



AUSGEGEBEN AM
9. MAI 1939

REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT

№ 675 313

KLASSE 21 a⁴ GRUPPE 29 04

T 47780 VIII a/21 a⁴



Dr. Wolfgang Kautter in Berlin



ist als Erfinder benannt worden.

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. in Berlin
Kristallfilter veränderbarer Bandbreite, insbesondere für Empfänger

Patentiert im Deutschen Reiche vom 21. November 1936 ab

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 13. April 1939

Üblicherweise verwendet man Schwingkreise zur Herstellung der notwendigen Trennschärfe in Hochfrequenzempfängern. Selbst eine große Zahl von Kreisen gestattet
5 aber nicht, unter eine bestimmte Bandbreite herunterzukommen. Durch Entdämpfung mittels Rückkopplung läßt sich allerdings die Bandbreite weiter verringern, gleichzeitig ändert sich aber die Amplitude. Man war
10 daher bestrebt, die Erhöhung der Trennschärfe durch andere Mittel herbeizuführen. Manche Kristalle, insbesondere Quarzkristalle, zeichnen sich durch außerordentlich scharfe Resonanzen aus und sind daher für die Ver-
15 wendung in Filtern geeignet. Ihre volle Trennschärfe ist jedoch nur in Einzelfällen erwünscht.

Man könnte bei einem Quarzfilter die Bandbreite veränderbar machen, indem man
20 parallel oder in Reihe zu dem Quarz, je nachdem ob er als Anodenwiderstand oder als Längswiderstand geschaltet ist, einen regelbaren Ohmschen Widerstand legt. Eine solche Schaltung hätte jedoch den Nachteil,
25 daß die Verstärkung sich etwa in demselben

Maße wie die Bandbreite ändert, z. B. bei einer Bandbreitenregelung von 20 auf 5000 Hz im Verhältnis 1 : 250, was man durch eine gegensinnige Verstärkungsänderung wieder ausgleichen müßte. 30

Es ist bekannt, einen Quarz als Koppelungselement zwischen zwei Schwingungskreise eines Empfängers zu schalten und den einen Schwingungskreis zur Bandbreitenregelung mehr oder weniger gegen die Durch- 35 laßfrequenz zu verstimmen. Hierbei tritt aber der Nachteil auf, daß die Verstärkung mit der Wurzel aus der Bandbreite sinkt, also bei einer durch eine Verringerung der Verstimmung bewirkten Zunahme der Band- 40 breite abnimmt.

Es wäre also sehr vorteilhaft, wenn man die Bandbreite eines Quarzfilters in weitesten Grenzen regelbar machen könnte, ohne daß sich die Verstärkung wesentlich ändert. Diese 45 Aufgabe wird von der Erfindung gelöst, die insbesondere im Zwischenfrequenzteil eines Empfängers anwendbar ist.

Die Erfindung geht von dem zuletzt erwähnten Kristallfilter veränderbarer Band- 50

14

breite aus, bei dem der Kristall (Quarz) allein oder mit Schaltelementen zur Beseitigung seiner Parallelkapazität als Längsglied zwischen zwei als Querglieder geschalteten Schwingungskreisen liegt. Die Erfindung besteht darin, daß zur Bandbreitenregelung eine Einrichtung dient, welche entweder gleichzeitig die beiden Schwingungskreise gleich- oder gegensinnig verstimmt oder gleichzeitig die Kopplungen zwischen dem Kristall und den beiden Kreisen in gleichem Sinne ändert.

Im folgenden wird die Erfindung nun näher erklärt.

Ein Kristall, insbesondere ein Quarz, hat ein Ersatzbild nach Abb. 1. Die Größenordnung der Elemente dieses Schaltbildes ist grundlegend verschieden von den sonst in der Hochfrequenztechnik gebräuchlichen Werten. Die Induktivität L liegt beispielsweise bei 1,5 MHz (200 m) in der Größenordnung von 0,3 Hy, der Ohmsche Widerstand in der Größenordnung von 20 Ohm und die Kapazität C beträgt etwa einige hundertstel pF. Der Quarz würde abseits von seiner Durchlaßresonanz unendlich gut sperren, wenn er nicht eine Parallelkapazität hätte. Also gilt es zunächst, diese Parallelkapazität aufzuheben, indem man entweder die Quarkapazität durch eine parallel liegende Selbstinduktion oder zur Erleichterung der Abstimmung durch einen Schwingkreis (Abb. 2) westimmt oder sie durch eine Brückenschaltung nach Art einer Wheatstoneschen Brücke (Abb. 3) oder auch durch eine Neutralisationsschaltung (Abb. 4) praktisch unwirksam macht. Das so hergestellte Quarzglied wird im folgenden einfach als Quarz bezeichnet und auch in Schaltbildern mit dem Quarzsymbol dargestellt. Dieser Quarz besitzt also in der Nähe der Resonanz, also in dem Gebiet, auf das es ankommt, keine Parallelkapazität mehr.

