

Een BC221 omgebouwd tot Rechttuit (0V1)

H.L. Rutgers, PAoSU, Eindhoven

Samenvatting

De laatste tijd is de rechttuitontvanger weer in de aandacht. Van een BC221 frequentiemeter is betrekkelijk eenvoudig een goede eenkrings rechttuitontvanger (0V1) te maken die loopt van 125 – 250 kHz en van 2 – 4 MHz. De ontvangst en stabiliteit zijn zeer goed. Het plezier dat je voor een paar tientjes aan de experimenten kunt beleven is haast onbetaalbaar.

Inleiding

Als je wel eens op het nachtuilennet (3777 kHz) of het Technonet (elke zaterdag op 3755 kHz vanaf half vier) luistert, dan zul je gemerkt hebben dat een aantal amateurs de oude rechttuit-ontvanger weer in ere hersteld heeft. Fred PAoMER heeft zelfs een replica van de twintiger jaren uit Gorter gemaakt. Hij heeft er ook een AM-zender bij in dezelfde stijl en werkt Amerika met dat spul! Dat deden ze vroeger ook natuurlijk, maar als je ziet wat voor een klimbim een moderne transceiver eigenlijk is en hoe eenvoudig een rechttuit is, dan verbaas je je over de kwaliteit van de spullen van weleer. Speciaal voor CW en SSB werkt zo'n ding perfect. Je hebt niets te maken met oversturing of derde orde mengproducten. De selectiviteit is zelfs voldoende. Het enige wat jammer is dat hij dubbelzijband ontvangt, maar dat is inherent aan elke (eenvoudige) direct conversie-ontvanger, wat een rechttuitontvanger natuurlijk is.

Het komt eigenlijk door alle enthousiaste vernieuwers van Fred en Jan, PAoDOG, die mijn jongensjaren weer tevoorschijn riepen. Toen begreep ik een hoop zaken niet maar deed veel ervaring op met de éénlamper (EL3) uit Jongens Radio en "De MK-3" van de Muiderkring met EF9-hoogfrequent, EF6-roosterstroombetector en EL3 als laagfrequent eindbuis. De schema's zie ik nog zo voor me! Om daar nu op terug te kijken met heel wat meer kennis is een neel eigenaardige gewaarwording. Ik begrijp nu de feitenkennis, opgedaan als jongen van veertien en dat zet mij aan om nog eens zo'n rechttuit-ontvanger te maken. Het moest niet te veel tijd kosten vond ik en nam een BC221 frequentiemeter als uitgangspunt. Dat bespaart veel tijd en garandeert een stabiel goed werkend apparaat. Omdat het zo eenvoudig is wil ik een ander het plezier ook deelachtig maken (een beetje oude woordkeus is wel op zijn plaats, vind je niet Fred?) en plezier beleef je er aan, gegarandeerd. Het was wel weer even wennen dat die 250 volt zo prikt!

Werking van de roosterstroombetector

De rechttuit-ontvanger is gebaseerd op de

roosterstroombetector. Ik zal geen uitgebreide uitleg – zoals in de leerboeken van weleer – geven want dat beslaat een hele jaargang van Electron. Probeer die oude boeken eens te pakken te krijgen. Daarin worden dit soort onderwerpen heel degelijk en zonder wiskunde uitgelegd. Ik wil het hier bij een aantal opmerkingen laten.

Een roosterstroombetector (zie figuur 1) is eigenlijk een combinatie van een diodebetector en een versterkerbuis. Het eerste rooster fungeert als diode. De buis krijgt geen negatieve voorspanning zodat hij op "nul volt negatief" staat ingesteld. Het verschil tussen een buisdiodode en een halfgeleiderdiodode is dat een halfgeleiderdiodode pas stroom begint te trekken bij 0,7 volt (selicium) of 0,5 volt (germanium) en een buisdiodode al stroom trekt bij -1,7 volt! Dat komt door de zogenaamde "ruimtelading": de hete kathode emiteert elektronen die zo'n grote snelheid hebben dat ze zelfs tegen een spanning van -1,7 volt op kunnen torren. Die 1,7 volt komt over de grote lekweerstand van 1 M Ω te staan, zodat de buis daardoor in feite 1,7 volt negatief krijgt. In de lekweerstand loopt dus een heel klein stroompje.

