

Der Signalweg beim FM- Empfang in den Superhets der Röhren- Ära der Firma SABA

V5s als PDF für GFGF Forum 10.Okt.2012

Eine populär gehaltene Einführung in die SABA FM- Schaltungstechnik
 Copyright: Okt. 2012 by Hans M. Knoll

Es sind nach Möglichkeit, nur leichtverständliche Texte und Bilder benutzt.

Vorstellung der einzelnen Funktionsgruppen eines FM- Supers.

- 1) Die Mischstufe mit ECH42 als multiplikativer Mischer.
- 2) Die EF42 / EF80 als additiver Mischer mit einer Pentode und zum Schluss die EC92, ebenfalls als additiver Mischer mit einer Triode als selbstschwingende Stufe als Mischer. Das heisst in beiden Faellen, sind Oszillator und Mischung in einer Röhre vereinigt, entweder mit einer Pentode oder einer Triode.
- 3) Als Abschluss die HF- Vorstufe mit unabgestimmten Antennen- Eingang und abgestimmten Ausgang an der Anode und die Komfort- Lösung bei der Eingang und Ausgang der Vorstufe zusammen mit dem Oszillator abgestimmt werden. Man findet daher entweder ein zweifach- oder dreifach- Variometer.
- 4) Den ZF- Teil mit Begrenzerschaltung.
- 5) In der letzten Stufe als Demodulator, den Anfangs benutzten Flankengleichrichter, dann die kurze Episode des ϕ - Detektors mit der Röhre EQ80 und als Schluss den Ratio- Detektor.
- 6) Am Ende sind 4 typische Gesamtschaltungen angefügt.

Schwarzwald W
 Mainau WH
 Lindau W52
 TribergW-U52

Details zur FM Modulation.

Das vom Sender kommende Signal ist bei UKW frequenzmoduliert.

Das heisst, mit der Modulation wird die Sender - Frequenz symmetrisch um die Mittenfrequenz, das ist die in Ruhe zu messenden oder Nennfrequenz, geändert.

Schaut man zu bestimmten Zeiten das Signal an, findet man den HF- Traeger jedes Mal an einer anderen Stelle. Man kann sich das auch so vorstellen, als wenn man an der Abstimmung eines Pruefsenders den Abstimmknopf hin- und herdreht.

Die Geschwindigkeit mit der man das macht, entspricht dann den Modulationsfrequenz.

Der Grad der Auslenkung nach links und rechts ist der Frequenzhub der beim UKW. Rundfunk mit +/- 75 KHz genormt ist. **Ich betone ausdruecklich, dass dies eine populäre Sichtweise einer FM- Modulation ist. Besselfunktionen sowie Seitenbandtheorien bleiben unbeachtet. Pre- und Deemphasis ebenso. +**

In diesem Signal ist also die Tonhoehe und die Laustaerke einer Darbietung versteckt. Fuer eine originale Wiedergabe der Sendung, muss das bis zum Demodulator beibehalten werden.

Im Monofall, sind das der Tonumfang von 20 Hz bis 15 KHz. Der Hub im Mittel 12,5 bis 15 KHz und maximal 75 KHz.

Um die Schwierigkeiten zu umgehen die sich ergeben, wenn die FM- Modulierten 87,5 bis 108 Mhz, als ein Antennensignal von 1 µVolt aufwaerts, auf einen Wert von ca. 20 bis 40 Volt an der Demodulationsstufe verstaerken werden muessen, dazu noch eine Trennung der Stationen, die heute mit einem Abstand von 100KHz senden, zu erreichen, ist man schon in den Jahren nach 1949 in „D“ vom Geradeaus- Empfang, zum Ueberlagerungs- Empfang als Superhet- Prinzip bekannt, uebergegangen.

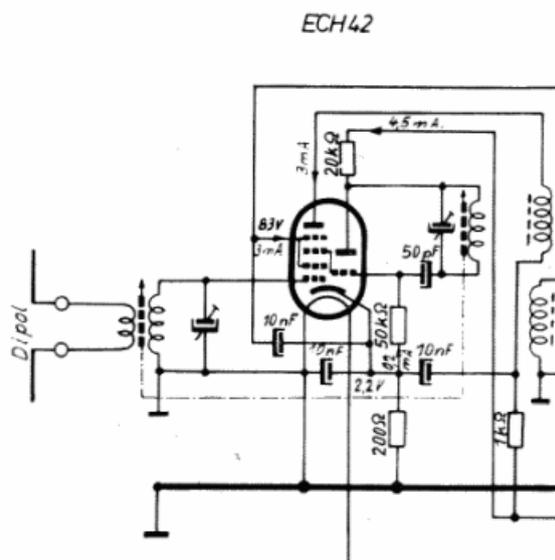
Das Hauptmerkmal dabei ist, dass die urspruengliche Frequenz einschliesslich der Modulation, ohne Verfaelschungen auf eine Hilfsfrequenz umgesetzt wird. Die Frequenz, als Zwischenfrequenz bekannt, ist im Prinzip frei waelhbar, weil deren Wert nicht vom Prinzip des Supers vorgegeben ist.