Abb. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei Schwingkreisen, die zur Bandbreitenregelung mehr oder weniger gegen die Durchlaßresonanzfrequenz verstimmt werden. Bei genauer Abstimmung ist die Bandbreite am größten. Die Wirkungsweise ist leicht einzusehen, wenn man alles vom Quarz aus ansieht, indem man sich die Schaltung an dieser Stelle aufgeschnitten denkt. Dann wirkt die Schaltung auf den Quarz wie eine Stromquelle mit einer Leerlaufspannung und einem inneren Widerstand. Die Leerlaufspannung ist offenbar gleich der ohne Quarz im Anodenkreis auftretenden Spannung

$$\mathcal{E} = S \cdot \mathcal{R}_a \cdot \mathcal{E}_g,$$

wenn S die Steilheit und \mathcal{E}_g die Gitterwechsel-

spannung und \mathcal{R}_a der jeweilige Scheinwiderstand des Schwingungskreises ist, da der innere Widerstand der Vorröhre, für die man ja im allgemeinen eine Schirmgitterröhre wählen wird, dann nicht in Betracht kommt. Der innere Widerstand der auf den Quarz wirkenden Schaltung ist gleich der Summe der beiden Schwingkreisscheinwiderstände. Der Blindteil dieser Summe interessiert nicht, da er wegen der großen Blindwiderstände des Quarzes die Eigenfrequenz der Schaltung nur geringfügig verschiebt und da sich bei der Eigenfrequenz die Blindwiderstände gegenseitig aufheben. Der Wirkteil dagegen bedämpft den Verlauf der Quarzresonanz, da mit dem Quarz die Wirkteile der beiden Schwingkreisscheinwiderstände in Reihe liegen.

Bei einer Bandbreitenerhöhung durch Annäherung der Schwingkreisresonanzen von derselben oder von entgegengesetzten Seiten her an die Quarzdurchlaßresonanz steigt die Leerlaufspannung, d. h. die zugeführte Spannung. Die vom Resonanzstrom am Ausgangsschwingungskreis entstehende Spannung würde wegen des Anwachsens des Scheinwiderstandes des Ausgangsschwingungskreises ebenfalls ansteigen, wenn nicht der Resonanzstrom wegen der gleichzeitigen Zunahme der Dämpfung in demselben Maße sinken würde, wie die untenstehende Rechnung zeigt. Die Verstärkung bleibt also konstant, und zwar solange die eingestellte Bandbreite nennenswert größer als die Eigenbandbreite des Quarzes ist. Im folgenden ist mit \mathcal{R}_a der reelle Teil von \mathcal{R}_a bezeichnet; dann ist nach dem Vorstehenden (ohne Berücksichtigung des Quarzwiderstandes) der Resonanzstrom

$$|\mathcal{I}_R| = \frac{S |\mathcal{R}_a| \mathcal{E}_g}{2 R_a}$$

und daher die Ausgangsspannung

$$|\mathcal{U}_2| = \frac{S |\mathcal{R}_a|^2 \mathcal{E}_g}{2 R_a}$$

Nun ist bei einem Schwingkreis mit dem Resonanzwiderstand R_{res}

$$\mathcal{R}_a = \frac{R_{res}}{1 + i \frac{y}{d}},$$

wenn

$$y = \frac{2 \Delta f}{f}$$

und

$$d = \frac{R}{\omega \cdot L}$$

ist (f = Eigenfrequenz, Δf = Verstimmung,

R = Dämpfungswiderstand, ωL = induktiver Widerstand des Schwingungskreises).

Dann ist also

$$R_a = \frac{R_{res}}{1 + y^2/d^2}$$

und

$$|\mathfrak{R}_a| = \frac{R_{res}}{\sqrt{1 + y^2/d^2}}$$

Hieraus folgt Verstärkung

$$v = \frac{U_2}{U_g} = \frac{S \cdot R_{res}}{2}$$

Also ist die Verstärkung konstant.

Die genaue Formel, welche die Änderung der Verstärkung in der Nähe der Eigenbandbreite b_0 des Quarzes unter Berücksichtigung des Quarzwiderstandes angibt, lautet

$$v = \frac{S \cdot R_{res}}{2} \left(1 - \frac{b_0}{b} \right),$$

wenn b die jeweils eingestellte Bandbreite ist.

Ein guter Quarz hat Eigenbandbreiten von etwa 5 Hz bei 1,5 MHz; wenn man als niedrigste einstellbare Bandbreite 20 Hz festsetzt, so ändert sich mithin von der kleinsten bis zur größten Bandbreite die Verstärkung nur um 25%. Je größer der Resonanzwiderstand der Kreise ist, desto breiter wird die Kurve.