Dat de buisdiodode ook stroom trekt zonder ingangssignaal heeft als voordeel dat het

kleinste signaaltje al gedetecteerd wordt. Het gelijkgerichte signaal wordt door de rest van de buis versterkt (hoe steiler de buis hoe meer versterking). Het hoogfrequent uit het anodesignaal wordt weggevoerd door een lowpassfilter. Vroeger deden ze dat met een HF-smoorspoel en een paar condensatorpjes. In de BC221 doen we dat anders zoals we straks zullen zien.

In figuur 1 is een gemoduleerd AM-signaal aan de detector toegevoerd dat door de diodewerking van het eerste rooster en de combinatie van de lekweerstand (1 M Ω) en het koppelcondensatorpje (100 pF) "plat geslagen" wordt naar een kant. De waarde van die 1 M Ω en de 100 pF is daarbij essentieel. Ik laat de berekening daarvan achterwege. Daar heeft de oude Sysma mij nog mee geplaagd op de radiocursus. Op deze manier kunnen we AM-signalen ontvangen. Om de selectiviteit van zo'n éénkring-ontvanger op te voeren werd bovendien een terugkoppeling toegepast waarmee de ontvanger op het randje van genereren kon worden gezet. De Q van de kring werd als het ware elektronisch verhoogd net als bij een "Q-multiplier". Wat wij nu gaan doen is de buis ook inderdaad laten oscilleren zodat CW en SSB ontvangen kan worden. De Q van de kring in een oscillator is nog veel

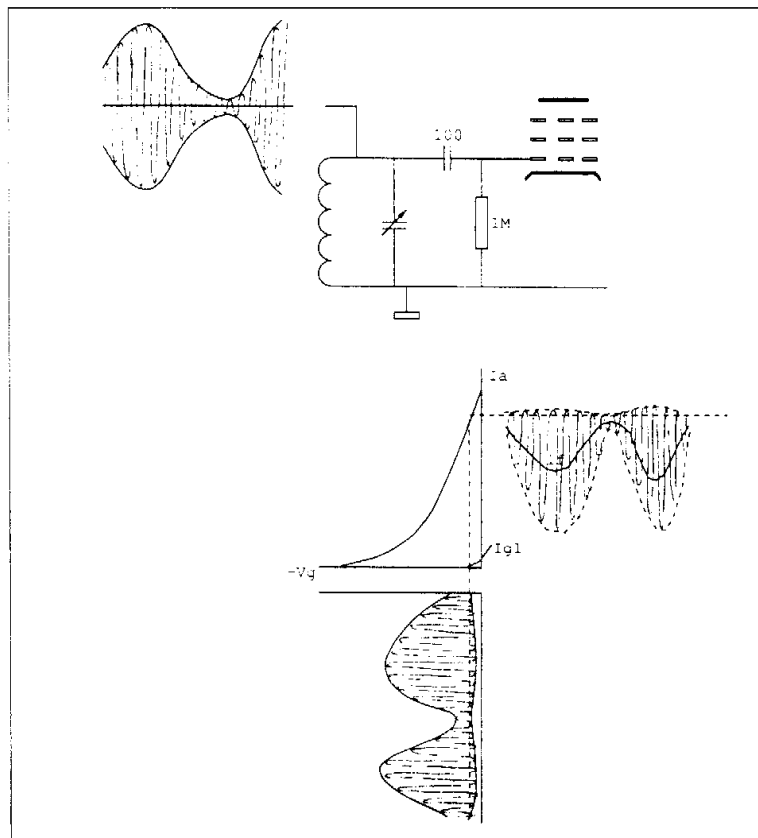


Fig. 1. Een gesimplificeerd schema van de roosterstroombetector, zie de tekst voor uitleg.

noger dan van een Q-multiplier. In feite maken we een zelf-oscillerende mengtrap. De middenfrequentie is nul herz zodat dit fenomeen *directe conversie* genoemd wordt. Het spreekt vanzelf dat de stabiliteit van de oscillator goed moet zijn voor SSB-ontvangst. Met een BC 221 is dat geen probleem. Die is zo netjes opgebouwd dat we ons daar geen zorgen over hoeven te maken.

Hoe hard de buis moet oscilleren voor een zo goed mogelijke werking hangt van een aantal factoren af zoals de grootte van het te detecteren signaal. De (positieve) terugkoppeling moet dus instelbaar zijn, te meer daar die afhankelijk is van de stand van de afstemcondensator. Ja, je moet er wat voor doen natuurlijk om met zoiets simpels een Jappendoos te kunnen evenaren, je wordt een ware machinist!

