

Optimierung des FM Zwischenfrequenzverstärkers:

Abgleich eines FM-ZF-Verstärkers mit Ratiodetektor

Thomas Moppert und Ernst Schlemm. Januar 2008

Stichworte: Statischer Abgleich, Wobbelabgleich, AM-Unterdrückung, Symmetrischer Ratiodetektor, Unsymmetrischer Ratiodetektor, Schirmgitterneutralisation, dynamische Eingangskapazität, Nulldurchgang.

1. Statischer Abgleich

Diese Methode des FM -ZF -Abgleichs ist leicht durchzuführen, sicher und schnell. Der Geräteaufwand ist klein, es werden nur ein einfacher Meßsender und ein hochohmiges Vielfachinstrument benötigt. Ein Analoginstrument ist der besseren Ablesbarkeit wegen ideal. **Der Abgleich auf maximale Empfindlichkeit und genauen Nulldurchgang des Ratiodetektors ist problemlos möglich, jedoch sind Unsymmetrien der Bandfilter-Durchlasskurve und der S-Kurve des Ratiodetektors nicht direkt sichtbar.**[1]

Höheren Ansprüchen an die Qualität des Abgleichs wird daher - insbesondere bei Neukonstruktionen - nur die Wobbelmethode gerecht. Der statische Abgleich dient dann als Vorabgleich vor dem eigentlichen Abgleich mittels Wobbler.

Das Einkoppeln des Signals kann je nach Anforderung auf unterschiedliche Weise erfolgen: fest über einen Kondensator von z.B. 4,7 nF, oder lose über einen kleinen Kondensator von wenigen pF, oder mit einer „Aufblaskappe“.

Grundsätzlicher Hinweis: Alle Messmittel (Tastköpfe, Signalzuführungen) müssen eine Spannungsfestigkeit von mindestens 250V aufweisen!

Bild 1 zeigt den Aufbau eines mit 75 Ohm abgeschlossenen Signalzuführungskabels.

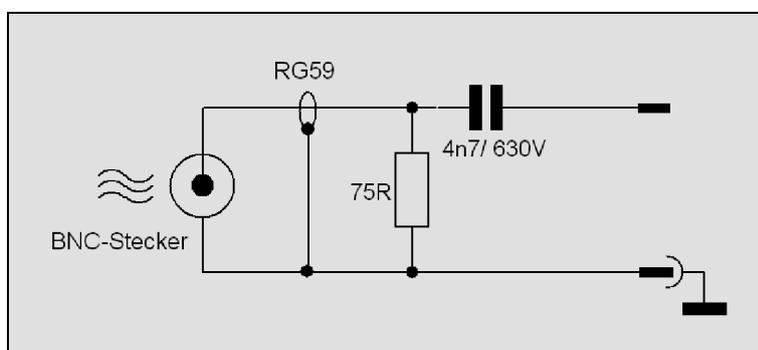


Bild 1 Signalzuführungskabel

Konkret sind beim Abgleich folgende Arbeitsschritte zu berücksichtigen:

1.1. Der Kern des Ratio-Filter-Sekundärkreises wird zunächst stark verstellt oder ganz entfernt.

1.2. Das Signal wird über das Signalführungskabel am Eingang des ZF Verstärkers, oder mittels einer Aufblaskappe an der Mischröhre eingekoppelt, wenn das ZF-Filter des Eingangs- und Mischteils mit abgeglichen werden soll.

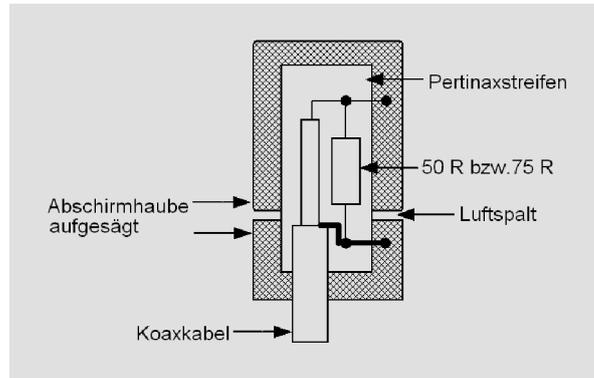
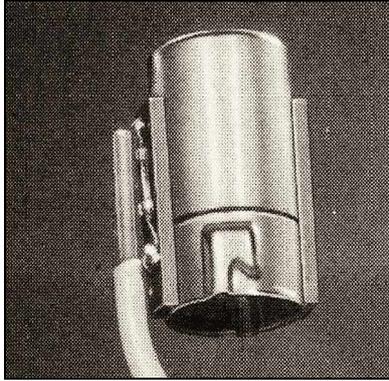