Hierdurch ist also bei vorgeschriebener maximaler Bandbreite der Resonanzwiderstand gegeben. Da die Verstärkung genau wie beim gewöhnlichen Zwischenfrequenzverstärker dem Resonanzwiderstand proportional ist, kann man die maximale an sich erreichbare Verstärkung zunächst nicht ausnutzen. Man kann aber die volle Verstärkung der Röhre erhalten, wenn man den Quarz nur an einen so großen Teil des Schwingungskreises ankoppelt, daß der heruntertransformierte Resonanzwiderstand des Schwingungskreises den für die größte Bandbreite benötigten Höchstwert besitzt. Man kann also tatsächlich bei einem richtig aufgebauten Quarzfilter dieselben Verstärkungen erreichen wie bei einem

üblich aufgebauten Zwischenfrequenzverstärker.

Durch geeigneten Plattenschnitt oder Verwendung eines Stufenschalters kann man den Übergang von Breit- auf Schmalschaltung beliebig gestalten.

Anstatt die Schwingungskreise zu verstimmen, kann man erfindungsgemäß auch die Kopplungen, die den Quarz mit den Schwingungskreisen verbinden, stetig oder stufenweise verändern. So zeigen Abb. 6 und 7 Beispiele, bei welchen der Quarz kapazitiv bzw. induktiv unterangekoppelt ist. Die Schwingungskreise können gegen die Quarzdurchlaßfrequenz verstimmt sein, wenn die Bandbreite nicht den vollen an sich erreichbaren Wert zu haben braucht.

Weiter bietet sich eine Möglichkeit, die beiden Scheinwiderstände bzw. die beiden Kopplungen nicht gleichartig zu ändern; man kann der Verstärkung einen beliebigen Verlauf in Funktion der Bandbreite geben.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Kristallfilter veränderbarer Bandbreite, insbesondere für Empfänger, bei dem der Kristall (Quarz) allein oder mit Schaltelementen zur Beseitigung seiner Parallelkapazität als Längsglied zwischen zwei als Querglieder geschalteten Schwingungskreisen liegt, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bandbreitenregelung eine Einrichtung dient, welche entweder gleichzeitig die beiden Schwingungskreise gleich- oder gegensinnig verstimmt oder gleichzeitig die Kopplungen zwischen dem Kristall und den beiden Kreisen in gleichem Sinne ändert.

2. Kristallfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Änderung der Abstimmungen bzw. Kopplungen in der Weise miteinander gekoppelt oder ausgebildet sind, daß sie in verschiedenem, eine vorbestimmte Abhängigkeit der Verstärkung von der Bandbreite bewirkendem Maße gleichzeitig geregelt werden.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

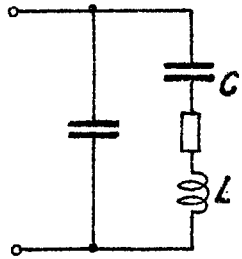


Abb. 1

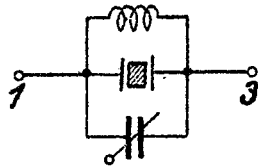


Abb. 2

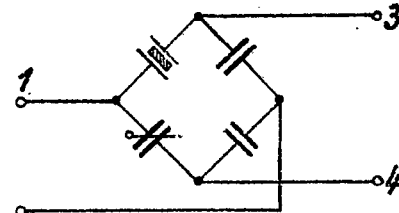


Abb. 3

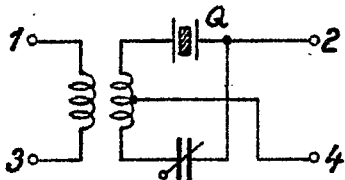


Abb. 4

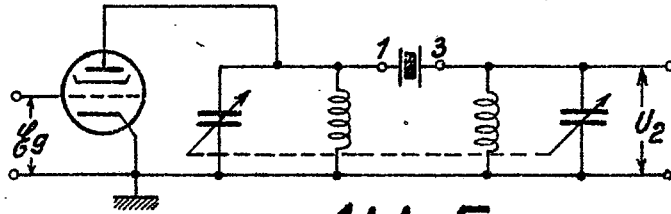


Abb. 5

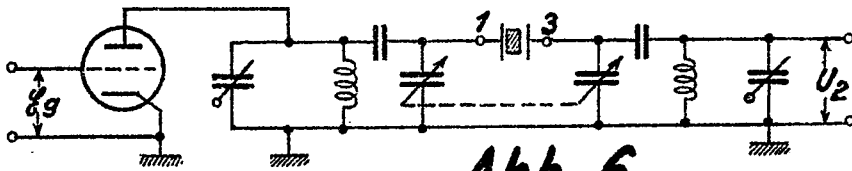


Abb. 6

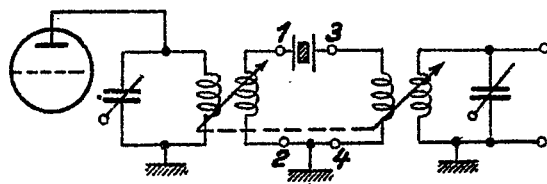


Abb. 7