De BC221

In de BC221 zit een oscillator (VT116B = 6SJ7Y), een mengbuis (VT167 = 6K8) en een laagfrequent eindbuis (VT116 = 6SU7) die als triode geschakeld is (zie figuur 2). De oscillator is voor het doel van frequentiemeter zo gemaakt dat hij veel harmonischen produceert. Dat wordt straks anders natuurlijk. De oscillator is omschakelbaar voor twee frequentiebanden: 125 – 250 kHz en 2 – 4 MHz. Het oscillatorsignaal wordt aan de mengbuis toegevoerd samen met het ingangssignaal. De triode van de 6K8 kan ook ingeschakeld worden die met het 1 MHz kristal de ijkoscillator vormt. De gloeidraden van de buizen krijgen alleen stroom als er een (hoogohmige) koptelefoon is aangesloten. De klink schakelt dan schakelaar 13-1b of 13-2b in. Dat heb ik veranderd. Die schakelaars doen bij mij geen dienst meer. De variabele oscillator is een Hartley-

schakeling. De totale oscillatorschakeling wordt in de oude boeken van Gorter, Corver en consorten als de ECO-schakeling (Electron Coupled Oscillator) genoemd; het uitgangssignaal op de anode is elektronisch gekoppeld aan de oscillatorschakeling die gevormd wordt door de kring, de kathode, het eerste rooster en het schermrooster van de buis. Het schermrooster fungeert als anode voor de oscillator en is voor hoge frequenties geaard via een forse ontkoppelcondensator ("geaarde anode"-schakeling) en zorgt als het ware voor afscherming naar de rest van de buis. Van de ECO-oscillator is al vroeg bekend dat de belastingsvariatie op de (echte) anode de oscillatorfrequentie weinig beïnvloedt. Een ingebouwde buffer dus!

Bekijk de schakeling maar eens rustig. De anodeweerstand van de oscillator is erg hoog (56 kΩ) vandaar die vele harmonischen.

De ombouw van de BC211

De mengbuis gebruiken we niet. Sloop die er maar uit met kristal en al. Laat de gloeidraadaansluitingen nog maar even zitten. We zullen straks zien of we er toch iets mee doen.

De aansluiting van de "antenne" met die twee kleine condensatorpjes en twee weerstanden kan er uit.

De anode van de roosterstroomdetectorbuis verbinden we aan de spoel (30) van 450 H (die ik vervangen heb door de primaire wikkeling van een uitgangstrafo), in plaats van de anode van de mengbuis. De roosterlekweerstand vergrotten we van 150 kΩ naar 1 MΩ! De aftakking voor de kathode op de spoel ligt eigenlijk "te hoog" zodat de buis nogal makkelijk oscilleert. De tap zouden we kunnen verleggen maar dat is nogal een klus. Bovendien krijg je de spoel

nooit meer zo mooi als hij was. Het alternatief is een weerstand tussen kathode en de tap op de spoel zoals bij een Q-multiplier. Bovendien moet de kathode voor gelijkstroom aan aarde blijven liggen anders werkt de roosterstroomdetector niet meer, dus: Er moet van kathode naar aarde een HF-smoor spoel en van de kathode naar de tap een weerstand waarvan we de waarde nog niet weten. Bij mij ging de ECO-buis net oscilleren bij ongeveer 2 kΩ. Ik heb die weerstand instelbaar gemaakt met een potentiometer van 5 kΩ. Hij zit op de plaats van C2 (de correctiecondensator van de frequentiemeter) met een verlengas door het front. De aansluitingen tussen kathode, potmeter en tap blijven dan redelijk kort. In feite hebben we zodoende een Q-multiplier gemaakt. De ontvanger werkt het beste op het randje van genereren. Dat kunnen we instellen met de genoemde weerstand of met de schermroosterspanning. Ik merkte dat de instelbare "kathode-tap-weerstand" heel goed werkt en heb de schermroosterspanning vast ingesteld op ongeveer 100 volt met een weerstand van 100 kΩ naar de plus. Het enige dat overblijft is de antennekoppeling aan de kring. Dat kan op vele manieren. Ik heb er twee geprobeerd.

– Een heel klein koppelcondensatorpje aan de top van de kring. Dat condensatorpje werd gemaakt door een draadje een stuk of vijf keer om de draad tussen afstemcondensator en spoel te slaan. Dat werkte goed vooral bij korte antennes. Er is echter een nadeel: de gevoeligheid neemt af bij het indraaien van de afstemcondensator. Logisch natuurlijk.

