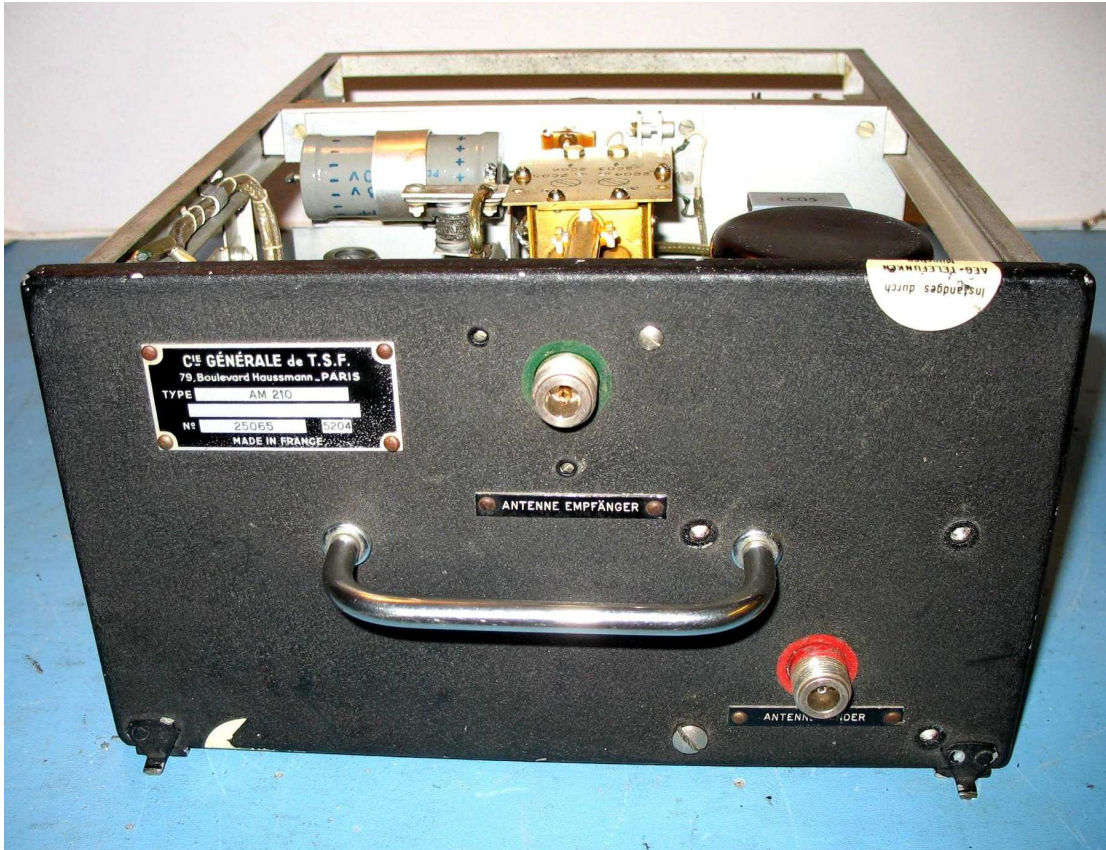


Radio Altimeter AM 210



FMCW radio altimeter approx. 1956
Made by C.S.F in Paris
For the French and German airforce

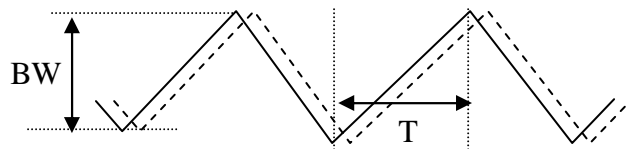
Reverse engineering
Koos Bouwknecht
25 augustus 2009

Theorie

Vliegtuig hoogtemeters volgens het CW-FM principe bestaan uit een zendertje dat een frequentiegemoduleerde draaggolf uitzendt. Die modulatie heeft een zwaai van minstens 20MHz, met een symmetrische driehoek van ca 100 Hz.

De ontvanger ontvangt de echo van de grond via een tweede antenne. Deze heeft nog de frequentie zoals de zender die een paar microseconde eerder uitzond.

Uit het frequentieverschil met de huidige zendfrequentie volgt de hoogte.



Met BW = top-top waarde van de frequentiezwaai

T = duur van de frequentie zwaai (van min naar max),

dF = frequentieverschil tussen ontvangen en uitgezonden frequentie

c = lichtsnelheid ($3 \cdot 10^8$ m/s = 983 feet / μ s)

geeft $2 \times H = c \times dF \times T / BW$

De "2" komt doordat de afgelegde weg het dubbele is van de vlieghoogte H . Er moet nog ca 10m van af worden getrokken omdat ook als het vliegtuig aan de grond staat er nog een looptijd is van de zendantenne in de ene vleugel - via de grond- naar de andere vleugel waar de ontvangantenne zit.

Voorbeeld: $BW = 40\text{MHz}$, $T = 5\text{ms}$, en 533Hz frequentieverschil geeft $H = 10$ meter . Het toestel staat nog aan de grond. Op 3km hoogte is het frequentieverschil 160kHz . Dit is weer erg hoog, zodat voor grotere vlieghoogte de periodeduur T langer wordt gemaakt Moderne hoogtemeters passen de periodeduur zelfs traploos aan, zodat de verschilfrequentie (vrijwel) constant wordt en makkelijker te filteren is.

Met digitale middelen kan het aantal perioden van dF gedurende één modulatie periode T worden geteld., dat zijn $N = dF \times T$ perioden. Ingevuld in bovenstaande formule volgt de vlieghoogte dan uit $H = N \times c / (2 \times BW)$.

De resolutie (één puls meer of minder oftewel $N=1$) .is $H = c / (2 \times BW)$.

Met 40MHz bandbreedte is de resolutie 3.75 meter.

Historie: de APN-1

In 1943 heeft de USAF de eerste hoogtemeter, de APN-1 ontwikkeld, met een 0.1W zendertje dat tussen 420MHz en 460MHz op-en-neer gaat d.m.v. een condensator op een soort luidspreker membraan. De ARN-1 is hieraan gelijk, echter met 2 meetbereiken. De Duitsers hadden een soortgelijk systeem, de FuG101, op 375MHz .