Bild 2: Aufblaskappe

1.3. Betriebsart des Messsenders: CW unmoduliert, Frequenz 10,700 MHz.

1.4. Das Voltmeter zur Messung der halben Summenrichtspannung (symmetrischer Ratiodetektor) bzw. der vollen Summenrichtspannung (unsymmetrischer Ratiodetektor) liegt zwischen Punkt A in Bild 3 und 4 und Masse (Messbereich etwa 20V). Das Instrument zum Messen des Nulldurchgangs (Messbereich zunächst ebenfalls 20V, später kleineren Messbereich wählen) wird zwischen Punkt C und der elektrischen Mitte des Lastwiderstandes des Ratiodetektors (P1, R9, R10, R11) angeschlossen. Beim symmetrischen Ratiodetektor liegt die elektrische Mitte auf Masse. Beim unsymmetrischen Ratiodetektor muss die elektrische Mitte durch zwei Vorwiderstände (RV1 und RV2) nachgebildet werden. Das Instrument zur Messung des Nulldurchgangs darf beim unsymmetrischen Ratiodetektor daher keinen Massebezug haben!

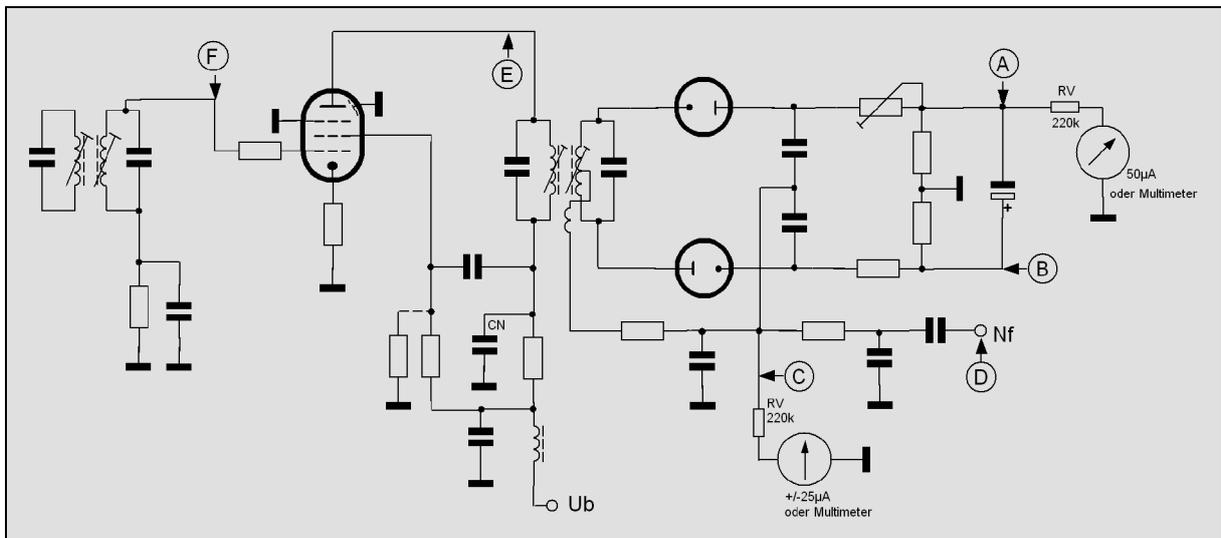