– Een koppelwikkeling van twee wikkelingen aan de koude kant van de kring. Met een lange antenne werd de gevoeligheid groter en de gevoeligheid bleef veel gelijkmatiger over het hele afstembereik.

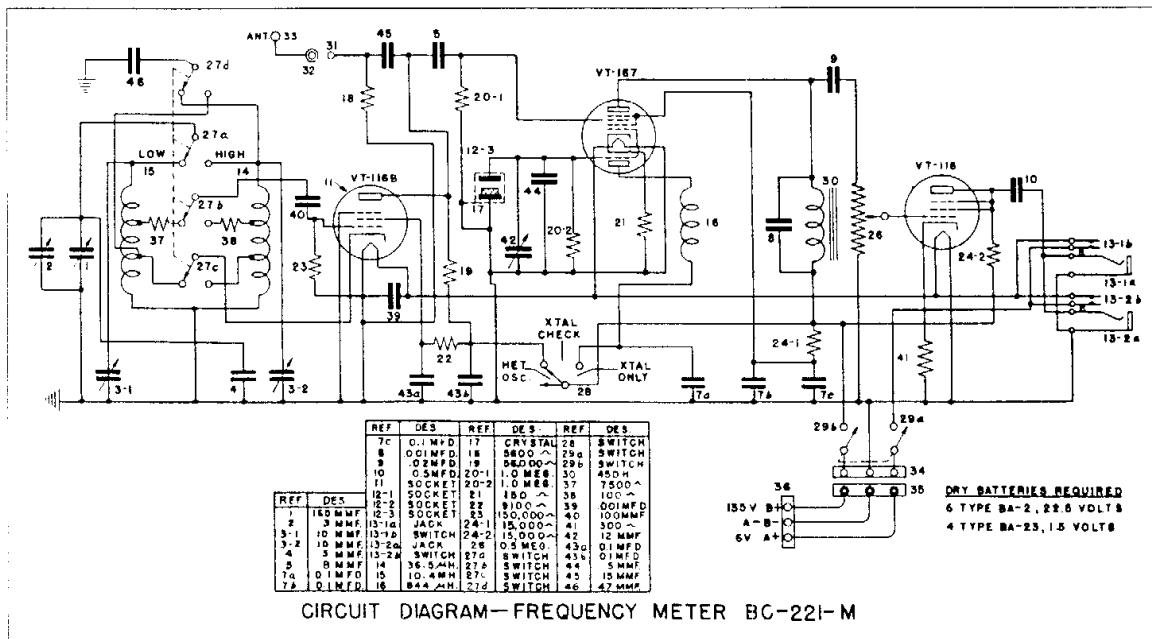


Fig. 2. Het schema van de oorspronkelijke BC221.

Heb je het ook doet de antenne zal de oscillatorfrequentie en dus de ontvangstfrequentie, beïnvloeden. Als je de antenneleiding beelptak verstemt de ontvanger dus. Ik dacht dat even te verhelpen door er een kathodevolger voor te zetten. In de voet van de mengbuis stak ik een buis met het eerste rooster aan de topaansluiting zodat de draad tussen antenne-ingang en buis klein bleef. Ik vond nog een VR56 (EF36) die aan de eisen voldeed. Daar maakte ik de kathodevolger van. De meeste aansluitingen op de voet konden zelfs blijven zitten. Ik zal de lezer de rest van de opbouw van deze kathodevolger besparen omdat de resultaten desastreus waren. Zelfs een kathodevolger kan er niet tegen zonder preselectie aan een antenne gehangen te worden. Het resultaat was één en al intermodulatie!!! Kennelijk is de 0V1-ontvanger zo goed van kwaliteit door de zeer effectieve preselectie, bewerkstelligd door de positieve terugkoppeling.