De AM210

Na de oorlog heeft het Franse CSF uit deze twee de **AM210** afgeleid, in het $420\text{--}460\text{MHz}$ bereik, en met een afstem C die door een motortje wordt aangedreven. Er zijn 2 toerentallen voor 2 hoogte bereiken. In het lage bereik is het toerental 4000rpm , en de constructie van de variabele C is zodanig dat er $4 \times T$ wordt gemaakt in één omwenteling, dus $T = 3.75\text{ms}$ In dit bereik kan 6 tot 700m gemeten worden.. In het hoge bereik is het toerental $5 \times$ lager, en het meetbereik dus $5 \times$ groter. Een centrifugaal contact regelt het toerental.

De I_f versterker in de AM210 mag de modulatie frequentie van 133Hz niet versterken, en ook niet de toerenvariaties door het schakelen van het centrifugaal contact. Er zit dan ook een scherp filter in dat alles onder 500Hz blokkeert. Gelukkig hoeft er ook niet lager gemeten te worden,

omdat het vliegtuig dan aan de grond staat. De doorlaatband gaat (met oplopende versterking) van $F = 500\text{Hz}$ tot 50 kHz . Hoe hoger het vliegtuig, hoe groter het frequentieverschil, maar ook hoe zwakker de echo, vandaar de oplopende frequentie karakteristiek.. Hierna komt een limiter, zodat er een blok overblijft. De frequentie hiervan geeft de vlieghoogte, tenminste als het motortje een constant en bekend toerental had.

In de AM210 wordt dit toerental door een centrifugaal contact bepaald, zodat de hoogte meting niet erg nauwkeurig is.

De frequentie wordt in twee F-naar-V omzeters naar een gelijkstroom omgezet. De ene is voor een analoge meter als indicator, de andere wordt met een ingestelde vlieghoogte vergeleken en stuurt de te laag / goed / te hoog lampjes en/of de autopilot.

Specificaties

Meetbereiken

2 ranges, remote switch selectable
0 – 2000 ft
100 – 10000 ft

Zender

420 – 460 MHz, +24dBm (0.3W)
Harmonischen < -30dB (0.3mW)

Ontvanger

Gevoeligheid -30 dBm op 500 ft , -74 dBm op 8000 ft

Uitgangen

Indicator (draaispoelmeter 5mA, $2\text{k}\Omega$ max)
Lampjes te laag / goed / te hoog t.o.v ingestelde hoogte op potmeter
Bereik potmeter 0 – 1000 ft of 0-5000 ft

Voeding

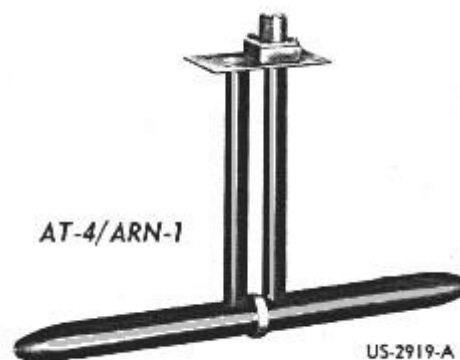
27Vdc, 4.3 A

Afmeting

15.5 x 26.5 x 33 cm

Gewicht

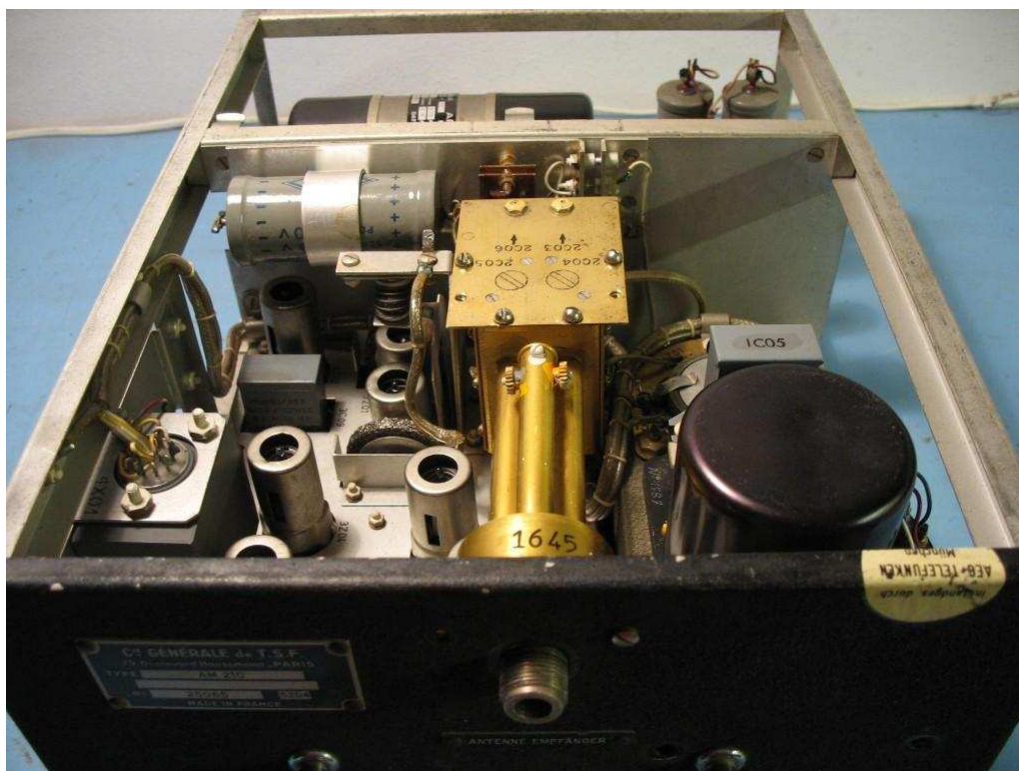
8.2 kg



Toebehoren:

2 antennes, één onder elke vleugel waarschijnlijk de AT-4 /ARN-1
Indicator, zoals de ID-14 /ARN-1 maar dan met andere schaal
Altitude limit switch zoals de SA-1 /APN-1 met drie indicatie lampen
Er zal ook een mount bij gehoord hebben met de speciale 15 polige stekker.

Opbouw



Zender

Rechts in de bak zit de zender, bestaande uit een enkele triode TAM10 in een lecher systeem op 440MHz. De frequentie wordt gesweept met een motor aangedreven condensator. De motor met toerental stabilisatie zit in de zwarte ronde doos rechtsvoor.

Ontvanger

De ontvanger begint met het gouden gedeelte in het midden. De gouden pijpen zijn het ingangsfILTER op 430MHz, daarachter in het vierkante gouden doosje zit de balans mixer met 2x 1N21B, die het ontvangen signaal mengt met de uitgezonden frequentie. Aangezien de zendfrequentie constant op,- en neer gaat, wordt steeds een iets andere frequentie ontvangen dan nu wordt uitgezonden. De balansmixer produceert dan ook een laagfrequent signaal, dat in de buizen links wordt versterkt. Aan de uitgang zitten twee frequentie-naar-(dc)stroom omzeters, de ene voor een analoge meter, de ander voor de autopilot.