Bild 3: symmetrischer Ratiodetektor und letzte Begrenzerstufe

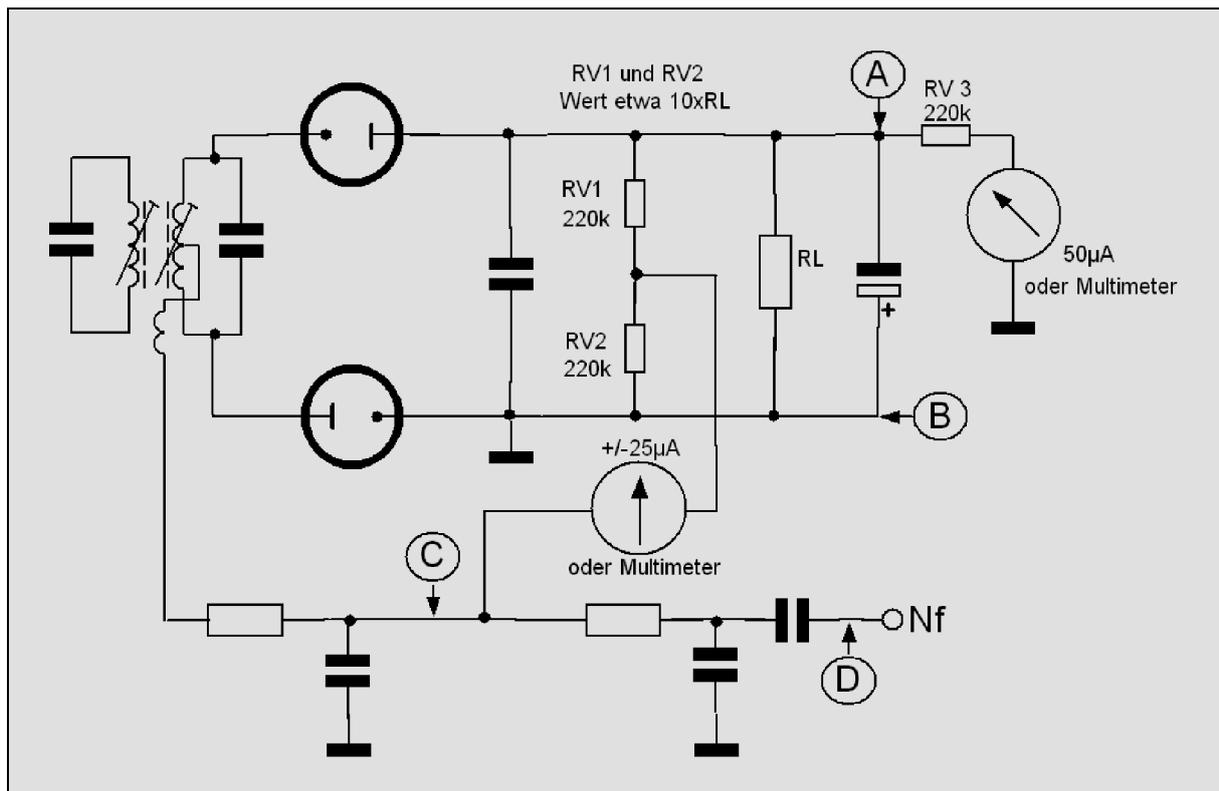


Bild 4: unsymmetrischer Ratiodetektor

1.5. Zuerst werden der Primärkreis des Ratiofilters, dann von hinten nach vorn alle ZF-Kreise auf Maximum der Summenrichtspannung abgeglichen.

Bedämpfung zum Abgleich: Ein korrekter Maximumabgleich ist nur bei unterkritischer Kopplung möglich. Weil man davon ausgehen muss, dass die Kreise möglicherweise kritisch oder überkritisch gekoppelt sind, sollten nacheinander beide Kreise eines Filters mit jeweils etwa $4,7 \text{ k}\Omega$ bedämpft werden ($4,7 \text{ k}\Omega$ entsprechen etwa $1/6$ des Resonanzwiderstandes). Ein Kreis wird also abgeglichen, während der andere bedämpft ist. Man vermeidet dadurch, dass sich die Kreise beim Abgleich gegenseitig beeinflussen. Wird anschließend gewobbelt, kann man auf die Prozedur des Bedämpfens verzichten.