Bei SABA kann man das sehen. Es gibt Modelle mit einer ZF von 6,75 Mhz und solche mit 10,7 Mhz. Letztere von den USA uebernommen.

Die einzelnen Schaltungsteile im Detail:

Zu Punkt 1.

Diese Aufgabe wurde am Anfang (UKW- Super S) mit einer aus der AM- Technik bekannten Schaltung mit einer Hexode- Triode geloest.



In dieser Schaltung hat die Triode die Aufgabe eine Frequenz bereitzustellen mit deren Hilfe die Eingangsfrequenz von beispielhaften 90 Mhz auf beispielhafte 10,7 Mhz umgesetzt werden soll.

Das Hexodensystem der ECH nimmt diese Funktion der Umsetzung oder besser bekannt als Mischung war.

Zu diesem Zweck werden dem Gitter1 (H- System) die 90 Mhz zugefuehrt.

Vom Gitter1 (C- System) wird die Frequenz $F_{\text{ü}}$ zur Umsetzung d.h. Mischung innerhalb der Roehre dem Gitter3 zugefuehrt. Das Merkmal dass die Eingangsfrequenz $=F_{\text{e}}$ einem Gitter die Umsetzfrequenz $=F_{\text{ü}}$ zugefuehrt wird, weist die Art der Umsetzung oder Mischung als multiplikative Mischung aus. Die Frequenz $F_{\text{ü}}$ wird weil sie von einem Oszillator beigestellt wird, meist als Oszillator- Frequenz F_{o} bezeichnet. Wobei $F_{\text{ü}}$ die Funktion und F_{o} den Ursprung verstaendlicher beschreibt.

Der Vorgang der Umsetzung oder Mischung erfolgt als Addition und Subtraktion der beiden Frequenzen F_{e} und $F_{\text{ü}}$. (F_{e} = Empfangsfrequenz, $F_{\text{ü}}$ = Oszillatorfrequenz)

Das eine ergibt $F_{\text{ü}} + F_{\text{e}} = F_{\text{z}}$ im Beispiel waren das $90\text{Mhz} + 100,7 = 190,7\text{ Mhz}$ was weit ab liegt. Die zweite Aktion mit $F_{\text{ü}} - F_{\text{e}} = F_{\text{z}}$ ergibt $100,7 - 90 = 10,7\text{Mhz}$ was als ZF gewaehlt wurde. Aus diesen Beziehungen ergibt sich, dass zur $F_{\text{e}} = 90\text{ Mhz}$ und der ZF von $10,7\text{ Mhz}$ eine $F_{\text{ü}}$ (oder $F_{\text{osz.}}$) von $100,7\text{ Mhz}$ gehoert.

Weil eben $100,7 - 90 = 10,7\text{ Mhz}$ ergibt. Diese zwei Frequenzen sind das was erreicht werden soll. Es gibt aber beim Umsetzten wie oben gezeigt auch den Fall $F_{\text{z}} + F_{\text{e}} = 100,7 + 10,7 = 111,4$ was eine ungewollte Empfangsstelle bei $111,4\text{ Mhz}$ hörbar werden lässt.

Es ist als zu beobachten, dass $F_{\text{e}} = 90\text{ Mhz}$ zu $F_{\text{ü}} = 100,7\text{ Mhz}$ einen Abstand von $10,7\text{ Mhz}$ hat, genauso wie $100,7\text{ Mhz}$ zu $110,7$ ebenfalls $10,7\text{ Mhz}$ entspricht.

$F_{\text{e}1} = 90\text{.....}<10,7\text{ Mhz}> \text{.....}F_{\text{ü}} = 100,7\text{Mhz}$ und $F_{\text{ü}} = 100,7 \text{.....}<10,7\text{Mhz}> \text{....} F_{\text{e}2} = 111,4\text{ Mhz}$.

Wie zu sehen ist, liegen die 90 Mhz unterhalb von $F_{\text{ü}}$ und $114,7\text{ Mhz}$ genau spiegelbildlich entgegengesetzt dazu, beides ergibt aber $10,7\text{ Mhz}$ als Differenzfrequenz.