Voeding

De hoogtemeter wordt gevoed met 27Vdc, 4.3A (120W). Hiermee worden de gloeidraden, de modulatiemotor, en de roterende omvormer achterin de bak gevoed die de hoogspanning voor de buizen maakt.

Interface

Achterop de bak zit een 15-polige plug als verbinding met een mount.

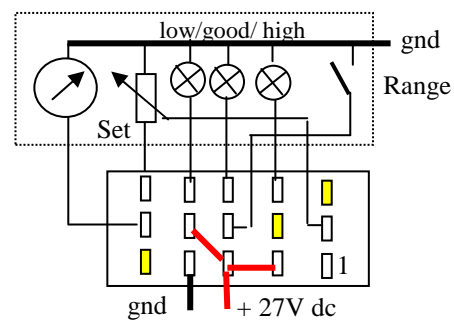
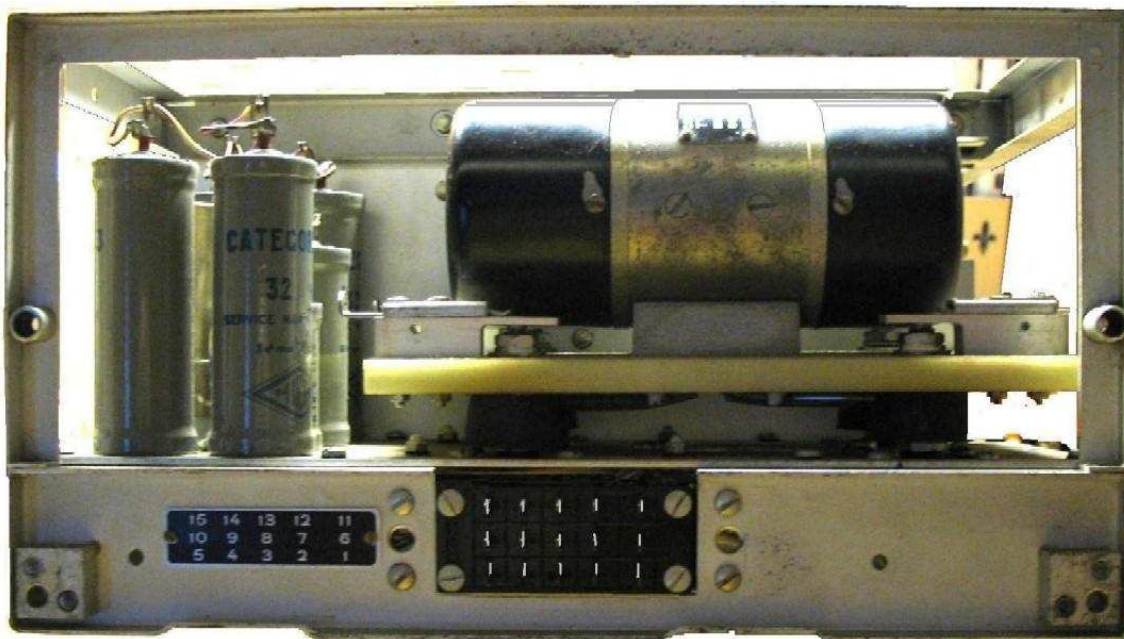
Toebehoren



Bij de hoogtemeter hoort een indicator die in 2 bereiken de vlieghoogte toont, vermoedelijk zijn deze bereiken 0-2000 voet en 0-10000 voet. De minimale hoogte per bereik is 1% van het meetbereik.

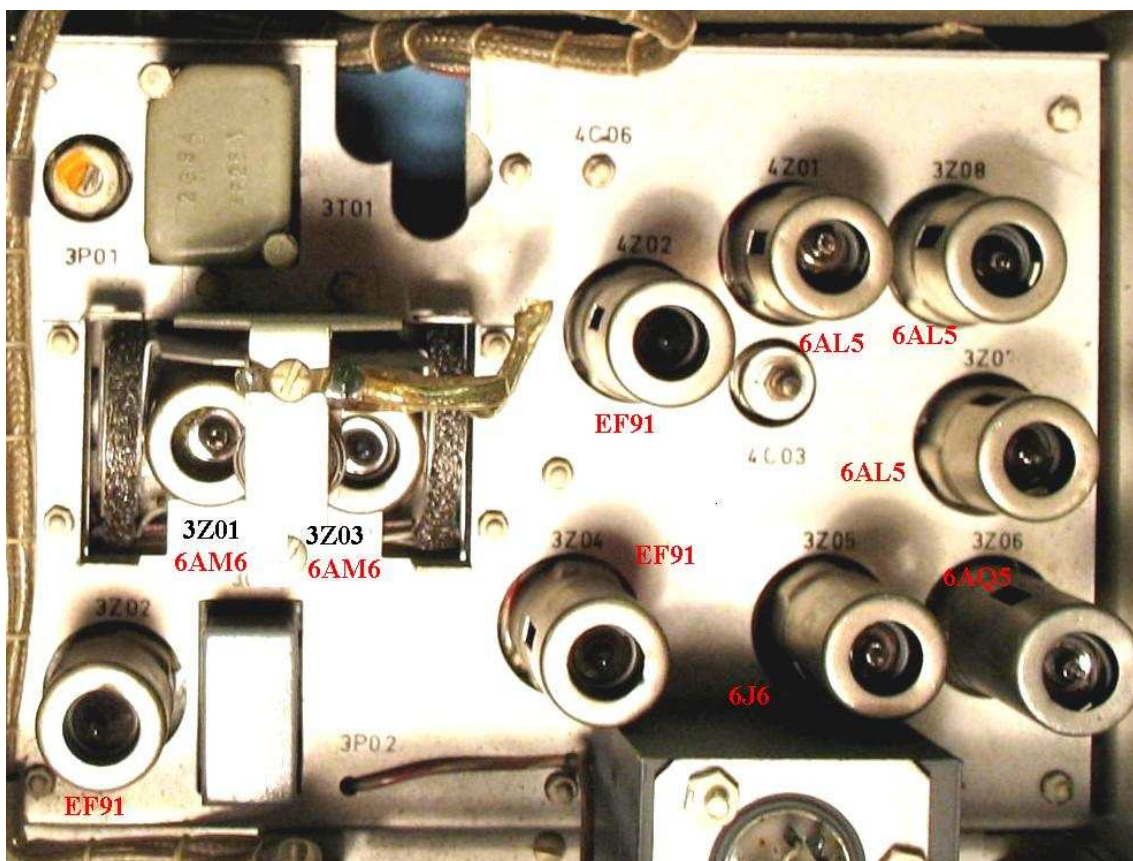
Mogelijk waren de bereiken zoals de APN-1 had, namelijk 0-400 voet en 0-4000 voet, hoewel de centrifugaal kontakten dan wel erg veel verlopen zijn.

