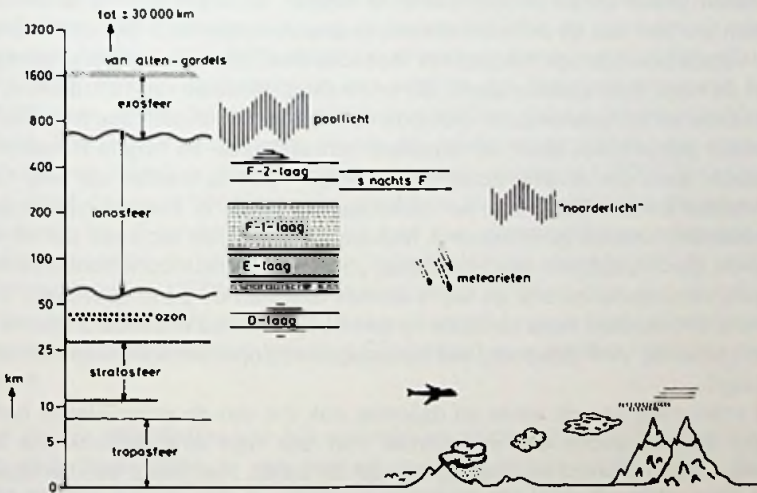
## Propagatie van radiogolven en een elektronisch weerstation

Omdat er nogal wat radio-amateurs zijn die, behalve hun hobby met elektronica-spullen, nog een aantal andere liefhebberijen hebben, is het wellicht aardig eens op een rijtje te zetten wat dat dan wel voor liefhebberijen zijn. Allerlei bezigheden kun je op die manier opnoemen, maar ze hebben vaak een 'wetenschappelijk' kleurtje: astronomie, geologie, en ook meteorologie is een van de extra hobby's die door radio-amateurs veelal worden beoefend. En omdat de kennis van 'het weer' in vele gevallen nuttig kan zijn voor de doorgewinterde DX-enthousiast hebben we dit hoofdstukje toegevoegd. Niet, omdat het zo is dat de 'oude rot' op DX-terrein nog wat moet leren, hij weet allang dat zonnevlekken, hogedrukgebieden en allerlei andere weersverschijnselen van invloed zijn op de voortplanting van de golven die hij de lucht in stuurt. Maar we zijn niet allemaal doorgewinterde weerkenners en we weten ook nog niet allemaal hoe het in elkaar zit. En wat is er leuker dan een begin te maken met onze waarnemingen als we dat elektronisch kunnen doen? En het wordt pas echt aantrekkelijk als we de weergoden gaan bespieden met een zelfgemaakt weerstation.

Toch is het goed om vooraf heel summier een paar weersinvloeden en hun gevolgen te beschouwen. Op de amateurbanden hoor je vaak praten over 'condities' en meestal wordt daarmee aangegeven dat het niet moeilijk is om over grote afstanden verbindingen te maken. Onder 'normale' omstandigheden is de invloed van bijvoorbeeld het aardoppervlak veelal bepalend voor de verzwakking van de uitgezonden straling. Ook de werkfrequentie speelt een rol. We moeten daarbij goed in de gaten houden dat we het hebben over elektro-magnetische velden, die worden uitgestraald en dat magnetische velden het sterkst worden verzwakt door droge grondoppervlakken en rotsbodem. Over wateroppvlakken gaat het een stuk beter en toch is die magnetische component voor kortegolfverbindingen en VHF-werk vrij onbelangrijk. We moeten het duidelijk hebben van de elektrische component, die veel verder reikt en bovendien een andere prettige eigenschap bezit: hij kan 'gereflecteerd' worden.

Tijdens de voortplanting of 'propagatie' van de elektrische golven kunnen we gebruik maken van een aantal geïoniseerde luchtlagen die zich op verschillende hoogten in de atmosfeer bevinden. Hoe komt het dat lucht geïoniseerd wordt? En waarom treedt die ionisatie op in hogere luchtlagen? Waardoor treden er verschillen op tussen dag en nacht? Allemaal vragen, die een uitgebreide wetenschappelijke beantwoording vragen. Maar daarvoor is in dit boek eigenlijk geen plaats, we moeten het maar doen met een eenvoudig antwoord: de zon is de hoofdschuldige! Die zelfde zon, waar we

's zomers ons velletje door bruin laten bakken. Jawel, ultraviolette straling en zo. Welnu, die ultraviolette stralen en ook de röntgenstraling van de zon zorgen voor de ionisatie van de ijelere luchtlagen. We vinden die geïoniseerde lagen dan ook meestal tussen zo'n 100 en 400 km hoogte, waar de lucht een geringe dichtheid heeft. Bovendien is het begrijpelijk dat, wanneer de zon schijnt, de mate waarin ionisatie optreedt het sterkst is: overdag dus. Als 's avonds de zon onder is gegaan, zullen de geïoniseerde lagen weer 'afbreken' en sommige verdwijnen helemaal. De hoger gelegen luchtlagen zijn door de zonnestraling veel sterker bewerkt en blijven 'geïoniseerd'. Bovendien is er nog een verschil in dikte en hoogte van de lagen als we gaan vergelijken tussen winter en zomer.



**Afb. 5.1:** De aardse atmosfeer kent talloze verschijnselen. Het weer is er een van, maar er is veel meer te beleven in onze dampkring. De aangegeven hoogten van de verschillende lagen is niet overal hetzelfde; even zo de scherpe begrenzing die voor hetzelfde geldt zeer 'hobbelig' kan zijn

Een heel verhaal over geïoniseerde luchtlagen en ze hebben allemaal nog een 'naam' ook. De laag die we op een hoogte van ongeveer 50 km aantreffen heet de D-laag. Op 80 à 100 km vinden we de E-laag, die als eerste werd ontdekt door Heaviside. De daarop volgende lagen kregen ook een aanduiding: de F1-laag op ongeveer 200 km en de F2-laag, die zich uitstrekt tussen ongeveer 300 en 400 km hoogte. Deze twee lagen, die zich 's nachts samen-trekken op een hoogte van ongeveer 350 km werden ontdekt door Appelton en zijn van een zeer groot belang voor de kortegolfpropagatie. Als klap op de vuurpijl is er nog een extra laag die zo af en toe op een hoogte van

100 km verschijnt: de 'sporadische E-laag'. De naam zegt het al, vaak gebeurt het in onze streken niet, maar als het verschijnsel optreedt, is het 'raak'. De ionisatiegraad is dan zo sterk, dat zelfs frequenties tot in het VHF-gebied er goed door worden gereflecteerd.

We hebben het al een paar keer over gereflecteerde golven gehad en dat is geen wonder, want geïoniseerde luchtlagen werken als een soort spiegel voor radiogolven. Géén beste spiegel want er zitten soms 'gaten' in en het oppervlak is vaak 'hobbelig'. Bovendien heeft onze ionosfeerspiegel niet op elke hoogte dezelfde reflecterende eigenschappen omdat de dichtheid van de lagen niet overal dezelfde is. Er zal dus ook 'verstrooiing' optreden. We kunnen het een beetje vergelijken met een prisma. Als we er een lichtbundel op richten komt er een hoeveelheid licht uit en gaat er een beetje licht verloren (zeker als de prisma niet al te 'helder' is). Gaan we nog verder dan weten we ook dat de prisma een kleurenspectrum oplevert. Bij licht kunnen we vaststellen dat lage frequenties (het rode deel) sterker worden afgebogen dan de hoge (het violette deel). Bij prisma's spreken we van lichtbreking en diezelfde verschijnselen doen zich ook voor in de ionosfeer. Lage frequenties worden gemakkelijk door de ionosfeer 'teruggekaatst' en hogere frequenties hebben soms de neiging door de ionosfeer heen te snellen op weg naar eindeloze verten. Naarmate de ionisatiegraad hoger is kunnen ook hogere frequenties worden gereflecteerd. Midden op de dag, zo rond een uur of één kan de tien-meterband goed bruikbaar zijn voor amateur-communicatie met kleine vermogens, terwijl als we 's avonds luisteren de band 'pot-dicht' kan zitten. En een zeer hoge ionisatie op een hoogte van zo'n honderd kilometer kan vooral de VHF-band nog wel eens wagenwijd open zetten (de sporadische E-laag!).