Im Laufe des Abgleichs wird der Pegel des Messsenders immer mindestens soweit reduziert, dass der Verstärker nicht in die Begrenzung gerät. Denn wenn der Verstärker in der Begrenzung arbeitet, kann durch Verstellen der Kerne kein Maximum mehr gefunden werden! Solange der Verstärker aber linear verstärkt, führt ein Verstellen der Spulenkern zu einer Änderung der Summenrichtspannung.

Ob ein Verstärker begrenzt, kann auch kontrolliert werden, indem man mit dem Tastkopf das Signal an einem unüberbrückten Kathodenwiderstand (sofern vorhanden) abnimmt: Bei Begrenzung erscheint das Signal nicht mehr sinusförmig, sondern abgekappt.

Alle Kerne in mehrmaligem Durchgang auf Spannungsmaximum abgleichen.

1.6. Danach wird der Kern des Sekundärkreises des Ratiofilters eingedreht und auf Nullanzeige des Nulldurchgangsinstruments eingestellt. Da sich Primärkreis und Sekundärkreis des Ratiofilters durch den Abgleich gegenseitig beeinflussen, müssen sie mehrmals nachgeglichen werden. Fertig!

Wenn nach dem Vorabgleich gewobbelt wird, verzichtet man zunächst auf den Abgleich des Ratiofilter-Sekundärkreises.

2. Wobbel-Abgleich der ZF-Filter

Grundsätzliches zum Wobbelabgleich

Benötigt werden: Wobbel-Abgleichsender mit Frequenzmarkengeber, z.B. Grundig AS5F, 10:1 Hf-Tastkopf, Demodulatorastkopf, Signalführungskabel und Oszilloskop.

Bei Wobbelbetrieb muss der Ratio-Elko immer abgelötet sein, er würde sonst für die durch das Wobbeln bedingten Änderungen der Summenrichtspannung einen Kurzschluss darstellen. **So langsam wie möglich wobbeln** (Filter-Einschwingverhalten). Wenn die Wobelfrequenz zu hoch ist, können die Kreise nicht einschwingen. Je höher die Kreisgüte, je steilflankiger die Filterkurve, umso länger ist die Einschwingzeit.

Eine zu hohe Wobelfrequenz kann man an Kurvenverformungen beim Ändern des Wobbelhubes erkennen. Diese sieht man besonders gut, wenn Frequenzmarken gesetzt sind

Neukonstruktionen: Der Wobbel-Abgleich ergibt erst dann einwandfreie Resultate, wenn die Schirmgitterneutralisation und die Kompensation der dynamischen Eingangskapazitäten bereits optimiert sind!

Die sich ergebenden Kurven werden in beiden Fällen sonst verfälschend beeinflusst, sei es durch unvollständige Neutralisation oder weil sich die Röhreneingangskapazität bei wechselndem Pegel ändert. [2]

Abschnitt 2 gilt wiederum bis zum und inklusive des Primärkreises des Ratiofilters. Der Kern des Ratiofilter-Sekundärkreises ist noch herausgedreht. Siehe unter Punkt 1.6