Es koennen wenn nichts dagegen getan wird, gleichzeitig die Frequenzen $F_{\text{e}1}$ und die $F_{\text{e}2}$ einen ZF erzeugen. Weil $F_{\text{e}2}$ bezogen auf $F_{\text{ü}}$ (F_{o}) genau spiegelbildlich zu $F_{\text{e}1}$ liegt, bezeichnet man die gewollte Empfangsstelle als Soll- oder Nutzfrequenz, die ungewollte zweite Empfangsstelle als Spiegelfrequenz.

In bisherigen Beispiel hat diese Funktion wenig Nebenwirkung, sieht man davon ab, dass ueberfliegende Flugzeuge ins Radiokonzert spucken noch dazu mit AM. Modulation Der Flugfunk lag oder liegt oberhalb von 108 Mhz . Es kann also der Fall eintreten, dass der Spiegelempfang stoert. Solange das nur kurz der Fall ist, kann man das hinnehmen. Waehlt man ein Beispiel mit einer ZF von $6,75\text{ Mhz}$ aus, und einem Empfangsbereich bis zu 104 oder 108 Mhz . aus, ergibt die Rechnung dass alles was unterhalb $104 - (2 \times 6,75\text{ Mhz}) 13,5\text{ Mhz}$ und $108 - (2 \times 6,75\text{ Mhz}) 13,5\text{ Mhz}$ konstant durch Rundfunksender gestoert werden kann. Wenn nicht erheblich etwas dagegen unternommen wird.

Im Fall des 104 Mhz Bandes sind das alle Sender unter $90,5\text{ Mhz}$ die gestoert sind, im Fall des 108 Mhz Bandes alles unterhalb $94,5\text{ Mhz}$.

Wenn man nun diese Spiegelfrequenz wirksam unterdrueckt oder die Nutzfrequenz aussieht, bleibt der Nutzsender ungestoert hoerbar.

Zu Punkt 2.

Im Prinzip gilt alles was bisher gesagt wurde, auch bei der additiven Mischung mit einer Pentode oder Triode.

Der sichtbare Unterschied ist der, das Signal F_e wird dem gleichen Gitter zugeführt an dem schon F_o (Fo) liegt, weil es eine Selbstschwingende Mischstufe ist, die eben als Oszillator und Mischstufe arbeitet. Dabei spielt es zunaechst keine Rolle, ob dort eine Pentode oder Triode arbeitet. Die reine Funktion ist die gleiche, die Vor- und Nachteile sehr differenziert. Was hier aber nicht diskutiert wird.

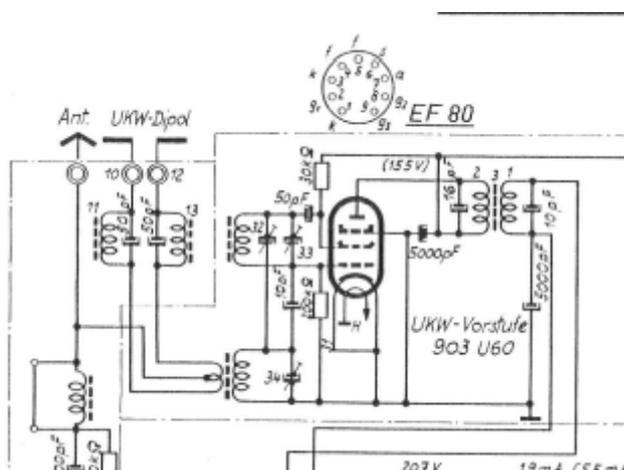
Die Vorteile dieser Schaltung ueberwiegen jedoch deutlich die sich ebenfalls ergebenden Schwierigkeiten. Daher waren ab 1953 multiplikative Mischstufen als Antiquitaet anzusehen.

Eine der Schwierigkeiten der additiven Mischstufen ist eine unvollkommene Unterdrueckung der Abstrahlung der am Einganggitter liegenden Ueberlagerer (F_u) - oder Oszillatorfrequenz (F_o) ueber die Antenne.

Mit dem Aufkommen des Fernsehens um 1953, wurden die Werte dieser Stoerstrahlung ganz erheblich abgesenkt.

Die Zeit einer EC92 oder EF42 unmittelbar am Eingang war damit vorbei.