De kromming van de aarde en daarmee ook die van de geïoniseerde luchtlagen zorgen ervoor dat een signaal met een lage stralingshoek' na een zekere afstand wordt teruggekaatst naar de aarde. Het hangt van de hoogte van de ionosfeerlaag en de opstralingshoek van de zendantenne af hoe ver we kunnen komen. Voor het gemiddelde kunnen we overdag rekenen op zo'n 800 tot 1500 km terwijl 's nachts, als de F-laag op zo'n 350 km ligt wel 4000 km kan worden overbrugd. Bovendien is het mogelijk, dat het op de aarde terugkerende signaal opnieuw via bodemreflectie in de richting van de ionosfeer wordt gestuurd en zo kan het voorkomen dat veel grotere afstanden kunnen worden overbrugd. We moeten er vooral overdag rekening mee houden dat de lagere luchtlagen ook geïoniseerd zijn en voor gewoon kortegolfwerk kunnen deze lagen (D en E) nog wel eens wat roet in het eten gooien, want behalve dat ze terugkaatsen werken deze lagen ook nog een zekere verstrooiing in de hand. Daarom kunnen we heel in het algemeen stellen: 's avonds kun je meer verwachten dan overdag met uitzondering van frequenties boven pakweg 20 MHz, daar geldt vaak het omgekeerde.

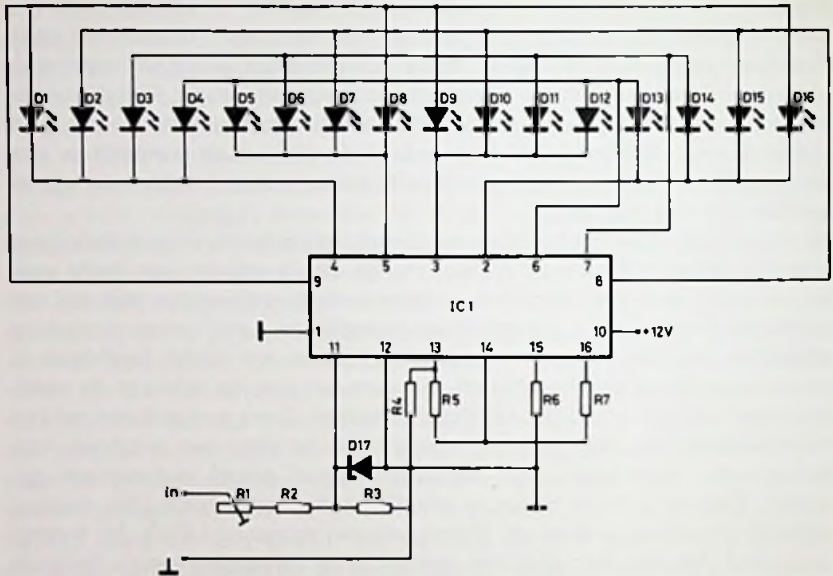
Er valt over deze materie nog veel meer interessants te melden, maar we moeten er een punt achter zetten. Wie er toch dieper in wil duiken, verwijzen we naar andere literatuur. We gaan er hier niet verder op in. Wat we wel gaan doen is ons wijden aan een klein stukje huisvlijt. We gaan toch

iets doen met de atmosfeer om ons heen, dat hadden we aan het begin van dit hoofdstuk afgesproken. Hoe kunnen we een begin maken met onze meteorologische waarnemingen? Welke verschijnselen willen we registreren of meten? In ons lage landje aan de zee waar het altijd waait, lijkt een windwijzer een nuttig apparaat, maar ook een windsnelheidsmeter zou geen kwaad kunnen. Bovendien zou het ook aardig zijn om de temperatuur van de buitenlucht langs elektronische weg te kunnen waarnemen en zo zijn er wellicht nog meer wensen.

Het uitgangspunt bij het opzetten van de schakeling die we nu gaan bekijken, was feitelijk de windwijzer. Bij een stevige storm was het een goede zaak om te weten in welke richting de antennerotor moest worden gedraaid om zo eventuele schade tot een minimum te beperken. Later ontstond uit deze schakeling de elektronische rotorautomaat die in een eerder hoofdstuk is beschreven. De windwijzer dus en zo kwam het idee op tafel om de windroos met lampjes of LED's zichtbaar te maken. Eerst nog met een achttal reed-relais en een magneetje op een schijfje dat door een windvaan kon ronddraaien. Maar later is de schakeling vrijwel geheel 'elektronisch' gemaakt. Een tijdje terug kwam er een IC op de markt, UAA 170, speciaal bedoeld om dienst te doen als sturing van een zestiental LED's. Als toepassing werd dan ook hoofdzakelijk gemikt op de vervanging van de bekende VU-meter in LF-versterkers. Het IC kon een spanningsverandering aan de ingang omzetten in het beurtelings laten oplichten van één van de zestien erop aangesloten LED's. Om die spanningsverandering gaat het in het nu volgende verhaal. Als we die te pakken kunnen krijgen tengevolge van een 'weerkundige' verandering kan de LED-eenheid voor verdere indicatie zorgdragen.

Hoe we die verandering van bijvoorbeeld windrichting kunnen omzetten in een spanningsvariatie is een verhaal apart, daarover straks meer. Eerst gaan we het schema van de indicatieschakeling bekijken. We zien daarin het IC als middelpunt en de zestien LED's zijn er in groepjes van vier op aangesloten. Verder zien we een zestal weerstanden en een instelpotmeter plus een zenerdiode aan het IC hangen (zie afb. 5.2)

Hoe het nu allemaal binnenin het IC reilt en zeilt is iets waarin de theoreticus zich mag verdiepen, voor ons is het van belang dat LED nummer één oplicht als er geen spanning (0 V) op de ingang staat en dat de zestiende LED oplicht als er een spanning van ruwweg 12 V aan de ingang wordt toegevoerd. Nu is de weergave van een oplopende spanning niet geheel lineair, d.w.z. dat de achtste LED niet oplicht als de ingangsspanning precies 6 V is maar veel scheelt het niet, we benaderen de werkelijkheid vrij aardig. De weerstanden zijn van belang voor de juiste instelling van het IC. De waarden zijn zo gekozen dat het zaakje prettig werkt en niet te veel stroom trekt. Bovendien is er een print ontworpen waarop de LED's in cirkelvorm hun plaats hebben en dat bespaart ruimte. En wat nog belangrijker is: de cirkelvorm was gewenst voor de aanwijzing van de windstreken op de 'ouderwetse manier'.