2.1. Vorbereiten des Abgleichsenders und des Oszilloskopes:

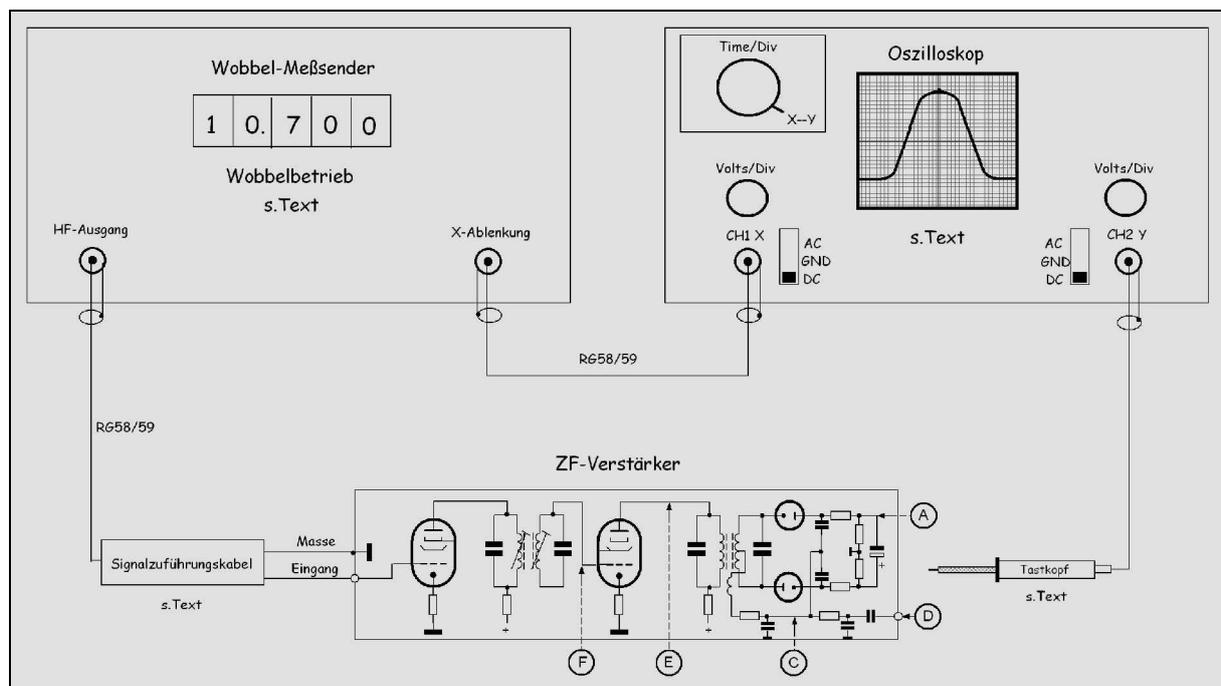


Bild 5 : Wobbeleinrichtung

Oszilloskop auf Wobbelbetrieb (Horizontalablenkung auf X-Y) einstellen. Wahlschalter von Kanal X und Y auf DC-Kopplung.

Am Abgleichsender den Regler **X**-Ablenkung so einstellen, dass der Wobbelbereich genau in die Mitte des Bildschirms fällt. Dazu auch den Regler Wobbel-Hub so einstellen, dass sich die gewünschte Breite der Kurve einstellt.

Die Mitte wird durch das Einstellen der beiden Regler wieder verstellt und muss nachgestellt werden (wenn die Mitte des Wobbelbereiches nicht in die Mitte des Bildschirms fällt, wird die Filterkurve verzogen).

Frequenz-Marke 10.7 MHz, oder wenn möglich, zwei Marken symmetrisch zur Mittenfrequenz setzen, z.B. 10,6 und 10,8 MHz.

2.2. Abgleich

Messsender mit dem ZF-Verstärker verbinden, wie beim statischen Abgleich unter Punkt 1.2 beschrieben. Mittleren HF- Pegel einstellen, **Demodulator-Tastkopf sehr lose an den Anodenanschluss der letzten ZF-Röhre**, Punkt E in Bild 3, ankoppeln. Man sollte den Demodulatorastkopf nur in die Nähe des Anodenanschlusses bringen, um die Abstimmung des Kreises durch die Belastung durch den Tastkopf nicht zu verändern.

Alternative: Man kann die ZF Kurve auch mit einem 10:1 Tastkopf über einen Entkopplungswiderstand von etwa 47k Ω an Punkt A in Bild 3 und 4 abnehmen.

Dieses Verfahren ist im TFK- Laborbuch Bd.2 [1] beschrieben und funktioniert ebenfalls sehr gut.