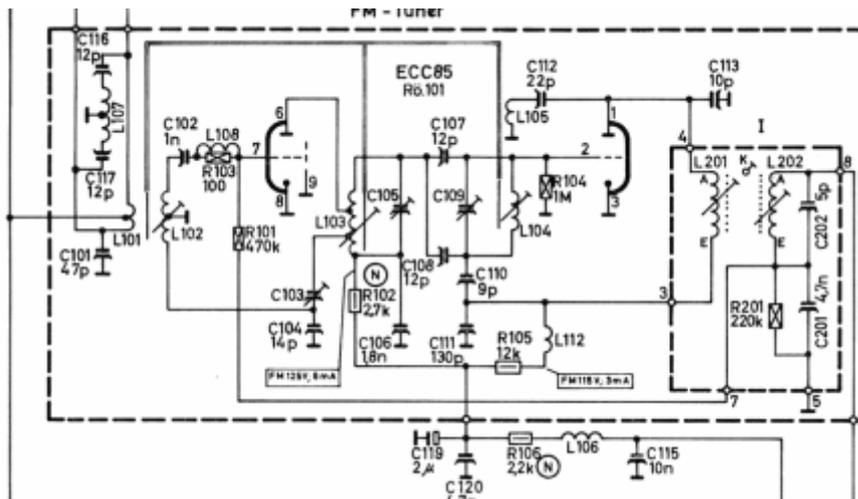
Bei SABA nie ein Thema ausser 1952 einige Modelle mit nur einer EF80 (Lindau WU, Triberg WU) Hier die Schaltung. Am Eingang einen abgestimmten Antennenkreis mit zwei Sperrkreisen in der Antennenzuleitung um die ZF vom Mischer fernzuhalten.



Damit kommt man zum Teil 3

Die Spiegelfrequenz die wie beschrieben 13,5 oder 21,4 Mhz oberhalb der gewollten Empfangstelle liegt (Im Fall des 104 Mhz Bandes sind das alle Sender unter 90,5 Mhz die gestoert sind, im Fall des 108 Mhz Bandes alles unterhalb 94,5 Mhz)

Die Unterdrueckung dieser ungewollten Empfangstelle, kann durch eine einzige Roehrenstufe, mit einer Pentode wie beim SABA UKW SIII und vielen Modellen bis 1953 und danach mit eine neutralisierten Triode als



Alle diese Schaltungen bewirken drei Effekte.

Rauscharme Verstärkung kleiner Antennensignale, Entkopplung des Oszillators und dessen HF- Spannung von der Antenne um Störstrahlung zu vermeiden.

Und der Hauptzweck beim Superhet, eine je nach Aufwand und Preisgruppe erzielbare Unterdrückung der Spiegelfrequenz, was wie wir oben lesen konnten, ohne besondere Massnahmen zu Empfangsstörungen führt. Diese Störung kann nur durch ausreichendes Unterdrücken der Spiegelfrequenz mittels Vorselektion beseitigt werden.

Modelle der HiFi- Zeit haben bis zu 4 oder 5 HF- Kreise um diese Störungen zu vermeiden. Allein dieser Tatsache kann man entnehmen, dass ein oder zwei HF- Kreise noch Lücken offen lassen.

Was wir bisher gelesen haben bewirkt, dass am Ausgang der Mischstufe je nach Aufwand und technischer Möglichkeiten, ein sauberes ZF- Signal entnommen werden kann.

Dieses Signal führt uns zu Punkt 4.

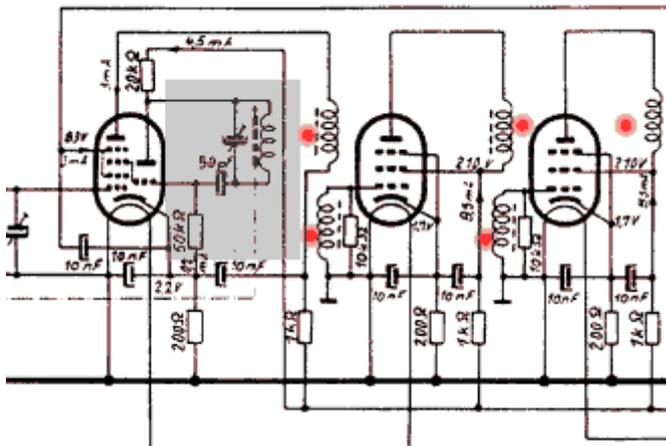
Der ZF- Verstärker als verstärkende Abteilung oder Schaltungsteil, mit der ausserdem die Nachbarkanal- Selektion, allgemein als Trennschärfe bekannt, bereitgestellt werden muss.