Afb. 5.2: De LED-uitlees-eenheid waarvan hier het prinsipeschema, wordt gebruikt als indicator van het weerstation

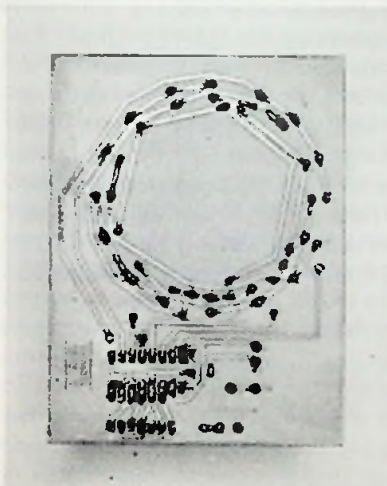
### Stuklijst

D <sub>1</sub> - D <sub>16</sub> LED (CQY90 o.i.d.)	R <sub>4</sub> 12 kΩ
D <sub>17</sub> zenerdiode 4,7 V, 250 mW	R <sub>5</sub> 10 kΩ
R <sub>1</sub> 50 kΩ instelpotmeter	R <sub>6</sub> 1 kΩ
R <sub>2</sub> 82 kΩ	R <sub>7</sub> 12 kΩ
R <sub>3</sub> 33 kΩ	IC <sub>1</sub> UAA 170

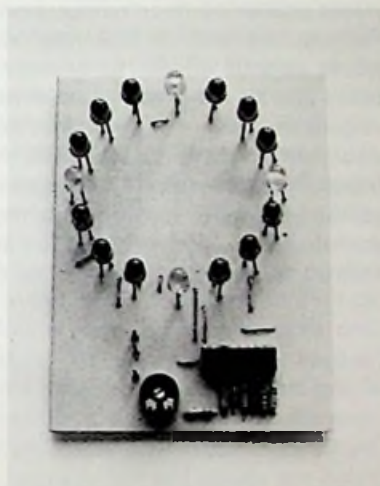
De instelpotmeter kan eventueel vervallen als we de LED-indicatie voor méér dan een doel gaan gebruiken. We kunnen dan ook met voordeel R<sub>2</sub> laten vervallen op de print en deze als 'andere' waarde toevoegen aan de eventueel omschakelbare 'opnemers'. We moeten er overigens goed op letten dat punt 11 van het IC, dat we in deze situatie dan als ingang gaan benutten een lagere spanning krijgt toegevoerd dan de oorspronkelijke 12 V. Het maximum zal voor oplichten van de zestiende LED ongeveer bij 3 V liggen, en hoger dan 5,5 V zal waarschijnlijk het einde van de UAA 170 betekenen. Op de print is de rangschikking zo, dat alle LED's met de kathode naar buiten wijzen. Verder verdient het aanbeveling om het IC op een 16-pens voetje te plaatsen. Er komen in deze situatie een aantal draadbrugjes voor. Het aantal kruisingen was dermate groot dat dit niet te vermijden viel. Wel



is er naar gestreefd om de print zo op te bouwen dat plaatsing in een kastje mogelijk was en de in afb. 5.3 getoonde lay-out en de foto van afb. 5.4 laten zien dat een kleine print met overzichtelijke onderdelenplaatsing tot de mogelijkheden behoort.



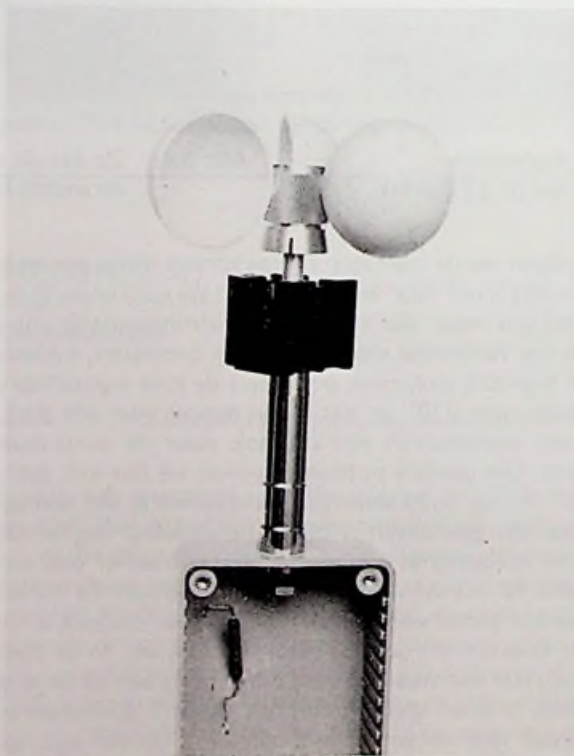
*Afb. 5.3: Koperzijde van de LED-print*



*Afb. 5.4: Zo ziet de zaak er aan de andere kant uit*

Goed, nu hebben we de indicator en hoe komen we nu aan onze spanningsvariatie die nodig is om 'iets' waar te nemen? We pakken eerst de windwijzer maar eens bij z'n vaan. We kunnen een richtingsvariatie vrij gemakkelijk omzetten in een variërende spanning; er zijn potmeters, nietwaar? Nu hebben gewone huis-tuin-en-keuken-potmeters de nare eigenschap dat ze maar kunnen draaien over  $270^\circ$  en dat is niet genoeg voor ons doel. Bovendien hebben ze aan weerskanten een stuitnok maar de wind draait vaak een kringetje rond. Een gewone potmeter kunnen we dus niet gebruiken, maar wat dan wel? Als we goed nadenken, kunnen we er wel wat op verzinnen. In het verhaal dat geschreven is bij de behandeling van de rotorautomat hebben we de oplossing al aangegeven. We kunnen er ook een schakelaar met minstens 16 standen voor gebruiken. Tussen de schakelcontacten monteren we een aantal weerstanden. We halen de stuitnok er uit en we verwijderen het kogeltje dat de schakelaar laat klikken. In de meeste gevallen loopt de schakelaar dan soepel genoeg om hem via een op de as gemonteerde windvaan rond te laten draaien. Kunnen we zo'n schakelaar niet bemachtigen dan is ook nog wel een andere oplossing. Op een asje, dat vrij in het rond kan draaien monteren we een schijfje zwart karton. Onder het schijfje wordt een LDR geplaatst. Het komt aan op de belichting van zo'n LDR; valt er weinig licht op, dan is de weerstand hoog, wordt de LDR sterk belicht,

dan is de weerstand laag. Het ene punt van de LDR zetten we aan de plus van de voedingsspanning, het andere komt aan de ingang en bovendien zetten we aan de ingang naar de minlijn een extra instelpotmeter van een waarde die ergens tussen  $50\text{ k}\Omega$  en  $500\text{ k}\Omega$  ligt. Nu wordt het moeilijk. In het kartonnen schijfje wordt een sleuf geknipt die over  $360^\circ$  gerekend steeds smaller wordt en tenslotte over de laatste  $20$  à  $25^\circ$  dicht is. Rekenen we 'met de klok mee' als we boven op het schijfje kijken, dan wordt de sleuf wijder. Het breedste deel van de sleuf moet ongeveer half zo breed zijn als het gevoelige oppervlak van de LDR. In het doosje wordt vervolgens een lampje of een (groot model) LED gezet die loodrecht boven de door het schijfje afgedekte LDR moet hangen. Dit lampje of de LED met bijpassende weerstand ( $470\ \Omega$ ) kan weer vanuit de voedingsspanning worden gevoed. De LDR vormt samen met de instelpotmeter aan de ingang een spanningsdeler. Als we nu op het asje een windvaan zetten, zal het schijfje kunnen draaien. Door de sleuf zal de LDR meer of minder worden belicht



*Afb. 5.5: Met halve pingpongballen kunnen we een schoepenrad fabriceren op een soepel gelagerd asje*

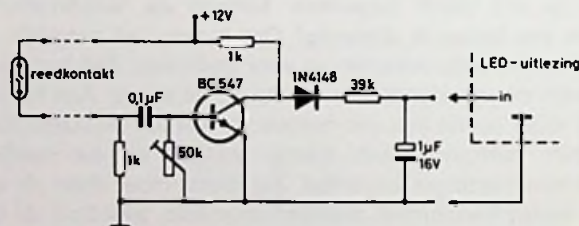
en zo een spanningsvariatie aan de ingang teweeg brengen. Met de instelpotmeter moeten we de hoogste waarde van de ingangsspanning op 12 V zien te brengen. Lukt dit niet, dan moeten we scharrelen met de lichtopbrengst van lampje of LED en vaak zal het nodig zijn beide zaken experimenteel tot een goed einde te brengen. We moeten er in elk geval voor zorgen dat we de schakeling van LDR, schijfje en lampje of LED in een lichtdicht kastje onderbrengen anders werkt het nooit. En mocht het zo zijn dat het met de lineariteit niet goed zit dan moeten we een nieuw schijfje knippen en de sleuf wat bijwerken. Als we echter nauwkeurig te werk gaan en grof werk vermijden is er met de instelpotmeter aan de ingang en de lichtopbrengst van lampje of LED toch een goed resultaat te behalen. Voorkeur verdient echter de schakelaar met een zo groot mogelijk aantal standen. Als we daarbij weerstanden toepassen van gelijke waarde is er geen vuiltje aan de lucht en kunnen we onze eerste 'weerkundige waarnemingen' starten.