Aansluitingen



Yellow:
Not used pins

Tube line up



De AM210 bevat 12 buizen

Aantal	Opdruk	JAN nr	Omschrijving
1	TAM10		UHF power triode (=LD2)
2	6AM6	6064	EF91 version with low microphone effect
3	EF91		pentode
3	6AL5	5726	double diode
1	6J6		double triode with common cathode
1	6AQ5		beam-power tetrode
1	0A2		150V stabiliser

3Z08 is equal to 5726, 4Z01 and 3Z07 are equivalent to 6AL5

Heater current

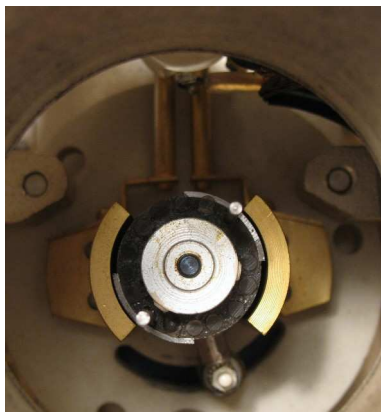
TAM10 : 0.18A @ 12.6V

6AM6, EF91 and 6AL5 : 0.3A @ 6.3V

6AQ5, 6J6 : 0.45A @ 6.3V (in serie, via 28Ω)

The used series/parallel arrangement requires a total heater input of 1.23A at 27Vdc

Detail beschrijving componenten

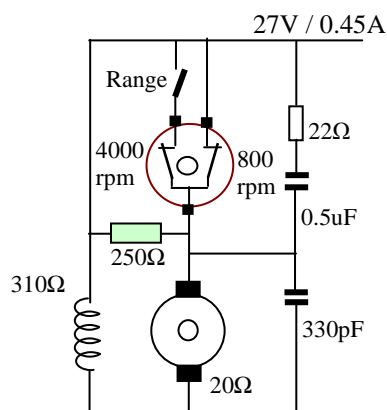


Frequency modulation

The transmitter is a single triode on 440MHz., FM modulated by a rotary capacitor (Rotco) , see photo.

The shape of the rotco makes for a triangular frequency deviation between 420MHz and 460MHz, with two complete triangle cycles (=4T) per revolution. At 4000 rpm one revolution takes 15ms, and the frequency changes 4 times per revolution with 40MHz per 3.75ms.

The rotco is driven by a dc motor with on the shaft two centrifugal contacts on a rotating disc, connected via sliprings and brushes. Both contacts are closed at rest , one opens at 800 rpm, the other at 4000 rpm.



The centrifugal contact interrupts the rotor circuit thus providing for a constant speed when the supply voltage is at least 15Vdc, and the contact gap stays constant over time.

A switch in the cockpit (probably on the altimeter) selects one of the FM motor speeds. This sets the altimeter range, probably up to 2000 feet (660m) or 10000 feet (3300 m). The high speed corresponds to the low altitude range (switch closed)

The accuracy of the complete altimeter depends on the speed of the FM motor. Burning-in of the contacts, aging of the spring, and temperature all affect the speed, and thus the calibration. This method probably required a lot of maintenance.

Measurements

Ik heb de contacten licht geschuurd, anders draait ie helemaal niet.

Voeding met 25Vdc via de hoofdplug. Verbruik inclusief de 80mA voor de veldwikkeling.

Toerental met een stroboscoop gemeten.

Lage toerental: **773 rpm** verbruik 0.40A average, chop frequentie gemiddeld 600 Hz

Hoge toerental **3960 rpm** verbruik 0.48A average, chop frequentie gemiddeld 1000 Hz

Bij het hoge toerental draait de motor regelmatig. Bij het lage toerental wat schokkerig.

Toerental wordt constant boven 15Vdc op de hoofdplug.