Je nach Aufwand und Geräteklasse findet man bei Röhrenmodellen 2 bis 3 ZF- Stufen, mit Einzelkreisen, zweifach-, dreifach- und gelegentlich vierfach- Filtern.

Neben diesen Grundaufgaben, sollte oder muss, eine weitere Funktion erfüllt werden die ein gutes FM Radio auszeichnet, die AM- Unterdrückung. Diese kann AM- Störungen reduzieren, die als Funkenstörung auftreten oder AM-Störsignalen die aus Mehrwege- Empfangslagen heraus entstehen.

Auch dort unterscheiden sich Modellklassen ganz erheblich.

Als Einstieg in die ZF- Technik, der UKW-S Einbausuper von 1950



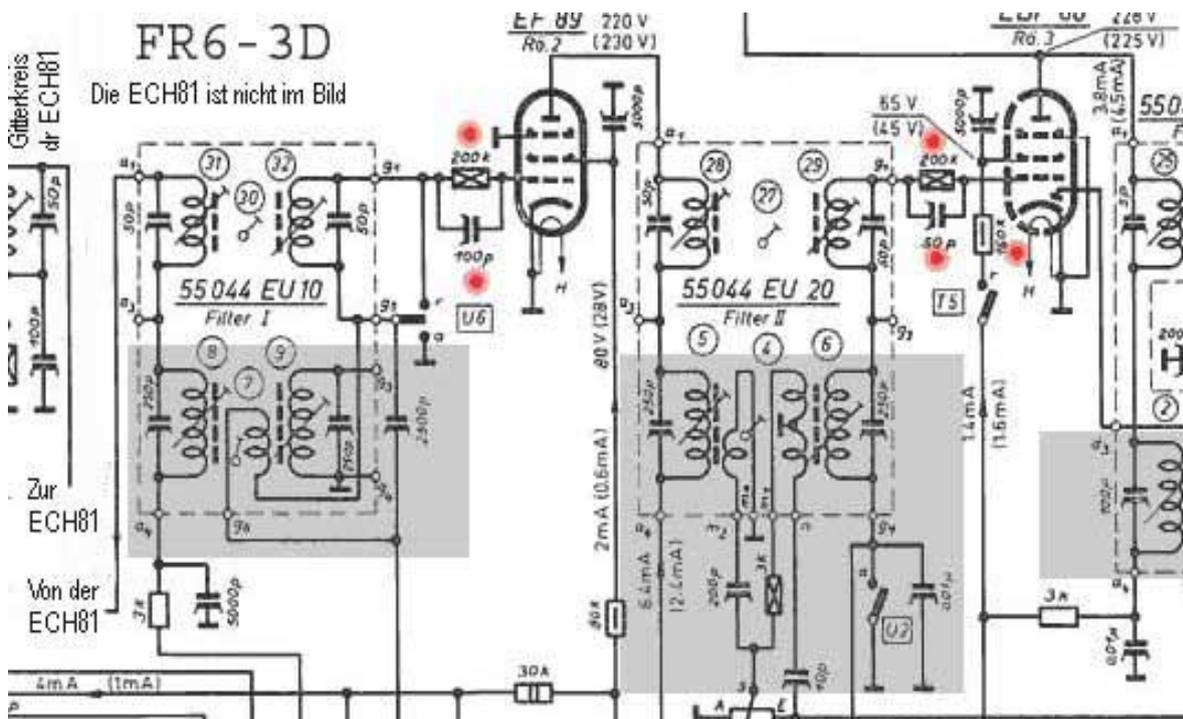
Hier wird der ZF- Teil des UKW-S gezeigt.

Zu beachten ist dabei:

Die rot markierten ZF- Kreise sind sämtlich ohne diskreten Kondensator ausgeführt. Dessen Funktion übernehmen die Ein- und Ausgangskapazitäten der drei Röhren, deren Fassungen sowie die Verdrahtung. Damit wird die maximale Verstärkung bei hohem L/C-Verhältnis aus den Röhren gequetscht. Weil die ZF- Stufen eine feste Gittervorspannung haben, ist deren Eingangswiderstand hoch. Um auf die notwendige oder gewollte Bandbreite zu kommen, sind beide Gitterkreise mit je 10 Kohm bedämpft.

Man muss auch beachten, dass dieses Modell den Anfang der UKW-Technik bei SABA markiert. Dass beim Röhrentausch der ZF- Teil erheblich verstimmt wird, hat man damals in Kauf genommen.

Dann ein Spitzenmodell FR 6- 3D



Dieser Teil ist nachgebessert Die Funktion oder Benennung der ECH81 war unverständlich, weil sie nicht im Bild sichtbar ist.