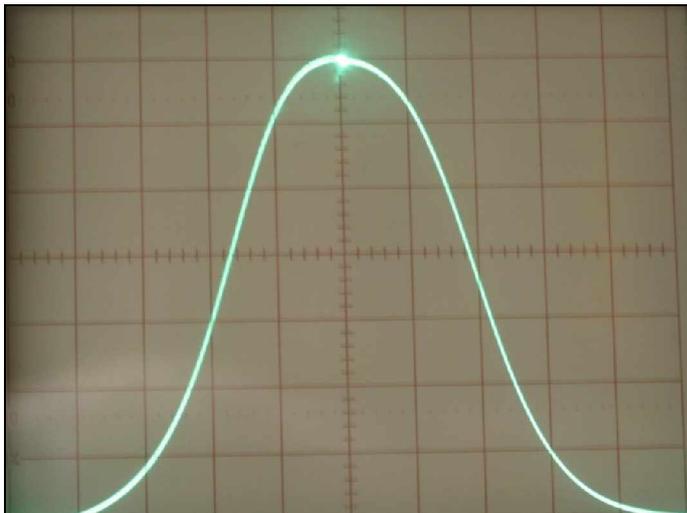


Bild 6: Marke bei 10.7MHz

Mit niedriger Wobelfrequenz die Durchlasskurve auf besten Kompromiss zwischen Amplitudenhöhe und gewünschter -3dB -Bandbreite optimieren. Ist die gewünschte -3dB-Bandbreite nicht erreichbar, müssen die Filter unter Umständen mit Widerständen bedämpft werden.

Wenn zuvor statisch vorabgeglichen wurde, ist meist nur wenig Nachtrimmen der Kerne nötig. Die Kurve kann genau symmetrisch eingestellt werden, insbesondere müssen die Frequenzmarken auf gleicher Höhe stehen.

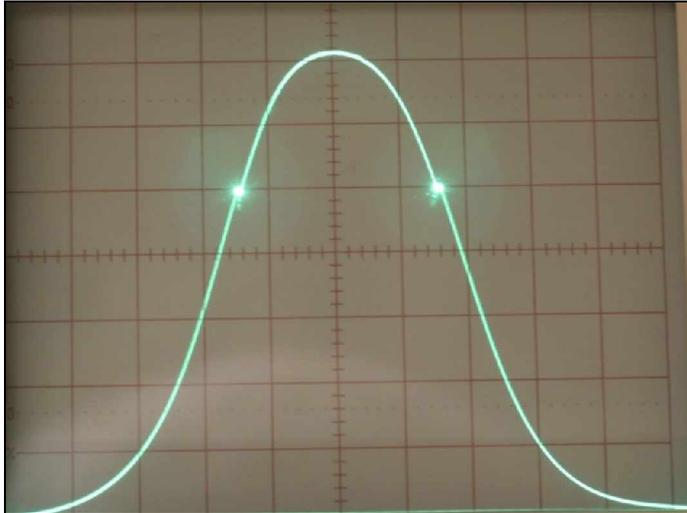


Bild 7: Marken bei 10.575 und 10.825 MHz, die -3dB-Bandbreite ist etwa 250kHz

Durch präzise Abschwächung des Signals vom Messsender um 3 dB kann die 3dB-Bandbreite gemessen werden: Die Scheitelspannung der Kurve kann mit der Höhe der Marken auf der Kurve verglichen werden. Wenn die Frequenzmarken den Kurvenverlauf verfälschen, diese zum Feinabgleich wegdrehen. Und nochmals: Vorsicht, nicht zu schnell wobbeln!

Die Kurve bei verschiedenen Pegeln optimieren. Wenn die Schirmgitter-Neutralisation und die Kompensation der dynamischen Eingangskapazitäten in Ordnung sind, wird sich die Symmetrie der Durchlasskurve bei den verschiedenen Pegeln nur wenig ändern.

3. Abgleich der Ratio-Kurve und der AM-Unterdrückung

Einen konventionellen Tastkopf 1:10 über einen Kondensator am Punkt C in Bild 3 und 4, oder, bei Mono-Empfängern, wenn ein Deemphasisglied folgt, direkt am Punkt D in Bild 3 und 4 anschließen.

Ohne Signal die horizontale Linie (Null-Linie) genau in die Mitte des Bildschirms legen. Eine Frequenzmarke bei 10,700 in Bildschirmmitte setzen.

Den Hub für den Abgleich der S-Kurve so wählen, dass die ganze Kurve dargestellt wird.

Wieder beachten, dass die Kurve genau symmetrisch zur Mitte auf dem Bildschirm erscheint. Allenfalls mit den Reglern X-Ablenkung und Wobbel-Hub diese in die Mitte des Bildschirms legen.