Zijn er wél vuiltjes aan de lucht en steekt er bijvoorbeeld een storm op dan zou het eigenlijk ook wel nuttig zijn te weten welke windkracht er door de weergoden op ons wordt losgelaten. Kunnen we 'windkracht' soms ook omzetten in een bepaalde spanning? Dat is zeer wel mogelijk. Je kunt er de meest uiteenlopende constructies voor bedenken. Eén van de aardigste is wel die waarin de schuifpotmeter een hoofdrol speelt. Aan het staafje waar normaal de knop op zit kan een trekveertje worden bevestigd, dat de schuif in rust in zijn 'nulstand' houdt. Verder wordt er aan een staafje een halve bol van flinke afmetingen bevestigd, die dienst moet doen als windvanger. Het geheel wordt horizontaal draaiend opgesteld, waardoor de bol met z'n open zijde de wind kan opvangen. Als er nu een (wind)kracht op de bol wordt uitgeoefend zal deze de schuifpotmeter in beweging brengen en daar is het ons nu juist om te doen. Voorwaarde is wel dat de schuif 'soepel' loopt en dat het gewicht van de bol geen te zware belasting op het mechanisme uitoefent. Toch zal een dergelijke mechanische toestand niet voor elke elektronica-hobbyist uitvoerbaar zijn en het kan ook wel iets meer elektronisch. Bijvoorbeeld weer met behulp van een lampje en een LDR of fototransistor. We moeten dan een meerbladig propellertje tussen de lichtbron en de fotocel laten draaien, dat aangedreven wordt door een schoepenrad of iets dergelijks.

Doordat er zo een serie pulsen wordt opgewekt, kunnen we verder. Via een monostabiele multivibrator kunnen we deze pulsen omvormen tot een pulstrein met een veranderlijke 'duty cycle' die op zijn beurt via een RC-schakeling kan worden omgezet in een variërende gelijkspanning. Een hele klus dus. Maar wél een erg nauwkeurige oplossing die weinig problemen geeft met afregeling. Toch kan het nog eenvoudiger, zeker voor wat betreft het draaiende deel. Als we de beschikking hebben over een soepel draaiend lagertje kunnen we er een passend asje in zetten waarop we drie halve pingpongballen lijmen. De zaak is gemakkelijk met een stanley-mes of een figuurzaag te bewerken en met een beetje geluk brengen we de splitsingsoperatie wel tot een goed einde. Aan het andere einde monteren we een schijfje met reed-magneetjes, hoe meer hoe beter. In het kastwandje lijmen

we een reedcontact dat zo wordt opgesteld dat de magneetjes er zo dicht mogelijk langs draaien. Een tip: een magneetrotor uit een oude fietsdynamo doet het ook prima en bevat vaak een flink aantal magneetpolen.

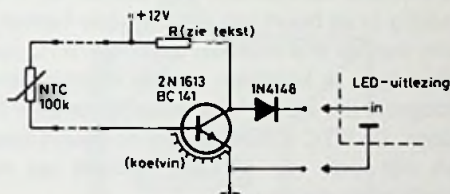
Als we het reedcontact de voedingsspanning laten schakelen naar een weerstand van 1 k $\Omega$ , ontstaat er over deze weerstand een keurige blokspanning. De frequentie van de blokspanning is afhankelijk van de omwentelingsnelheid van de pingpongbal-windvanger en nu kunnen we met de schakeling van afb. 5.6 deze blokspanning omzetten in een frequentie-afhankelijke gelijkspanning. Omdat de LED-schakeling eigenlijk 'achterstevoren' werkt, dus tegen de klok in bij oplopende spanning, komt de schakeling met de transistor ons goed van pas. Als de windsnelheid laag is, geeft onze stuurschakeling een hoge spanning af en zal een LED met een 'hoog' volgordenummer oplichten. Neemt de windsnelheid toe dan wordt de stuurspanning lager en zal de uitlezing 'met de klok mee' draaien. Precies zoals we dat graag hebben willen. Met de instelpotmeter in de basislijn kunnen we 'ijken'.



Afb. 5.6: *Stuurschakeling met reed-contact*

En dan is het buiten natuurlijk wel eens warm en wel eens koud en we hebben nu toch een elektronische indicator dus . . . moeten we nog een temperatuursensor maken. Liefst eentje die ook bij oplopende temperatuur een afnemende spanning produceert, om dezelfde reden als hiervoor genoemd bij de windsnelheidsmeter. Het kan een heel eenvoudige schakeling zijn met een NTC-weerstand, een transistor en een weerstand plus diode. Een NTC-weerstand is een exemplaar met een temperatuur-afhankelijke waarde, die afneemt als de temperatuur oploopt. Wat we moeten zien te pakken te krijgen is een NTC met een zo hoog mogelijke waarde, liefst zo in de buurt van 100 k $\Omega$  of hoger. Als we ons wat extra moeite getroosten en goed zoeken is er wel aan te komen. Tevens hebben we een transistor nodig met een lage stroomversterkingsfactor. Een afdankertje of zo iets zal het in de schakeling best doen. We zetten de schakeling van de temperatuursensor op volgens afb. 5.7 en we zien dat de transistor basissturing krijgt via de NTC. De stroomversterkingsfactor bepaalt hoeveel stroom er door de collectorweerstand vloeit en daarom is er voor deze weerstand geen waarde genoemd. Even een voorbeeld. Stel, dat we een NTC hebben van 100 k $\Omega$ . Via deze NTC ontvangt de basis een stroom van ruim 0,1 mA. Als nu de stroomversterkingsfactor van de gebruikte transistor niet al te hoog is (bijvoorbeeld

Hfe = 100) zal er een stroom door de collectorweerstand lopen van ruim 10 mA. Willen we nu een gemiddelde aanwijzing onder deze omstandigheden dan zal de spanning op de collector ongeveer 6 V moeten zijn en dat bereiken we door de weerstand een waarde te geven van 600  $\Omega$ . We kiezen een waarde van 560  $\Omega$ , dat is de dichtstbijzijnde waarde uit de E-12-reeks. Loopt nu de temperatuur op dan zal de NTC in waarde dalen, de basissturing wordt groter en er gaat dus ook meer collectorstroom lopen. De spanningsval over deze weerstand wordt ook groter en de collectorspanning zal dus afnemen.