Gezeigt sind 2 von 3 ZF. Stufen.

Die Nr. 1 ist in diesem Fall die ECH81, die ausserhalb des Bildes liegt und die ich wegen der Übersichtlichkeit nicht zeige. Dort liegen viele Teile des AM- Teiles, was den Überblick nicht verbessert.

Es soll ja die FM- Schaltung verstanden werden.

Ganz links ist der Gitterkreis der ECH 81 im Bild.

Im Filter Nr. EU10 befindet sich der Anodenkreis der ECH81, welcher mit dem Gitterkreis der EF89 ein Zweikreis- Bandfilter bildet.

Danach Filter EU 20 mit dem Anodenkreis der EF89 der wieder ein Zweifach. Bandfilter mit dem Gitterkreis der EBF80 bildet.

Am Ende rechts, den Anodenkreis der zugleich als Primärkreis des Ratiodetektor wirkt. Die rotmarkierten R/C- Glieder in den Gitterleitungen, sind die Begrenzerglieder, welche mit dem Gitter 1 als Audiongleichrichter arbeiten und die Gittervorspannung vom Signal abhängig mehr oder weniger ins negative Gebiet verschieben, und dabei die positiven Störspitzen einer AM- Modulation beschneiden.

Nachdem jede Röhre die Phase um 180° dreht, erscheinen die negativen AM- Spitzen an der Anode in positiver Richtung auf.

Die werden nun an der Anode beschnitten indem die Kennlinie soweit angesteuert wird, dass der Anodenstrom nicht mehr ansteigen kann.

Um das im richtigen Moment zu erreichen, wird die Schirmgitterspannung mit einem 150 Kohm soweit reduziert, bis eine kurze Gitterspannungs- Anodenstrom- Kennlinie erreicht wird.

Einfache symbolische Darstellung von Herbert G. Mende

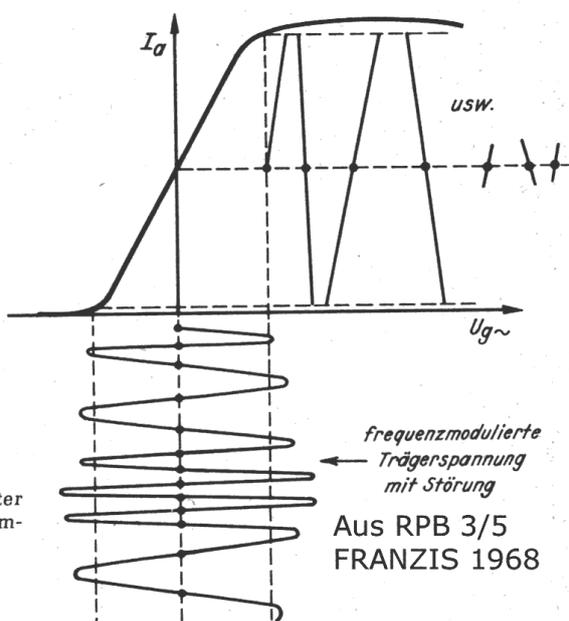


Bild 33. Idealisierter Arbeitspunkt des Amplitudenbegrenzers

Aus RPB 3/5
FRANZIS 1968

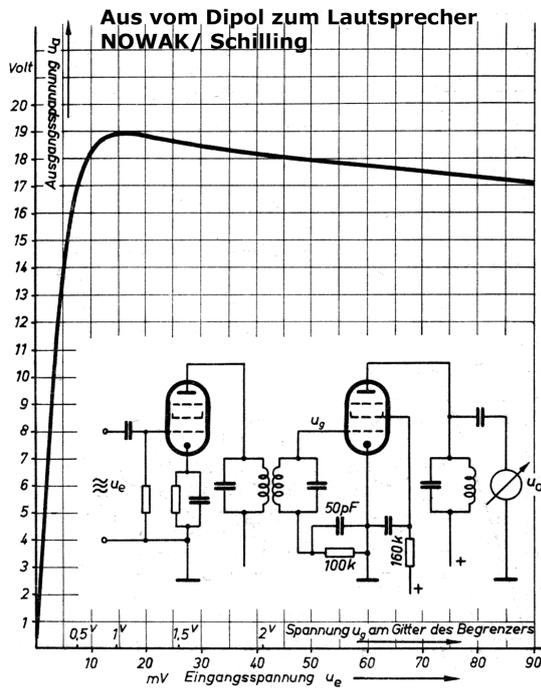


Abb. 97. Die Röhre EF 14 als Pentodenbegrenzer mit gleitender Schirmgitterspannung.