Andere buizen

De buizen in de BC221 zijn niet van de steilste soort. De 6SJ7 is 1,65 mA/V volgens mijn bijna 40 jaar oude "MK buizenhandboek". Er zijn twee buizen met dezelfde pen-aansluitingen die duidelijk steiler zijn: de 6AC7 met 9 mA/V en de 6SH7 met 5 mA/V. Voor de laagfrequent "eindbuis" komen die zeker in aanmerking al zullen dan de anode- en kathodeweerstand aangepast moeten worden. Een elco over de kathodeweerstand (300 Ω) zal de versterking nog

iets vergroten. Bij de roosterstroombetector moeten we oppassen. De 450 H spoel is natuurlijk volgewikkeld met "apehaar" en heeft een gelijkstroomweerstand van 5 kΩ. Er mag maar ongeveer 1 mA door lopen, althans dat staat er op. Als we daar een steile buis aan hangen dan gaat er veel meer stroom door en zou hij, behalve warm worden, wel eens in verzadiging kunnen raken. Ik heb hem vervangen door een oud uitgangstransformatortje van een radio. Daar mag heel wat meer stroom door. De secundaire (luidspreker) wikkeling laten we gewoon los hangen. De zelfinductie is veel lager dan 450 H maar dat is niet erg. De frequentiekaracteristiek van de BC221 als golfmeter moest zeer ver doorlopen in het laag om "zero beat" goed te kunnen horen. Dat interesseert ons niet meer. Een oude smoorspoel is natuurlijk ook goed op die plaats.

Ik heb de ontvanger geprobeerd met 6SH7's. Die dingen bleken zo microfonisch dat ze totaal onbruikbaar zijn. De 6AC7 heb ik niet, dus is die niet geprobeerd. De oorspronkelijke buizen doen het nog het beste. De volumeregelaar is geen overbodige luxe (Jan, PAoDOG)!

Voedingsspanning

De gloeidraden worden gewoon met 6.3 V wisselspanning gevoed. De BC221 was ontworpen voor 135 V "hoogspanning". De blokcondensatoren mogen dan ook niet meer hebben dan 200 volt. Ik had nog een

keurige geregeerde voeding staan waar 180 volt uit komt dus heb ik die ingebouwd in het batterijencompartiment.

Koptelefoon

De bij de BC221 meegeleverde koptelefoon doet het goed, doch ik kan dat ding niet lang op mijn hoofd houden. Ik vind het een onding. Vooral dat zware onwillige snoer verveelt me. De koptelefoon zelf is laagohmig. In het snoer zit "een knobbel". Dat is een trafootje dat de telefoon hoogohmig maakt en kan wellicht gebruikt worden wanneer je geen hoogohmige koptelefoon hebt. Ik luister naar de ontvanger met een ouderwetse hoogohmige (2000 Ω) koptelefoon. Een hoogohmige Senheiser doet het trouwens ook goed. Om de oren en de koptelefoon te sparen heb ik twee dioden antiparallel over de uitgang gezet. Er zou een luidspreker aan kunnen maar dan moet de "eindbuis" vervangen worden door een echte eindpenthode met uitgangstrafo.

Resultaten

Fred, PAoMER, heeft niets te veel gezegd. Het is verbazingwekkend hoe goed zo'n simpel ontvangerje als een 0V1 werkt! Je hoort er werkelijk alles op. Door de hoge Q van de kring in de net wel (SSB-ontvangst) of net niet (AM-ontvangst) oscillerende Q-multiplier is de versterking zo groot dat de gevoeligheid onwaarschijnlijk groot is. Van intermodulatie heb je geen last zolang je er maar niet "iets voor zet". Bij een roos-