Afb. 5.7: *Temperatuur/spanningsomzetter*

Nu is het voor de meeste amateurs een moeilijke zaak om voorraad aan te houden op het gebied van transistoren en voor velen is het bovendien lastig om uit de weinige (of juist vele) transistoren die in de rommeldoos liggen te wachten een exemplaar te selecteren dat een lage stroomversterkingsfactor heeft. Als we naar de winkel toestappen om iets te kopen zal men maar zelden bereid zijn om dáár een tor uit te zoeken die aan onze eisen voldoet. Toch is het best mogelijk om uit de voorhanden zijnde transistoren een exemplaar te selecteren dat in de schakeling kan worden toegepast, te meer daar er verscheidene typen zijn met een lage stroomversterkingsfactor. Als we de schakeling eerst eens opzetten op een stukje print en voorlopig de plaats van de transistor laten innemen door een transistorvoetje kunnen we naar hartelust experimenteren. Bovendien hebben we al gezien dat de collectorweerstand een belangrijke rol speelt en daar kunnen we ook goed mee uit de voeten. Als we een 'vermogenstransistor' toepassen, kunnen we zelfs nog een stuk zakken. Wel moeten we dan rekening houden met een forse toename van de stroom die het voedingsdeel moet kunnen leveren. Het aardige van de schakeling is dat de bovenste temperatuurgrens tot op zekere hoogte vast ligt. Als de temperatuur hoger wordt dan een bepaalde waarde neemt wel de basisstroom toe maar als de transistor 'in verzadiging' staat, kan de collectorstroom niet verder meer toenemen. Theoretisch gesproken is de minimumtemperatuur een zaak die niet te voorspellen valt, de karakteristiek van de NTC is daarvoor verantwoordelijk. Maar in de praktijk gaat de aanwijzing tot zo'n vijftig graden onder nul door, als we uitgaan van  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  'middenschaal'. Beneden deze winterse waarde is de NTC-weerstand zo hoog opgelopen dat de transistor vrijwel spert. De collectorspanning is praktisch 12 V en de 'eerste' LED zal oplichten. Zoals gezegd hangt veel af van de

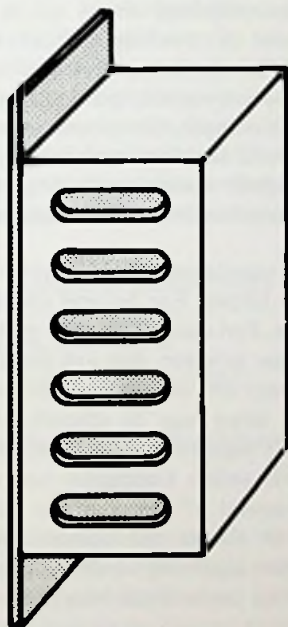
toegepaste NTC. Een zogenaamde glas-NTC is in een waarde van  $100\text{ k}\Omega$  wel verkrijgbaar en de variatie per graad Celcius is vrij groot voor dit type. Bij  $-25^\circ\text{C}$  is de weerstand al opgelopen tot enkele megohms, waardoor de collectorspanning al tot nagenoeg  $12\text{ V}$  stijgen zal. Ook het minimum is dus als het ware in elkaar gedrukt en de grootste variatie zal dan ook optreden in het gebied tussen  $-15^\circ \dots + 45^\circ\text{C}$ . Veel warmer of kouder zal het in onze streken niet zo snel worden. Nu is het tijd om de zaak te ijken. De enige juiste manier is deze. Eerst stellen we een 'gemiddelde temperatuur' vast, waarbij we ook de achtste LED willen laten oplichten. Door te scharrelen met de collectorweerstand kunnen we, ook zonder de stroomversterkingsfactor te weten, aardig in de buurt van deze situatie komen. Nu is het dood-eenvoudig zaak, om met de thermometer tegen de NTC aan een aantal verschillende LED-aflezingen te koppelen aan de daarbij behorende temperatuur. Het is best mogelijk dat we op 'rare' waarden terecht komen maar daar is niets tegen te doen. De NTC is meestal niet zo keurig lineair en de transistorkarakteristieken zijn ook van invloed, kortom we moeten genoeg nemen met de situatie zoals die uitvalt.

Tenslotte nog iets over de gebruikte onderdelen. Als we een NTC aan weer en wind blootstellen moeten we er wel voor zorgen dat er op de lange duur geen rare dingen kunnen gebeuren. Geoxydeerde aansluitdraden en meer van dat soort ouderdomskwaaltjes kunnen wel eens parten spelen. Bovendien is directe zonnestraling een mogelijke oorzaak van misaanwijzing. Een kastje met sleufjes waardoorheen de lucht vrij kan stromen, is in de 'echte' meteorologische waarnemingsposten een bekend verschijnsel, dus dat kunnen wij ook doen. De NTC zit dan 'in de schaduw' en zal netjes de temperatuur van de omgevingslucht registreren. Zorg er wel voor dat het geperforeerde doosje waar we onze NTC in opbergen aan de buitenkant wit is. Daarmee wordt tegengegaan dat het kastje zelf toch nog opwarmt.

Dan de transistor. In het schema staat al aangegeven dat een 2N1613 het 'doet'. Andere typen die in aanmerking komen zijn onder meer: BC 140, BC 141, BD 135, BD 137, BD 139, 2N1711, 2N2219 en vele andere typen die thuishoren in de categorie semi-power-transistoren. Als de NTC die beschikbaar is een lage waarde heeft (tussen  $10$  en  $100\text{ k}\Omega$ ) zullen we noodgedwongen onze toevlucht moeten zoeken tot de zwaardere torren die bij  $12\text{ V}$  collector-emitterspanning een stroom van  $30 \dots 100\text{ mA}$  kunnen verwerken. Als we bovengenoemde reeks van een koelsterretje of een bescheiden koelvin voorzien, kunnen we ze allemaal toepassen. We moeten er in dat geval wel voor zorgen dat de collectorweerstand evenredig wordt verlaagd; enig proberen kan wellicht tot het gewenste resultaat leiden. Naarmate de collectorstroom toeneemt zal ook een steviger weerstand nodig zijn. Een draadgewonden type verdient de voorkeur.

Op de LED-uitleeseenheid kunnen nog een aantal andere opnemers worden aangesloten, mits ze het verschijnsel, dat we willen registreren maar omzetten in een weerstands- of spanningsverandering. Zo valt er zelfs nog wel een schakeling te bedenken die de intensiteit van het zonlicht via de LED's kan

aangeven. Of een, die met behulp van de aangegeven ingangsschakelingen al deze functies op verzoek kan vervullen. Een daarbij behorende omschakelaar kan dan, zoals gezegd, direct op punt 11 van de UAA 170 worden aangesloten. En tot besluit is de schakeling, zoals die zich op de print bevindt ook geschikt om in het uiterste geval als voltmeter te dienen. De ingangswaerstand bepaalt dan het bereik, de gevoeligheid van het geheel is in de gegeven situatie ongeveer  $11 \text{ k}\Omega/\text{V}$ .



*Afb. 5.8: Kastje met sleufjes voor de NTC*

## 6

## Kleurcodes en waarde-aanduidingen

In elke 'shack' is er wel een doosje (of kist . . .) met onderdelen te vinden waarvan we met geen mogelijkheid weten uit te vogelen of het nu een condensator, een weerstand of misschien zelfs een spoel is. We kunnen geen kant-en-klare recepten geven om daarin klaarheid te brengen. Het is veeleer de bedoeling om in het bestek van dit hoofdstuk enig licht te verschaffen in de duistere zaak van kleurringen, lettercoderingen, buitennissige aanduidingen en de onduidelijkheid van de microfarad, Megohm en nanohenry. We beginnen met de verschillende waarde-aanduidingen en delen daarna de zaak op in drieën: eerst de weerstanden, dan de condensatoren en tenslotte de spoelen.

Als we uitgaan van een standardeenheid kunnen we veelvouden van die standaard aanduiden met letters. Een bekend voorbeeld van zo'n eenheid is die van afstand: de meter. Een duizendvoudige meter heet zoals we allemaal weten een kilometer. Maar ook een deel van die standardeenheid kunnen we met een letter aangeven: één cm (centimeter) is het honderdste deel van diezelfde meter. Als we terug naar de schoolbanken gaan, zullen we het vandaag de dag nog steeds tegenkomen: hoeveel cm is 1 hm? Het antwoord wisten we vroeger na drie vellen kladpapier nog wel. Als we nu echter te weten moeten komen hoeveel pF gelijk is aan 0,01  $\mu$ F hebben we het er maar moeilijk mee, zeker als we net komen kijken in het land van de elektronica. Daarom is een algemene verdeling gemaakt die aangeeft welke vermenigvuldigingsfactor bij welke letter hoort.