Wie man sehen kann, wird durch entsprechende Dimensionierung auch eine statische Begrenzung (Regelung) erzielt, das wird auch benützt um die Anzeigespannung oder das Suchlauf- Kriterium, die Muting ab einer bestimmten ZF- Spannung nicht mehr ansteigen zu lassen. Dieses sind die Grundfunktionen eines ZF- Begrenzer- Verstärkers. Feinheiten habe ich weggelassen. Es soll ja einfach bleiben.

An beiden Stufen schliesst sich der Demodulator an.

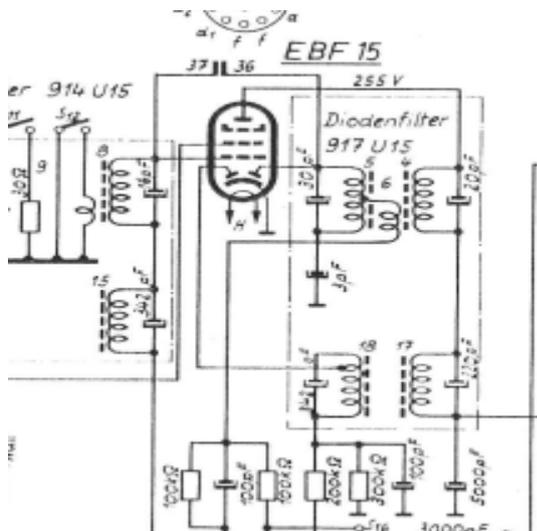
Das bringt uns zu Punkt 5

Die 3 Grundtypen von Demodulator wie sie bei SABA vorkommen.

Der Flankengleichrichter

Diese Schaltung ist eigentlich nur bedingt als FM- Demodulator geeignet. Nur mit einem Trick (Dillenburger) gelingt das einigermaßen gut. Um die Eingangs erwähnte Frequenzauslenkung den FM- Hub in eine Niederfrequenz umzuwandeln, muss man auf eine der zwei Flanken der ZF- Kurve einstellen. Indem vom Hub gesteuert der Träger die Flanke hinauf und hinab gesteuert wird, entsteht aus der FM eine synchrone AM- Modulation die anschliessend wie beim AM- Teil mit einer Diode gleichgerichtet wird und somit die Nutzmodulation aus dem HF- Signal gewonnen wird. Die reale Qualität dieser Technik soll hier nicht bewertet werden.

Hier nun die SABA Variante:

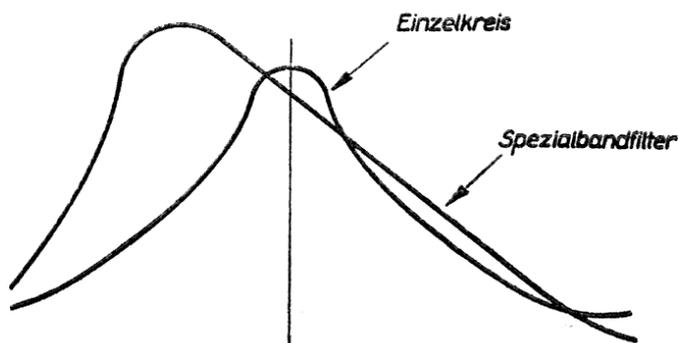


Diese Variante des Flankengleichrichters wie bei SABA benutzt, geht zurück auf eine Arbeit von Ing. Dillenburger der nach 1945 sich stark für den FM- Rundfunk und das Fernsehen engagiert hat.

In der allgemein bekannten Literatur wird der Effekt der hier ausgenutzt wird, als Reihenschaltung von zwei Schwingkreisen vor einer Diodenschaltung beschrieben.

Hier eine Grafik die den Vorteil im Vergleich zu einer Technik wie sie allgemein anfangs der UKW- Ära benutzt wurde.

Eine Flanke ist hier zwar flacher aber linearer als beim gewöhnlichen Flankengleichrichter.



Aus Heinz Richter UKW-FM Seite 113

Verlauf der Spannung der Schaltung

bisherigen Betrachtungen.