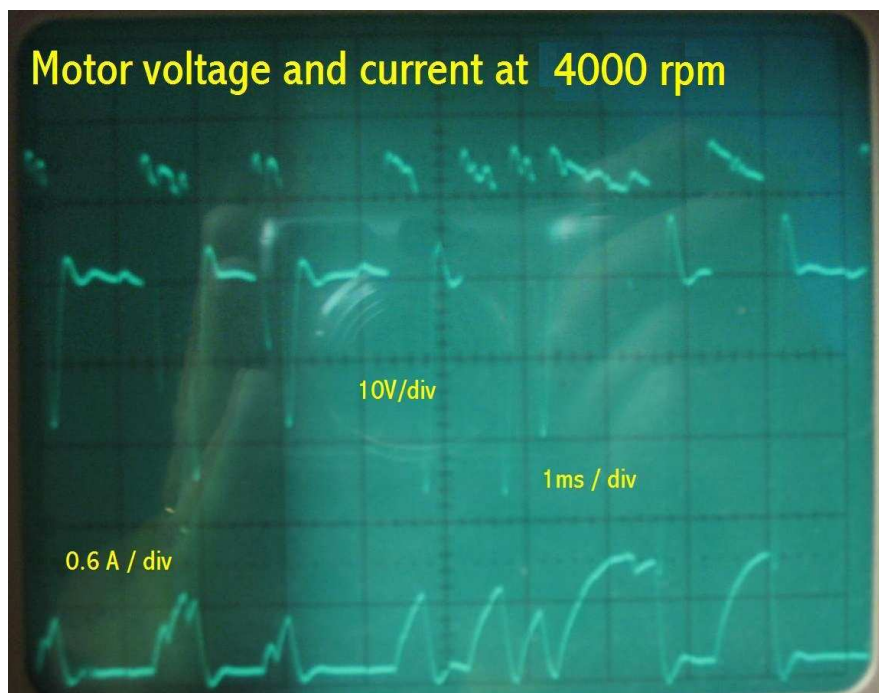
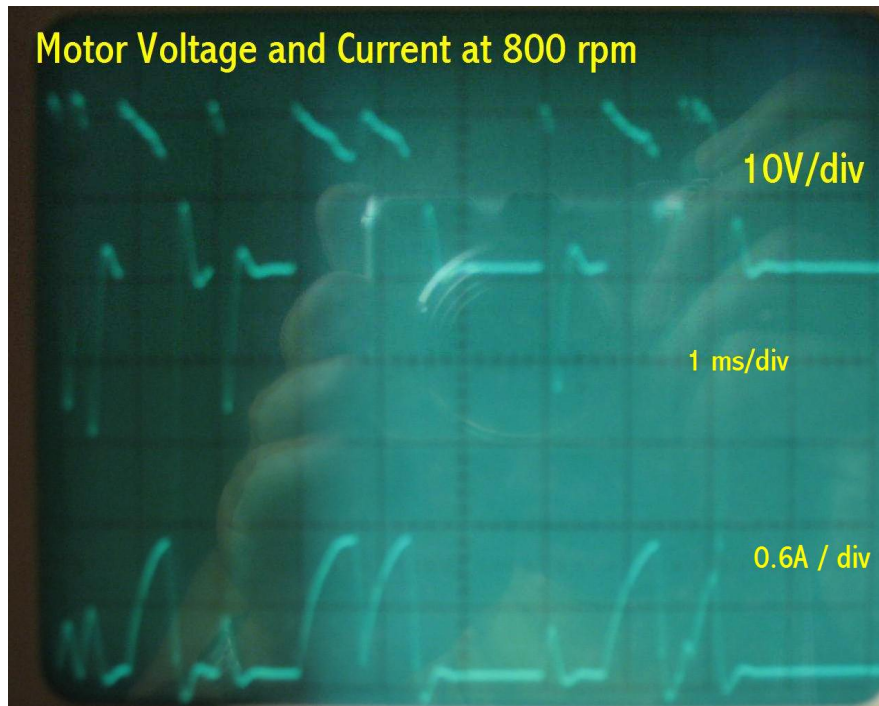
De veldwikkeling van de motor is permanent op 27V aangesloten en neemt 80mA. De ankerstroom maakt pulsen tot ruim 1A, gemiddeld 0.4 A resp. 0.48A

Motorspanning en stroom.

De ankerspanning en stroom bij een voedingsspanning van 23Vdc vertoont op beide toerentallen dezelfde korte pulsen, in stroom tot ruim 1A, alleen bij 4000 rpm zijn er wat meer, waardoor ook de gemiddelde stroom wat hoger is.

Verrassend is dat voor het 5x hogere toerental maar 20% méér stroom nodig is.

Telkens als het centrifugaal contact opent, is er een negatieve piek tot -90V op de spanning. Op datzelfde moment is er even negatieve stroom door het reeds openend contact.



De frequentie van openen/sluiten is ca 10 schakelingen per 10ms, dus gemiddeld 1 kHz bij 4000 rpm. Bij 800 rpm gemiddeld 600Hz zou je zeggen.

Voeding

De hoogtemeter wordt gevoed met 27Vdc, 4.3A (120W), dat is:

- 1.22A (33W) voor de gloeidraden,
- 2.5A (67W) voor de dynamotor naar 280Vdc als anodespanning voor de buizen,
- 0.45A (13W) voor de motor die de frequentiemodulatie van de zender maakt.

Dynamotor

De nullast ingangsstroom van de Dynamotor is 1.05A bij elke ingangsspanning.

Bij 22.5Vdc input wordt 300Vdc output onbelast bereikt.

Bij 22.5Vdc input wordt 242Vdc output bereikt met 90mA belasting. ($R_i=640\Omega$)

27V x 2.78A input geeft 283V x 128mA, dat is 48% rendement ...

Typeplaatje: IN 27V dc / 3.75A (101 W)

OUT 280Vdc / 0.15A (42 W)

De dynamotor levert 280V aan :

- De zender : 35mA ; (40V spanningsval over 1k1)
- De stabilisatie op 150V : (250V-150V) / 5k = 20 mA
- Overige electronica : 25 mA
- relais : 12mA

Op tafel voedt ik **niet** met de dynamotor, maar met een 250V= delta voeding, die zonder zender of relais 45 mA levert. Plus zender en relais (indien bekrachtigd) totaal 95mA.

De elco's zijn 1 uur geformeerd op 140V, en daarna 8 uur op 250Vdc zonder problemen. De lekstroom daalde van 10mA naar < 1mA voor 4 x 32uF parallel, zonder buizen, ook geen 0A2 !

De 0A2 ontsteekt al bij 154V. Je zou haast zeggen dat er een radioactief gas in zit. De 0A2 voorkomt ook dat de nullast spanning naar 360V gaat voordat de gloeidraden warm zijn.

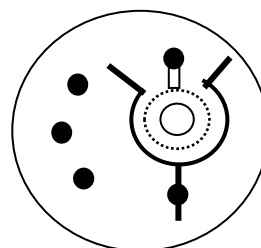
De gestabiliseerde 150V kan 1.5mA leveren aan de externe "set altitude" potmeter.

Zender



De triode is een TAM10 van CSF, vrijwel gelijk aan de Wehrmacht buis LD2

De constructie is curieus. Het rooster is niet zoals gebruikelijk op twee pennen gewikkeld, maar op slechts één pen.



De kathode-anode afstand is rondom gelijk, dus er is maar één looptijd. De anode omvat over 270 graden de kathode en het stuurrooster.

Met 3 koelvinnen mag de anode dissipatie 10W zijn. In de AM210 dissipeert de anode 35mA x 200V = 7.5W. De schakeling oscilleert al vanaf 40V voedingsspanning.

De 2e en 3e harmonische zijn 30dB down (0.1% vermogen)

De uitkoppeling naar de antenne is een draaibare lus,

waarvan het "koude" eind niet geaard is, maar op een stukje coax is aangesloten.

Metingen aan de zender:

Vermogen De zender wordt belast met een -6dB verzwakker als dummy load, waarachter een 20dB verzwakker naar de spectrum analyser Tektronix 2712. Deze meet -2 dBm, dus het vermogen was + 24 dBm oftewel 0.25W. Dit wordt bevestigd door een normaal brandend 6V/50mA achterlichtje.

De frequentie loopt tussen 419 en 458.5 MHz op en neer, vrijwel in spec dus.

Dit is gemeten met de motor op de zender, echter zonder kap, zodat het wiel met de hand gedraaid kan worden om de grenzen van de frequentie op te zoeken.