T (tera)	... maal 1.000.000.000.000	(12 nullen)
G (giga)	... maal 1.000.000.000	( 9 nullen)
M (mega)	... maal 1.000.000	(miljoen)
k (kilo)	... maal 1.000	(duizend)
de eigenlijke eenheid maal 1		
m (milli)	... maal 0,001	(één duizendste)
$\mu$ (micro)	... maal 0,000.001	(één miljoenste)
n (nano)	... maal 0,000.000.001	(één miljardste)
p (pico)	... maal 0,000.000.000.001	(één biljoenste)

We zien dat er tussen twee veelvouden telkens een factor 1000 zit en dat zullen we maar zo laten want een weerstand van 1,2 hecto-ohm is even vreemd als te spreken over 1135 centi-gulden (wat overigens elf gulden vijfendertig betekent in gewoon Nederlands). We moeten leren om met nullen te stoeien en met komma's te schuiven en we gaan direct even oefenen. Hoeveel kilo-ohm ( $k\Omega$ ) is een weerstand van 0,27  $M\Omega$ ? Als we



nu een paar nullen achter de oorspronkelijke waarde zetten en dan de komma drie plaatsen naar achteren schuiven zijn we er, let maar op:

$$0,270000 \text{ M}\Omega = 0270,000 \text{ k}\Omega \text{ oftewel } 270 \text{ kilo-ohm}$$

Waarom zetten we de komma drie plaatsen naar achteren? Wel, omdat de aanduiding M (mega) duizend maal zo groot is als de aanduiding k (kilo). Kijk maar: 1 M $\Omega$ , dat we ook kunnen schrijven als 1,000 M $\Omega$  is gelijk aan 1000 k $\Omega$ , de komma is drie plaatsen naar rechts gegaan; in dit geval zien we hem niet eens meer terug. We kunnen net zo goed zeggen, dat 12 k $\Omega$  gelijk is aan twaalf maal duizend ohm en dat schrijven we als 12.000  $\Omega$ . Omgekeerd kunnen we kleine waarden zoals 1.800  $\Omega$  ook opschrijven als 1,8 k $\Omega$ . Nu is de komma naar links geschoven en zijn de nullen verdwenen. In gedachten kunnen we ze er eigenlijk best achter laten staan. N $\ddot{o}$ g een sommetje: hoeveel ohm is gelijk aan 0,01 M $\Omega$ ? Eerst even vaststellen dat we te maken hebben met 'mega' die een miljoen maal groter is dan de eigenlijke eenheid (zie voorgaande tabel). We gaan er dus een stelletje nullen achter zetten:

$$0,010.000.000.000 \text{ M}\Omega$$

De komma moet zes plaatsen naar rechts:

$$0.010.000,000.000 \text{ }\Omega$$

en als we de overbodige nullen er weer afhalen lezen we:

$$10.000 \text{ }\Omega$$

Het is in het begin wel even wennen, maar als we een beetje zorgvuldig te werk gaan, kunnen we 'rare' aanduidingen altijd uitpluizen.

Nu vinden we op de meeste weerstanden een aantal kleurringen, en in de volgende tabel geven we aan hoe we de kleuren moeten interpreteren.

	1e ring	2e ring	3e ring	4e ring
zwart	-	0	géén nul	
bruin	1	1	1 nul	1% tolerantie
rood	2	2	2 nullen	2% tolerantie
oranje	3	3	3 nullen	
geel	4	4	4 nullen	
groen	5	5	5 nullen	
blauw	6	6	6 nullen	
violet	7	7	7 nullen	
grijs	8	8	8 nullen	
wit	9	9	komt niet voor	
goud			x 0,1	5% tolerantie
zilver			x 0,01	10% tolerantie
geen 4e ring				20% tolerantie

We moeten onderscheid maken tussen de waardekleur en de (goud- of zilverkleurige) tolerantiering. Als we de waarde willen 'aflezen' van links naar rechts moet de tolerantiering dan ook rechts zitten. We nemen als voorbeeld een weerstandje waarop de volgende kleuren voorkomen: goud, geel, violet, rood. Het is duidelijk dat we de weerstand verkeerd om hebben liggen, de gouden ring moet het laatste komen. Nog eens, maar dan in goede volgorde: rood, violet, geel en tenslotte goud. Nu kijken we in onze tabel en we zien:

rood	violet	geel	goud
2	7	4 nullen	5% tolerantie

oftewel: 270000 ohm en die waarde wordt algemeen aangeduid als 270 kΩ. We mogen geloven dat de weerstand niet meer dan plus of min 5% afwijkt van deze waarde. Nòg een voorbeeld, maar nu wat moeilijker:

bruin	zwart	zwart	géén vierde ring
1	0	géén nul	20% tolerantie

Deze weerstand heeft dus een waarde van 10Ω, de tolerantie is 20%. Vooral bij oudere typen komt het nog wel eens voor dat er maar drie ringen op de weerstand zitten, moderne typen hebben er vrijwel altijd vier. Toch kunnen we zoals gezegd ook exemplaren tegenkomen met vijf ringen. Doorgaans zijn deze weerstanden afkomstig uit een reeks met nauwkeurig vastliggende waarden, de zogenaamde precisieweerstanden. Ze worden meestal toegepast in meetcircuits en spanningsdelerschakelingen. Ook metaalfilmweerstand worden vaak van deze codering voorzien. In feite is de noodzaak meer ringen aan te brengen voortgekomen uit de meercijferige aanduiding van deze weerstanden: 10,1 kΩ kun je met drie kleurringen niet coderen, je hebt er vier nodig en de vijfde ring geeft dan weer de tolerantie aan. Om verarring te voorkomen geven we weer een complete tabel, aangevuld met voorbeelden.

	1e ring	2e ring	3e ring	4e ring	5e ring
zwart	-	0	0	geen nul	0,1% tolerantie
bruin	1	1	1	1 nul	1% tolerantie
rood	2	2	2	2 nullen	2% tolerantie
oranje	3	3	3	3 nullen	
geel	4	4	4	4 nullen	
groen	5	5	5	5 nullen	
blauw	6	6	6	6 nullen	
violet	7	7	7	7 nullen	
grijs	8	8	8	komt niet voor	
wit	9	9	9	komt niet voor	
goud				x 0,1	5% tolerantie
zilver				x 0,01	komt niet voor

We zien dat deze tabel in grote lijnen hetzelfde is als de vorige, alleen is er een rijtje tussen gekomen en sommige kleuren komen niet voor. Dan nu een aantal voorbeelden:

bruin	zwart	bruin	rood	zwart	
1	0	1	00	0,1%	= 10,1 kΩ - 0,1% tol.

groen	bruin	zwart	goud	rood	
5	1	0	X 0,1	2%	= 51 Ω - 2% tol.

wit	geel	groen	zwart	bruin	
9	4	5	géén nul	1%	= 945 Ω - 1% tol.

bruin	zwart	zwart	zwart	zwart	
1	0	0	géén nul	0,1%	= 100 Ω - 0,1% tol.

geel	violet	zwart	rood	bruin	
4	7	0	00	1%	= 47 kΩ - 1% tol.

Aan het laatste voorbeeld kunnen we zien dat de op één na laatste ring (rood) verwarring te weeg kan brengen, zeker als die wordt voorafgegaan door een zwarte kleur. Zijn we normaal gewend om aan rood een waarde te verbinden ergens tussen 1 en 10 kΩ, nu moeten we rekening mee houden, dat er in de totale waarde-aanduiding een cijfer méér voorkomt, we zullen dus uitkomen tussen 10 en 100 kΩ.