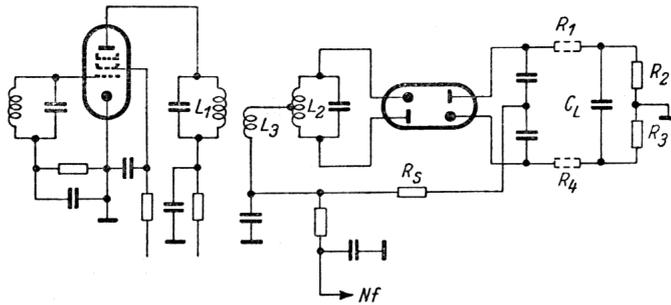


Bild 32. Symmetrischer Verhältnisgleichrichter

Aus Die Telefunken- Röhre im UKW- Empfänger Band1 S.53

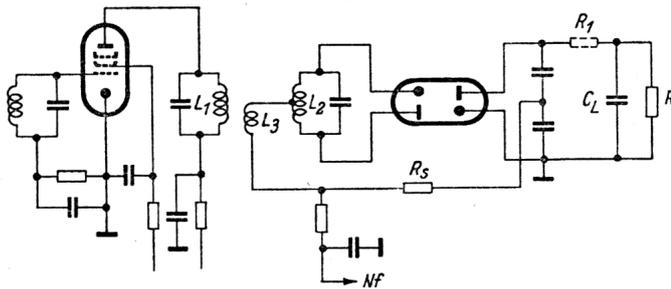
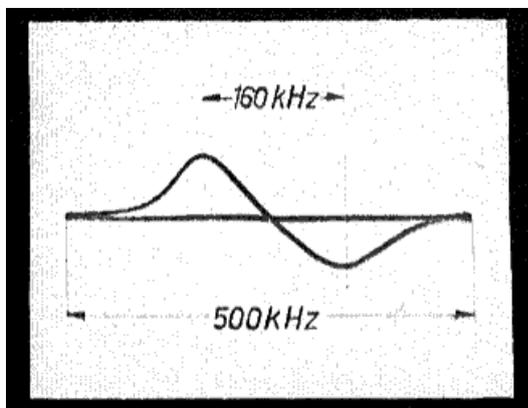


Bild 33. Unsymmetrischer Verhältnisgleichrichter

Es ist nicht ganz leicht, einen solchen Aufbau richtig zu dimensionieren.

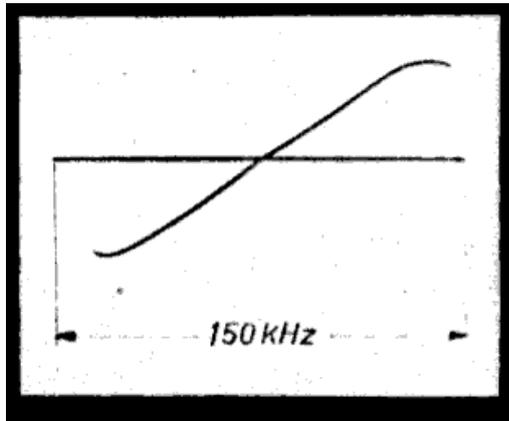
In der Praxis kommen diese zwei Versionen des Ratio vor. Bild 32 der symmetrische Ratio. Die Gleichspannung am DC- Ausgang, zeigt eine negative und eine positive Spannung gegen Masse. Jede Hälfte liefert 50% der Summenspannung am Elko C-lade Bild 33, die meistens vorkommende unsymmetrische Variante. Dabei liegt die gesamte Gleichspannung am Ausgang an R2 an Alles Sonstige, so meine ich, kann man den Bildern entnehmen.

Als Beispiel die Demodulations- Kennlinie des Radios von Antenne bis NF- Ausgang.



Die Kuppenabstaende liegen bei +/- 80 KHz

Ausgenutzt werden bei MONO- Empfang nur die +/- 75 KHz
Das sieht dann so aus:



Die Beispiel zeigen ein einfaches MONO- Radio Zu sehen ist schon eine Beschneidung bei voller Auslenkung = 75 KHz Hub.

Fuer eine Qualitaets- Wiedergabe ist der ZF- Kanal schon zu schmal. Anzumerken ist noch, dass die Ratio-Schaltung eine nicht unerhebliche AM- Unterdrueckung bewirkt. Um diese zu optimieren sind verschiedene Varianten bekannt bei denen Schaltelemente, wie R oder C, regelbar ausgefuehrt sind.

Die Wirkung des Ratio faellt jedem dann auf, wenn der Elko C- Lade ausgetrocknet ist. Er ist zusammen mit den Diodenstrecken fuer die Stoerbefreiung (AM) verantwortlich.

Als Beilage sind 4 typische Gesamtschaltungen angefuegt.

Schwarzwald W

Mainau WH

Lindau W52

TribergW-U52

Geschrieben von Hans M. Knoll ex. Entw. Ing. bei GRUNDIG
Copyright Okt. 2012 by Hans M. Knoll