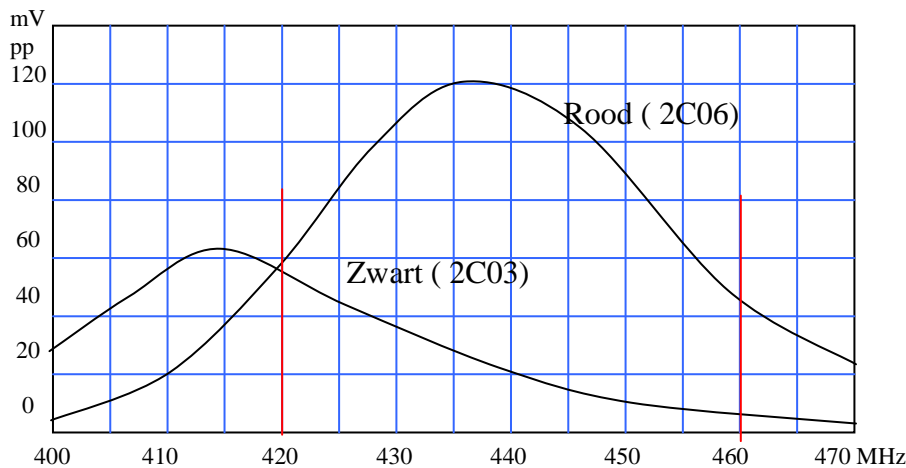
Ontvanger (UHF deel)

Het UHF deel bestaat uit een afgestemde kring, en een balans mixer. Elke tak begint met een coaxiale afgestemde aanpassing van de antenne impedantie naar de diode impedantie.

Achter de balans mixer zit een (1+1):14 x LF trafo die het signaal omhoog transformeert.

Proef 1: Zonder local oscillator signaal uit de zender.

Een RF bron stuurt de antenne ingang (N connector) met een 80% AM gemoduleerd signaal met sterkte -6dBm (110mV). De rode en zwarte draad uit de balans detector werden elk met 390Ω naar gouden huis belast, de top-top (400Hz) spanning over elke weerstand wordt gemeten op een oscilloscoop.



De rode uitgang lijkt goed afgestemd (436MHz), de zwarte niet. De Q van de gouden lechersystemen is $10\times$, door de demping van de diodes ?

Proef 2: met werkende zender, belast met achterlichtje.

De zender werkt met B+ op 250V , dat is ca $200\text{V} / 35\text{mA}$ naar de TAM10. De zender staat ergens tussen 420 en 460MHz , ongemoduleerd. Ontvanger ingang open.

Afhankelijk van de -toevallige- zendfrequentie komt uit beide 1N21B mixerdiodes min 60mV dc naar de LF trafo. Elk belast met een halve potmeter $=250\Omega$ is de **diodestroom** 0.25mA , vrij normaal voor deze diodes.

Vervolgens wordt een RF signaal van -60dBm uit een stabiele RF bron op de ingang gezet.

De spectrum analyser meet de zend frequentie, en de meetzender maakt een frequentie die 10kHz hoger is. (kleinste stapje 10kHz) De mixer wordt nu ook echt als mixer gebruikt. Het frequentieverschil wordt gemeten achter de LF versterker.

Dit werkt goed, de zender is zeer stabiel en verloopt minder dan 20kHz tijdens het opwarmen ! Het signaal op de ontvanger ingang kan **tot -74dBm** verlaagd worden bij $dF=10\text{kHz}$ voordat de meetuitgang instabiel wordt door de ruis. Bij groter of kleiner frequentieverschil is meer signaal nodig.

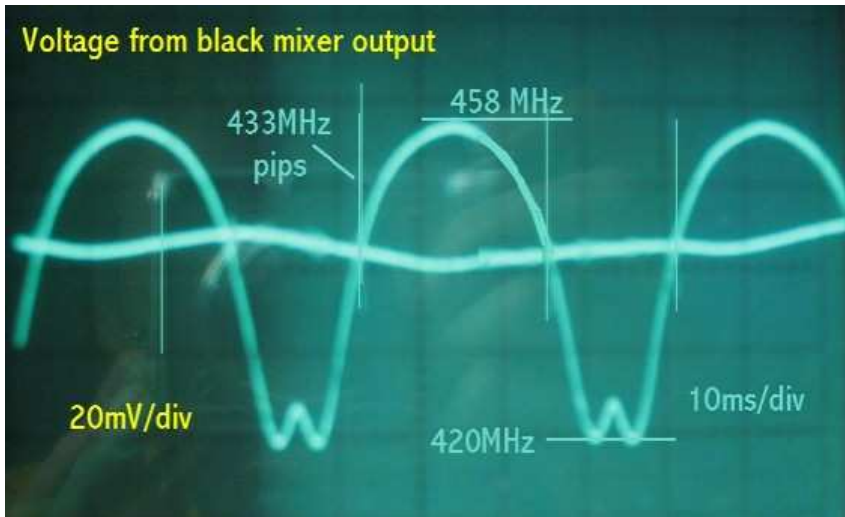
De ruis uit de LF versterker komt grotendeel uit de mixer. Met kortgesloten LF ingangstrafo is er veel minder ruis.

Bij -74dBm , $dF=20\text{kHz}$ is er nog 10Vpp op de anode van de 3e EF91.

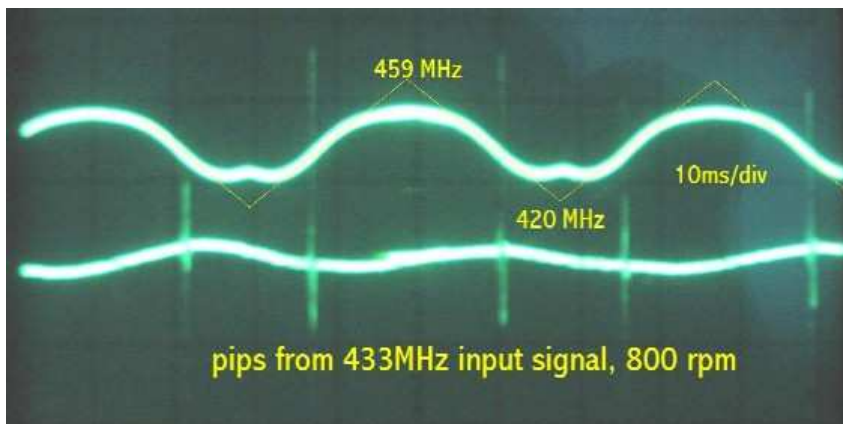
Proef 3 met werkende, FM-gemoduleerde zender.