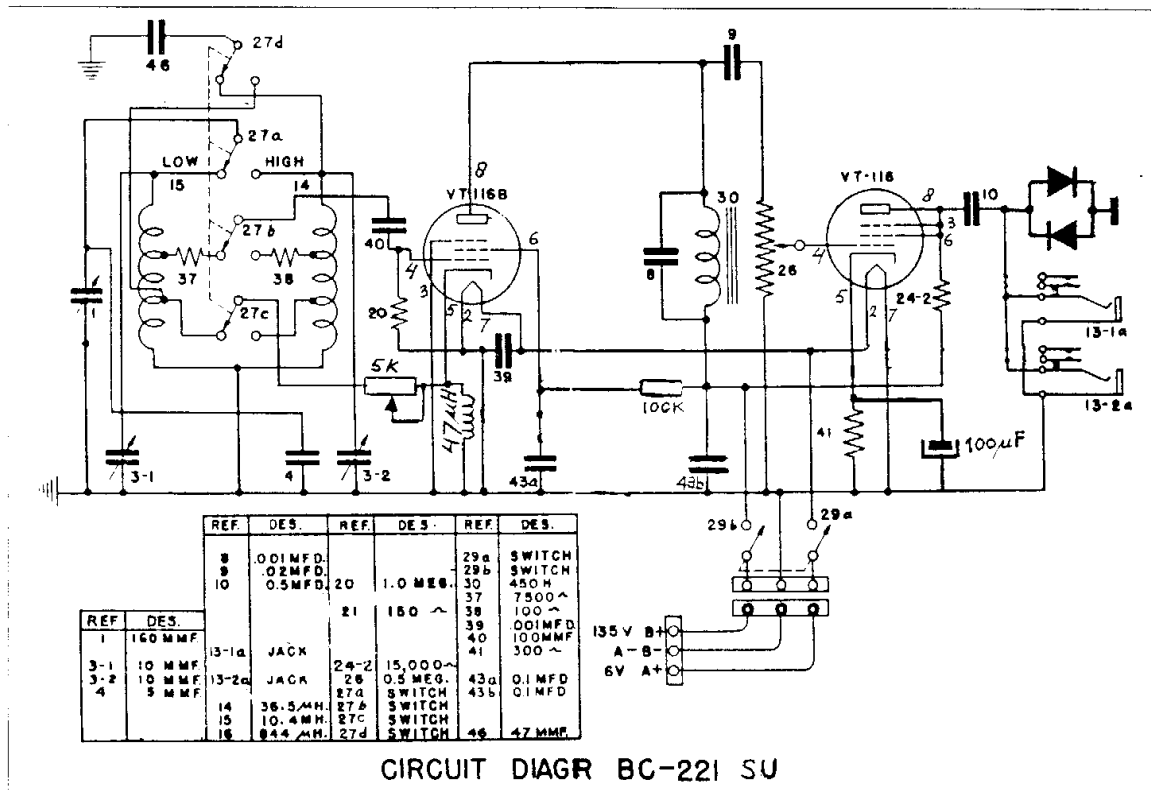


Fig. 3. Het schema van de rechtuitontvanger zoals die van een BC221 is gemaakt. In de tekst wordt uitgelegd hoe dat moet.

roosterstroomdetector met terugkoppeling, zoals in ons geval, is de bandbreedte aan het begin meteen zo klein dat er geen andere signalen dan het gewenste signaal doorgelaten worden.

De bediening blijft betrekkelijk eenvoudig. De instelling van de terugkoppeling beïnvloedt de afstemming wel natuurlijk, maar in de praktijk gebruik je zo'n klein deel van de terugkoppelinstelling dat dat binnen de 200 Hz blijft. Met twee handen aan de knoppen (afstemming en terugkoppeling) is de zaak na enige oefening probleemloos in te stellen op een SSB-signaal. Een keer goed ingesteld hoeft je, voor verstemmingen binnen een aantal tientallen kilohertz, de terugkoppeling niet aan te raken zodat het op een "echte" ontvanger gaat lijken.

De stabiliteit van de BC221-ontvanger is natuurlijk zeer goed. Mijn keuze was daar

niet voor niets op gevallen. Je kunt gerust een half uur naar een QSO luisteren zonder aan de knoppen te hoeven komen. Als er al verstemd moet worden is dat vaker omdat de deelnemers van het QSO niet op dezelfde frequentie zitten.

Op de "lage band" (125 – 250 kHz) heb ik geen signalen kunnen ontvangen. De roosterstroomdetector oscilleert wel maar wat voor antenne ik er ook aan hing, er wilde geen signaal uit komen. Ik heb dat maar zo gelaten maar ben best benieuwd of dat anderen wel lukt.

Met C8 van 10 nF over de spoel (luidsprekertrafootje) in de anode van de roosterstroomdetector klonk de ontvanger op mijn koptelefoon een beetje dof. Ik heb die condensator verkleind naar 470 pF.

Toen ik er een versterker achter plaatste

om op een luidspreker te luisteren vond ik hem weer te scherp, dus enig experiment is hier op zijn plaats.

Het menselijk gehoor heeft een dynamiek van 120 dB. Als er geen vervorming optreedt is een verschil tussen de hardste en de zachtste signalen van 50 dB best om aan te horen. Onze ontvanger heeft geen AVC, dus krijg je de volle dynamiek te verwerken. Op een luidspreker is dat uitgesloten omdat de eindversterker dan vele tientallen watts moet kunnen leveren. Op de koptelefoon gaat dat echter heel lang goed. Die heeft maar weinig vermogen nodig om veel herrie te kunnen veroorzaken, zeker als het zo'n gevoelig 2000 Ω -ding van weleer is. De volumeregelaar doet de rest.

*Veel plezier gewenst en 73,
Herbert*