Mit dem Abgleichsender bei nicht zu hohen Pegeln wobbeln.

Einspeisen des Meßsender-Signals über das Signalführungskabel an g1 der letzten ZF-Röhre (Punkt F, Bild 3)

Die Idee hierbei ist, den ZF-Zug zu umgehen, weil das Ratiofilter breiter ist als die ZF-Durchlasskurve und darum besser eingestellt werden kann, wenn zum Abgleich keine Bandbreiteneinengung stattfindet.

Alternative: Man belässt die Einspeisung, wie sie ist, am Eingang des ZF-Verstärkers und akzeptiert die Bandbreiteneinengung. Vorteil: Dauerndes Umklemmen der Signalführung beim wechselweisen Nachgleichen von ZF- und Ratiokurve entfällt. Siehe unter Punkt 3.3. [1].

3.1. Abgleich der Ratio-Kurve:

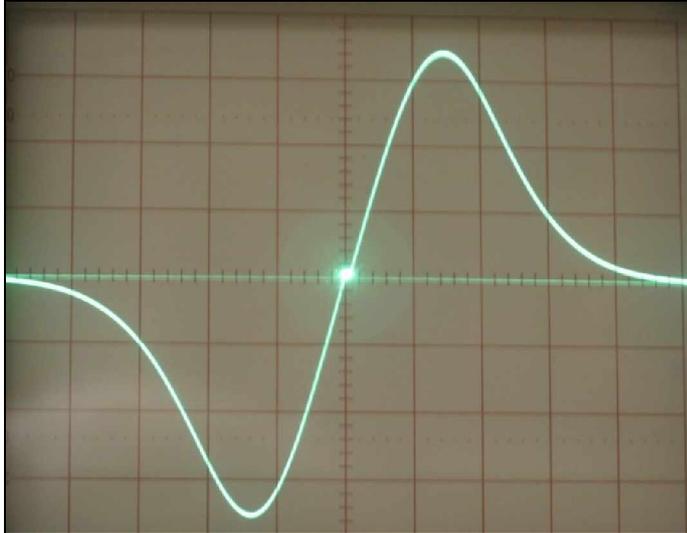


Bild 8: Ratiokurve mit Nulldurchgang bei 10.7 MHz

Mit dem Sekundärkreis wird zunächst die Lage des Nulldurchgangs eingestellt. Der Nulldurchgang muss genau bei 10,700 MHz liegen. Mit der Frequenzmarke kontrollieren!

ABER: Durch Eindrehen des Sekundär-Kernes am Ratiofilter wird sich die Resonanz des Primärkreises wieder verstellen, siehe statischer Abgleich.

Mit dem Kern des Primärkreises wird die Kurve dann (Vertikal-Ausschlag und Form) symmetriert.

3.2. Abgleich der AM-Unterdrückung:

Meßsender auf CW stellen, Frequenz 10,700 MHz, Modulation AM, wenn möglich 400Hz (geht beim AS5F nicht, nur 1000Hz) und hoher Modulationsgrad. Tastkopf am NF-Ausgang.

Mit dem Trimmer P1 die Amplitude des demodulierten Signals am Ausgang des Ratiodetektors auf Minimum stellen. Dieses Poti nun nicht mehr verstellen. Durch Verstellen des Trimmers verändert sich jedoch erneut die Symmetrie der Ratiokurve. Deshalb muss der Abgleich des Ratiodetektors nach Optimierung der AM- Unterdrückung nochmals wiederholt werden.

3.3. Ratiokurven-Abgleich wiederholen:

Die Kerne des Ratio-Filters wechselseitig verstellen, bis Ausschlag und Form symmetrisch sind. Insbesondere muss die Verbindung zwischen den beiden Höckern eine Gerade sein und nicht gekrümmt verlaufen.

Mit der Frequenzmarke kontrollieren, ob der Nulldurchgang wirklich bei 10,700 MHz liegt. Die Marke zum Abgleich wieder wegstellen, sie stört zu sehr.