De modulatiefrequentie is duidelijk zichtbaar op de ingangen van de LF trafo. Op het bovenste spoor is de spanning van de "zwarte" mixer uitgang t.o.v. aarde geschreven. De nullijn ligt langs de bovenkant van de plot. Bij 458MHz is de spanning (en diodestroom) het laagst, net voor 420MHz het hoogst, wat ook al uit proef 1 bleek, hoewel daar de RF op de antenne ingang werd aangeboden, en hier via het lusje in de zender. Bij de minimumfrequentie van 420MHz neemt het mixersignaal al weer af, we zijn voorbij de resonantie.

Bij deze proef werd ook een constant signaal op de antenne ingang gezet van -45dBm , zodat er interferenties (pips) optreden als beide frequenties (even) gelijk zijn.



Op het tweede kanaal is de uitgang van de versterker geschreven. (anode 2e EF91) Telkens als de zend frequentie de ontvang frequentie passeert, is er een pip te zien. Ondanks het lage toerental is de FM modulatie te snel om altijd de pip te krijgen.



Op deze foto zijn de pips wat beter te zien.

De FM modulatie is 133Hz in het lage-, of 27Hz in het hoge bereik.

Zo kun je ook het toerental meten.

Op beide foto's is het bovenste kanaal de spanning uit één mixer helft. Aannemend dat de frequentie driehoek-vormig verloopt, zie je hier mooi de resonantiecurve van de balansmixer. Op de secundaire van de LF ingangstrafo zie je niets terug van dit 133Hz of 27Hz signaal als de balans potmeter goed is afgeregeld.

Er zijn 6 afregelpunten die deze golfvorm vermoedelijk alle beïnvloeden: Vier trimmers rond de mixer diodes, de lengte van de lecherlijn op de ingang, en de stand van de balans potmeter.

LF versterker

De versterker bestaat uit 3 x EF91. Er is een soort automatische gain regeling. De frequentie karakteristiek is duidelijk oplopend, theoretisch met het kwadraat van de frequentie.

Frequentie karakteristiek

Input op beide primaires * van de LF ingangstrafo in serie (500Ω potmeter zit ook nog in serie) voor **10Vpp** aan ingang 6J6. In de laatste kolom staat de overdracht van de F->V converter.

Freq	Input mVpp	Gain	Output pin 10 into 10kΩ
500Hz	340	30	0.476 V
1 kHz	15	670	0.94
2 kHz	6.4	1350	1.80
3 kHz	2.7	3700	
5 kHz	0.6	17000	4.47
10 kHz	0.2	50000	8.77
30 kHz	0.15	65000	19.4
50 kHz	0.15	65000	22.5
70 kHz	0.2	50000	23
100kHz	0.6	17000	-

*) Bij sturing op de secundaire is de gain ca 3x lager.. De trafo is (1+1): 14 gewikkeld, dus je zou 7x lager verwachten, maar bij sturing op de secundaire zit er geen 500Ω meer in serie met de toongenerator.

De gain zou theoretisch met het kwadraat van de frequentie (=hoogte) moeten toenemen. Dit lukt ruim tussen 2 en 10 kHz, waar de gain zelfs 37x toeneemt.

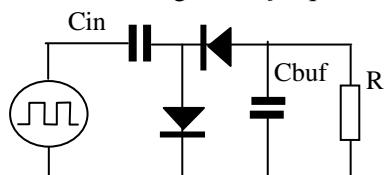
De F->V converter levert netjes 0.09 mA/kHz tot ca 12kHz, daarboven begint het verloop af te vlakken., en wordt bijna constant boven 40kHz. Dit is met 10kΩ belasting. Vermoedelijk is de echte indicator < 5k, waardoor het bereik langer lineair blijft.

Limitier

Achter de versterker zit een trap met 3Vpp hysteresis wegens de gemeenschappelijke kathode weerstand voor beide triodes.. Zolang het ingangssignaal kleiner is dan deze hysteresis is er geen output, maar gaat de 6J6 oscilleren. Kan ook door de ruis komen, die is ook wel 3Vpp. Bij meer dan 5Vpp input wordt een blokspanning gemaakt van het sinusvormige signaal uit de versterker. Deze blokspanning wordt via een (zware) kathodevolger aan de F naar V omzetter toegevoerd.

F -> V omzetter

Deze schakeling zet de *frequentie* van de blokspanning om in een gelijkstroom.



Elke opgaande flank van de blokspanning laadt C_{in} tot de blokamplitude E . waardoor er een lading $Q = C_{in} \times E$ (coulomb) in de condensator komt.

Elke neergaande flank ontladde deze condensator in het uitgangscircuit, wat F keer per seconde gebeurt. Er

wordt $C_{in} \times E \times F$ (coulomb) per seconde afgegeven. Coulombs-per-seconde zijn (milli) amperes, die direct gemeten kan worden met een draaispoelmeter.

In de AM210 is de blokamplitude $E = 80V_{pp}$, en C_{in} is 1150pF. Bij 10kHz geeft dit een uitgangsstroom van 0.9mA. De belasting bestaat uit een **270° draaispoelmeter van 5mA** om tot 55kHz te kunnen meten met een schaal tot 2000 resp 10000 ft.

Voor een lineaire schaal moet de weerstand R van de meter zo klein zijn dat de uitgangsspanning klein blijft t.o.v. de blokamplitude E , bijvoorbeeld maximaal 5V als $R = 1k\Omega$.

Cbuf is een antieke elco van 500uF/8V (!) die bij 320Hz al 100x laagohmiger is dan R. Dit filtert ook zeer laagfrequente onregelmatigheden wegens de modulatie en terrein reflectie. Echter, het spoeltje met 100Ω koperweerstand in serie met de elco verpest de filtering weer.

De Ri van de blokspannings bron + (vacuum) diodes is 5 kΩ, zodat Cin=1100pF in 5us geladen wordt. De meting is niet meer lineair boven 30kHz omdat "Cin" niet meer geheel tot 80V wordt geladen. De indicator schaal is daarop aangepast.

Het low/good/high relais

Een tweede F-> V omzetter geeft -10uA per kHz, die via 1MΩ naar de potmeter in de indicator loopt. Direct op de detector staat dus -10V/kHz. plus de spanning uit de potmeter.

Het bereik van de potmeter is 0-1000 ft

Als de netto spanning positief is, komt een EF91 daar achter in geleiding, en wordt het relais bekrachtigd, of eigenlijk beide relais, want er zitten er twee in het huisje, met iets verschillende aantrekspanning.