Dan moeten we het ook nog hebben over de letteraanduiding die op diverse typen weerstanden voorkomt. Op draadgewonden exemplaren vinden we vaak een veelheid van cijfer- en lettercombinaties en het is zaak om daar goed weg in te weten. Op metaalfilm- en precisieweerstanden kunnen we ook wel 'normale' indicaties tegenkomen, meestal gekoppeld aan een produktienummer. In dergelijke gevallen is er geen probleem, maar moeilijker wordt het als we op een weerstand een stempel aantreffen dat er als volgt uitziet:

10R1T0,1/1

Het lijkt meer op Sanskriet dan op een waarde-aanduiding en toch kunnen we er alles uithalen. Lat eens op: eerst halen we de zaak uit elkaar, 10R1 betekent 10,1 Ω. Een 'R' tussen de cijfers staat dus in feite op de plaats van de komma en geeft tevens aan dat we de waarde moeten uitdrukken in ohms. Vervolgens geeft het cijfer achter de 'T' het tolerantiepercentage aan, 0,1%. Achter de breukstreep vinden we het cijfer dat de belastbaarheid aangeeft: 1 W. We gaan nog even terug naar die eerste letter. Behalve een R kunnen we ook een 'E' aantreffen of een 'K'. De 'E' staat voor 'eenheid', in dit geval van weerstand en dus drukken we de waarde uit in ohms, de 'K' is bekender

en betekent kilo-ohm. Een aanduiding als 4k7 of 4K7 zal voor niemand problemen geven, we weten dat dit 4,7 kilo-ohm betekent.

Als we met de weerstanden verder geen problemen meer hebben, kunnen we aan de condensatoren beginnen en hier ligt het nog een beetje ingewikkelder. In de theorieboeken kunnen we vinden dat de eenheid van capaciteit 'Farad' is. Een knol van een eenheid want er lopen maar weinig mensen op dit ondermaanse rond die ooit een condensator van 1 F in handen hebben gehad. Zeker in de radiotechniek is deze eenheid vrijwel onbruikbaar en microfarad plus picofarad zijn dan ook de meest voorkomende aanduidingen die we zien. Voor kleine condensatoren is het zelfs gebruikelijk dat eventuele kleurcoderingen uitgaan van de picofarad (pF) als standaardeenheid. De kleurringen of -bandjes die worden gebruikt, hebben dezelfde betekenis, als bij de weerstanden het geval is. Bruin-zwart-geel betekent 100.000 pF, rood-violet-oranje staat voor 27.000 pF, terwijl het bij kleine capaciteiten zelfs voorkomt dat er maar twee kleuren worden gebruikt om de waarde aan te geven; groen-zwart moeten we eigenlijk zien als: (1e kleur afwezig)-groen-zwart en dat houdt in dat we een condensator hebben van 5 pF.

Op de miniatuurtypen die we tegenwoordig veel toepassen in getransistoriseerde schakelingen staat vaak een waarde gestempeld in letters en cijfers. Meestal hebben deze laagspanningscondensatoren nog een extra kleurstip of is de 'kop' van een kleurcodering voorzien. Dit heeft dan weinig met de waarde of tolerantie te maken, maar geeft aan in welke mate de capaciteit temperatuurafhankelijk is. Daarover straks meer, eerst gaan we ons bezig houden met de waarde-aanduiding. Een verhaal apart, want elke fabrikant houdt er een eigen codering op na en dat maakt het er niet gemakkelijker op. Toch is er met enige fantasie wel een systeem in te ontdekken. De meest gebruikelijke aanduiding is die in 'normale' code: 5n6 betekent 5,6 nanofarad oftewel 5600 pF. Nog een voorbeeld: 820 p kan niets anders betekenen dan 820 pF, terwijl 0,01  $\mu$  nog wel herkend zal worden als 0,01  $\mu$ F, of als 10.000 pF. (Komma zes plaatsen naar rechts!) In feite gaat het verhaal dat we hebben verteld bij de waarde-omrekening van weerstanden ook op voor condensatoren. De verhoudingen liggen net zo: 1000 pF is gelijk aan 1 nF en 680 nF is gelijk aan 0,68  $\mu$ F. Moeilijker wordt het als we te maken krijgen met Japanse of Amerikaanse aanduidingen. Ze gebruiken daar meestal een ander systeem. Als we het dóór hebben is het niet moeilijk meer. Waarden die als heel getal zijn vermeld worden uitgedrukt in pF. 820 betekent 820 pF, 2700 geeft aan dat de betreffende condensator 2700 pF is (wij zouden zeggen 2,7 nF). Decimale waarden zoals 0,1 en 0,033 houden in dat de waarde van de betreffende condensator wordt uitgedrukt in microfarads. Zodra dus een komma of punt in de waarde is vermeld, moeten we daar rekening mee houden. 0,1 is dus 0,1  $\mu$ F (100 nF) en 0,033 maakt duidelijk dat we een condensator van 0,033  $\mu$ F te pakken hebben (33 nF). Omdat deze manier van coderen nogal wat nullen en dus ook nogal wat ruimte kan kosten is er nog verder vereenvoudigd: waarden

beneden 1000 pF bleven zoals ze waren, aanduidingen van 1000 pF en hoger werden volgens het hiervoor geschetste systeem gecodeerd waarbij de eerste nul vóór de komma werd weggelaten. In plaats van de in Europa gebruikelijke komma werd de punt neergezet zodat elke waarde tussen 1000 pF en 1  $\mu$ F door een punt en drie cijfers kon worden aangegeven. Een condensator waar op staat .001 is in feite 0,001  $\mu$ F ofwel 1 nF, terwijl .39 aangeeft dat we te maken hebben met een exemplaar van 0,39  $\mu$ F, beter bekend als 390 nF of 390.000 pF. Knappe koppen hebben het puntje ook weten weg te werken door de eerste twee cijfers 'gewoon' te vermelden en het aantal nullen door een derde cijfer te vervangen: 103 moeten we lezen als 10 met drie nullen, 10.000 pF dus. 472 kunnen we interpreteren als 47 met twee nullen, 4700 pF of 4,7 nF.

Omdat de tot standardeenheid gepromoveerde pF op de Europese typen nog steeds de boventoon voert, is een parallel met weerstandswaarden eigenlijk nog niet zo gek. Vandaar dat we dan ook wel eens rare aanduidingen tegenkomen zoals 12 kp of 4k7. We kunnen dat herleiden en komen uit op 12 nF en 4,7 nF. Net als bij weerstanden komt de letter tussen de cijfers weer in plaats van de komma en geeft tegelijkertijd aan in welke grootte (pF, nF) de waarde moet worden uitgedrukt. Nóg een voorbeeld uit de praktijk: we hebben een klein keramisch plaatcondensatortje op tafel liggen. De kop is zwart en op de condensator staat 3p9. We hebben hier te maken met een exemplaar van 3,9 pF, de zwarte kop betekent dat de waarde niet varieert bij veranderende omgevingstemperatuur. Die gekleurde kop van de condensator geeft dus informatie over de zogenaamde temperatuurcoëfficiënt, die wordt aangeduid als 'ppm/ $^{\circ}$ C'. De betekenis van ppm is: parts per million, een Engelse term, waarvoor eigenlijk geen goed Nederlands woord bestaat. Een voorbeeld kan duidelijkheid geven.