Wegen wechselseitiger Beeinflussung von Ratio- und Durchlasskurve muss nach Abschluss des Ratio-Kurven-Abgleichs die Durchlasskurve nochmals kontrolliert und gegebenenfalls durch mehrmaliges wechselseitiges Nachgleichen von Durchlass- und Ratiokurve ein Optimum gesucht werden.

4. Schluss-Kontrolle:

Man speist nun wieder mit niedrigem Pegel, z.B. unter 60dB μ V am Verstärker-Eingang ein, wobbelt so langsam wie möglich und legt den Demodulatorastastkopf an die Anode der letzten ZF-Röhre.

Der Elko ist abgeklemmt, wie immer beim Wobbeln. Weil der Kern des Ratiofilter-Sekundärkreises jetzt eingedreht ist, erhält man an der Anode eine „Kamel-Kurve“ mit einem mehr oder weniger ausgeprägten Sattel (Bild9). Dieser Sattel muss seine tiefste Stelle genau bei 10,700 MHz haben (mit der Frequenzmarke kontrollieren). Die Höcker müssen symmetrisch, und gleich hoch sein und die Flanken symmetrisch abfallen.

Auch bei grösseren Pegeln sollte die Kurve nicht unsymmetrisch werden.

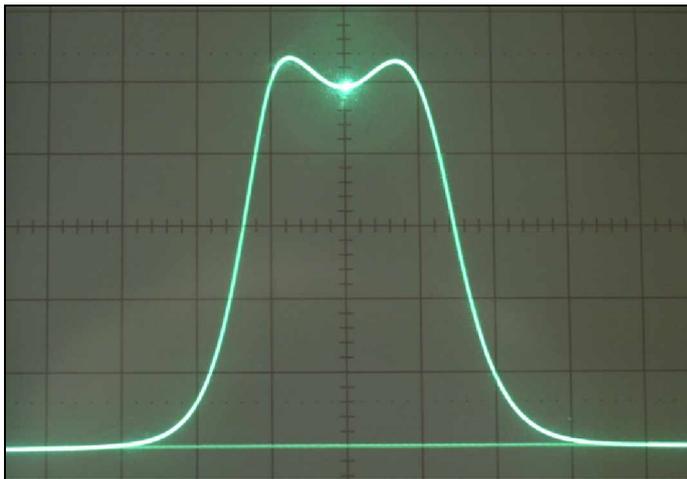


Bild 9: ZF Durchlasskurve mit eingedrehtem Kern des Ratiodetektor-Sekundärkreises

Letzteres ist nicht immer der Fall, weil bei stärkeren Sendern die Gitter-Kreise durch den bei Begrenzung einsetzenden Gitterstrom bedämpft und die Kurve somit (u.U. viel!) breiter und (trotz bestmöglicher Kompensation der dynamischen Eingangskapazität) leicht asymmetrisch wird.

Insbesondere bei einer eher flachen Ausprägung der Summen-Richtspannung über der Frequenz gibt es kein ausgeprägtes Maximum zur Ansteuerung einer Abstimm-Anzeigeröhre. Auch muss dieses aus den vorher genannten Gründen nicht zwingend auf Ratiomitte liegen. Bei starken Sendern, je nach Feldstärke, wenn die Kurven nicht mehr ganz symmetrisch sind, kann der Maximalausschlag auch etwas neben den Nulldurchgang des Ratiodetektors fallen. Deshalb macht eine Ratio-Mitten-Anzeige als zusätzliche Abstimmhilfe Sinn.

Der geschilderte Aufwand scheint vielleicht übertrieben, aber beim Empfang von schwachen Sendern, die gleichzeitig 200 kHz neben „Riesen“ liegen, bringt ein genauer Abgleich viel!

Und zum Schluss den Ratioelko wieder anlöten.

Dank

Für seine Hilfsbereitschaft, seine vielen wertvollen professionellen Tipps und das Korrekturlesen des Textes danken wir **Peter Treytl** ganz herzlich!

Literatur

[1] TFK Laborbuch Bd.2 S.156-158

[2] Grundig Technische Informationen 8-1963 S.578 ff., 10-1963 S.618-619, 1-1964 S.675-677.