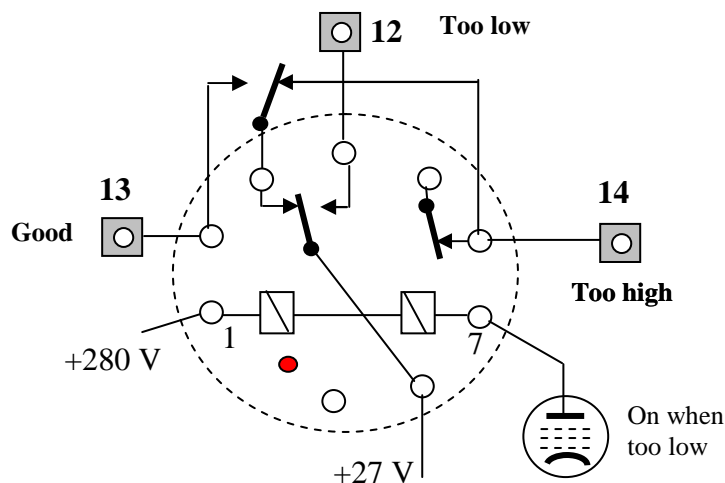
Bij (te) **lage** hoogte wint de potmeter, en zijn beide relais op, waardoor de + 26V op pin 12 komt. Bij de **juiste** vlieghoogte is er maar één bekrachtigd, en komt de +26V op pin 13. Vlieg je te **hoog**, dan vallen beide relais af, en wordt pin 14 aan +26V gelegd. Op pin 12-13-14 zitten lampjes naar nul met de betekenis te laag, goed, en te hoog, zodat de (auto) piloot de goede vlieghoogte kan aanhouden ook zonder naar de indicator te kijken.

Bij opkomen en afvallen zijn duidelijk achter elkaar *twee* tikken te horen. Het relais heeft een totale spoel(en) weerstand van 11kΩ, en werkt op 130Vdc (12mA)

Ik heb de schakelgrenzen klik1 en klik 2 opgemeten bij het opdraaien van de potmeter en bij het terugdraaien ervan (50k potmeter van +150V naar nul, looper aan pin 6, spanning gemeten op looper.

Frequentie	Vlieghoogte*	toenemende spanning		Bij afnemende spanning	
		klik 1	klik2	klik2	klik1
400Hz	0	3.5 V	4.5 V	2.9 V	1.5 V
500Hz	0	3.6	5.5		
1kHz	7m	8	9	7	5.5
2kHz		15	16	14	12.5
5kHz		36	37.8	35.5	33.5
10kHz	133	71.5	74	71.5	68
20 kHz	273	138	141	138	134
23 kHz		150	-	-	-

* Na aftrek van 7m (25 ft), de afstand van zend-tot-ontvang antenne als het toestel aan de grond staat. Met de potmeter kun je in het lage bereik dus 0-300 meter in stellen, in het hoge bereik 0-1500m.



AVR

De AM210 heeft een derde detector op de blokspanning uit de kathodevolger. Deze verlaagt de gevoeligheid van de ontvanger als er voldoende signaal (blokamplitude) is. Het effect is een soort hysteresis in de gevoeligheids drempel. Als eenmaal een blokspanning uit de katodevolger komt, kan het ingangslevel een ca 2x verlaagd worden voordat de blokspanning verdwijnt in de ruis en chaotisch wordt. Hierna moet het ingangs level weer 2x verhoogd worden om weer een nette blokspanning te krijgen.

Vermoedelijke Calibratie

De hoogte is = $F \times c / (2 \times (df/dt))$

F van 500Hz tot 50 kHz

Bereik 1 7 m tot 700 m 4000rpm, is een df/dt van 40MHz / 3.75ms

Bereik 2 35 m tot 3500 m 800rpm, is een df/dt van 40MHz / 18.75ms

Minus 7m (25 ft), de afstand van zend-tot-ontvang antenne als het toestel aan de grond staat.

Omgerekend naar feet lijken de bereiken 2000 ft en 10000 ft

Met de lampjes potmeter kan tot de helft hiervan ingesteld worden, dus tot 1000 ft resp 5000ft.

Noot: De APN1 had 400 voet (122m) en 4000 voet (1220m)

UHF triodes

Continuant avec les tubes réception, nous trouvons ceux spécialement prévus pour les VHF :

- LV1 pentode de puissance, son culot ressemble à un culot locktal, mais en plus petit, toujours avec un bouton extracteur au sommet du tube, utilisée en émission, dissipation 10 watts, ou en amplification large bande
- LD1 triode UHF utilisable jusqu'à 1000 MHz
- **LD2 triode UHF** voisine de la LD1 mais un peu plus puissante, utilisable en régime impulsionnel
- LG1 double diode dont la miniaturisation des électrodes en permet l'emploi jusqu'à 3000 MHz, ce qui est remarquable pour un tube conventionnel.

Ces quatre derniers tubes sont munis d'un capuchon aluminium collé sur le sommet du tube, donc à l'opposé des broches de liaison, un taraudage permettant le vissage d'un bouton d'extraction



LV1 et compagnie, à droite la TAM10 C.S.F...

Passons aux tubes émissions où deux modèles auront une carrière imprévue

Terminons avec la **TAM10**, qui n'est pas son immatriculation allemande, et ressemble à s'y méprendre à une LD2 ; c'est une triode employée en VHF aviation longtemps après la fin de la guerre (notamment sur des altimètres) ; elle figure encore au catalogue CSF 1966 sous la double référence TAM10 /F6012. Côte à côte avec une LD2, le sigle **CSF** surprend quelque

- RL12P35 Un très beau tube... pentode pour émission jusqu'à 30 MHz, dissipation 30 watts, sortie plaque et troisième grille au sommet du tube, serrage des fils par écrous moletés pour résister aux vibrations
- LS50 pentode **TELEFUNKEN** pour émission jusque vers 150 MHz, dissipation maxi. 40 watts, également munie du système disque aluminium plus extracteur

Au moment de la reprise de leurs activités, interrompues par la guerre, les Radio-amateurs français se voient proposer diverses lampes, soit dans les "surplus" soit, à très bas prix, voire gratuitement, par l'administration, via le canal du **REF (Réseau des Emetteurs français)**.

Dans le même ordre d'idée on trouve dans les "surplus" (**CIRQUE-RADIO**), soldés à bas prix, des équipements FUG16 dont le montage n'a pas été terminé... faute de temps.?