Als we een temperatuurcoëfficiënt van  $-150$  ppm/ $^{\circ}$ C vaststellen bij een condensator van 1 nF, wat gebeurt er dan als de temperatuur  $6^{\circ}$ C hoger wordt? De term  $-150$  ppm/ $^{\circ}$ C wil zeggen: de waarde van de betreffende condensator zal met 150 pF per miljoen pF teruglopen als de temperatuur  $1^{\circ}$ C toeneemt. Maar onze condensator is geen miljoen pF doch slechts 1.000 pF, dat is maar éénderuitste deel. Toename van de omgevingstemperatuur zal dus slechts het duizendste deel van 150 pF capaciteitsdaling tot gevolg hebben, 0,15 pF dus. Als de temperatuur  $6^{\circ}$ C stijgt zal dus  $6 \times 0,15$  pF = 0,9 pF van de 1.000 pF moeten worden afgetrokken: 999,1 pF is de uiteindelijke waarde. We zien dat de stabiliteit uitstekend is en een temperatuurcoëfficiënt van  $-150$  ppm, zoals die kortweg wordt aangeduid mag dan ook als goed worden aangemerkt. Vooral in afgestemde kringen moeten we rekening met die temperatuurafhankelijkheid houden. In vele gevallen passen we exemplaren toe met een vooraf bepaalde temperatuurcoëfficiënt die veelal negatief is. De reden hiervoor is dat vrijwel elke spoel een grotere zelfinductie krijgt als de omgevingstemperatuur toeneemt. Voor we ons gaan bezighouden met de spoelen eerst een kleuren-

tabel die aangeeft met welke temperatuurcoëfficiënt we rekening moeten houden.

rood/violet	+ 100 ppm
zwart	0 ppm
rood	- 75 ppm
oranje	- 150 ppm
geel	- 220 ppm
groen	- 330 ppm
blauw	- 470 ppm
violet	- 750 ppm
oranje/oranje	- 1500 ppm

Als laatste kunnen we nog vermelden dat eventuele kleurstippen of -koppen bij waarden die groter zijn dan 1 nF geen betrekking hebben op de temperatuurcoëfficiënt, maar duiden op een bepaalde werkspanning, tolerantie of andere grootheden; dit kan per fabrikant verschillen.

En dan nu de spoelen. Ook hier is de echte eenheid van zelfinductie weer erg fors uitgevallen. 1 Henry is in de HF-techniek geen bruikbare waarde, in de audiosector komt die wel voor. We hebben echter al gauw een paar duizend windingen nodig om een luchtspoel (zonder ijzerkern) die waarde te geven en we moeten wel eng dun draad gebruiken om zo iets dan nog een beetje klein te houden. Maar de techniek staat voor niets en spoelen (mèt ferroxcube-kern) die niet veel groter zijn dan een 1 W-weerstandje kunnen tegenwoordig al die waarde bereiken. Voor ons is het echter veel interessanter te weten dat diezelfde typen er ook in veel kleinere waarden en afmetingen zijn en wat een goede zaak is: de coderingen zijn vrijwel uniform. De meeste exemplaren zijn voorzien van drie stippen of drie ringen en de codering loopt weer gelijk aan de normale weerstandstabel. De basiseenheid waar men van is uitgegaan microhenry ( $\mu\text{H}$ ) en dus kunnen we vaststellen dat bijvoorbeeld bruin-zwart-rood een spoeltje is met een waarde van 1.000  $\mu\text{H}$  wat we ook mogen vermelden als 1 mH (millihenry). De normaal verkrijgbare waarden lopen van 0,1  $\mu\text{H}$  tot ongeveer 100 mH volgens de zogenaamde E-6 reeks. Dat wil zeggen: 1, 1,5, 2,2, 3,3, 4,7, 6,8, 10, 15, 22, enzovoorts. In elke decade zitten zes waarden.

Nu zijn deze spoeltjes naar hun uiterlijk te beoordelen moeilijk van gewone weerstanden te onderscheiden, alleen het aantal kleurringen is een mogelijke indicatie. Weten we het niet zeker, dan dienen we de hulp van de universeelmeter in te roepen. Spoeltjes met een kleine zelfinductie hebben in deze uitvoering doorgaans een zeer lage weerstand die in de grootte van een paar ohm ligt. Boven 100  $\mu\text{H}$  loopt de inwendige weerstand van de spoel snel op omdat er dunner wikkeldraad wordt gebruikt. Een spoeltje van bijvoorbeeld 3,3 mH heeft al gauw een weerstand van enkele honderden ohm, zeker als de afmetingen klein zijn. Voor de duidelijkheid vermelden we er bij dat we het hier hebben over de gelijkstroomweerstand.

Van alle in de radiotechniek gebruikelijke spoelen zijn de hiervoor genoemde miniatuurspoeltjes natuurlijk maar een klein deel. Wel zijn zij vrijwel de enige die door middel van kleurcoderingen hun zelfinductie bekend maken. In Duitse handelsapparaten uit de jaren zestig en zeventig komen ook vaak MF-transformatoren voor waarvan de resonantiefrequentie met behulp van kleurstippen is gecodeerd. Welbekend zijn ook de Japanse MF-trafo's, waarvan de kern aan de bovenkant zichtbaar is en een bepaalde kleurindicatie heeft. Omdat echter elke fabrikant z'n eigen kleursysteem toepast is het ondoenlijk om in dit bestek daarop dieper in te gaan.

Andere spoelen zijn vaak moeilijk 'op waarde te schatten' en de beste methode is wel om via een bekende condensator en de dipmeter de zelfinductie te berekenen (zie hiervoor hoofdstuk 4.3).

We moeten er rekening mee houden dat de eenheden van zelfinductie waar we in de HF- en VHF-techniek mee te maken krijgen zeer ver uiteen kunnen lopen. Waarden van enkele nanohenry's voor twee meter-spullen tot aan vele millihenry's voor kortegolfwerk kunnen voorkomen. Let er bij berekeningen op dat de komma op de juiste plaats staat, anders krijgen we de meest vreemde resultaten.

Tot besluit nog een laatste opmerking: met het schatten van spoelwaarden moeten we eigenlijk een beetje op het gevoel werken. Het aantal windingen, de diameter en de draaddikte, maar ook de bewikkelde lengte spelen allemaal een rol. Daar het ten ene male ondoenlijk is om daar een passende tabel voor te ontwerpen, zullen we het gewoon moeten doen met een grove schatting en als we het precies willen weten zullen er meetinstrumenten aan te pas moeten komen.

## LITERATUUROVERZICHT

R.S.G.B.: Amateur-radio-techniques (Pat Hawker - G3VA)

A.R.R.L.: Antenna book

A.R.R.L.: A.R.R.L. - handbook

De Muiderkring B.V.: Zenders I en II (J. Bron - PAØJBN)

en nader uitgewerkte ideeën uit diverse radio-amateurtijdschriften uit binnen- en buitenland (Electron, CQ-PA, Q.S.T., '73', R.E.F.-radio, Radio-Revista, enz.)

Faint, illegible text covering the majority of the page, appearing to be bleed-through from the reverse side.

LESSA FUNDAMENTAL



# Inhoud

VOORWOORD .....	5
HOOFDSTUK 1	
KORTEGOLF-ANTENNES .....	7
HOOFDSTUK 2	
VHF- EN UHF-ANTENNES .....	24
HOOFDSTUK 3	
AANPASSING TUSSEN ANTENNE EN ZENDER .....	33
HOOFDSTUK 4	
HULPAPPARATUUR .....	44
4.1 De universeelmeter .....	44
4.2 Voedingsapparaten .....	51
4.2.1 12,6 volt-voeding, 5 ampère .....	52
4.2.2 28 volt-voeding, 5 ampère .....	58
4.2.3 Regelbare gestabiliseerde voeding, 0,7 - 30 V, 50 mA - 10 A .....	60
4.3 De dipmeter .....	72
4.4 De staandegolfmeter .....	77
4.5 De oscilloscoop .....	89
4.6 De ijkgenerator .....	93
4.7 De antennerotor .....	106
HOOFDSTUK 5	
PROPAGATIE VAN RADIOGOLVEN EN EEN ELEKTRONISCH WEERSTATION .....	130
HOOFDSTUK 6	
KLEURCODES EN WAARDE-AANDUIDINGEN .....	142
LITERATUUROVERZICHT .....	149