

Bibliotheek
 Ber. Ind. Eigendom
 17 OCT. 1934



AUSGEBEN AM
 20. SEPTEMBER 1934

REICHSPATENTAMT
 PATENTSCHRIFT

№ 603 006

KLASSE 21 a⁴ GRUPPE 8 02

H 134700 VIII a/21 a⁴

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 6. September 1934

Dr. Kurt Heegner in Berlin-Steglitz

Durch piezoelektrischen Kristallresonator erregter Oszillator

Patentiert im Deutschen Reiche vom 5. Januar 1933 ab

Bekannt ist die Erregung von piezoelektrischen Kristallresonatoren durch Elektronenröhren zwecks Konstanthaltung der Frequenz eines Oszillators. Bei den üblichen Schaltungen hängt aber die Frequenz von den Elektrodenkapazitäten der Röhre und anderen elektrischen Schaltgrößen ab. Es besteht daher die Aufgabe, den piezoelektrischen Resonator in einer definierten Eigenfrequenz anzuregen. Eine solche bietet sich dar, wenn die Elektroden des Kristallresonators kurzgeschlossen werden. Verschiedene Näherungslösungen der Aufgabe, die Kurzschlußfrequenz anzuregen, sind bereits bekannt. Eine solche ist nach Abb. 1 dadurch gegeben, daß der Kristall Kr in die Anodenleitung einer Röhre gelegt wird und durch eine vorgeschaltete Spule L_a mit einem in der Gitterleitung der Röhre gelegenen elektrischen Kreis L_g, C_g gekoppelt wird, der auf die Kurzschlußfrequenz des Kristalls abgestimmt wird. Der Kristallkreis ist über einen dem inneren Widerstand des Kristalles angepaßten Ohmschen Widerstand R_a zu schließen. Bedeutet δ_k die Dämpfung des Kristallkreises Kr, L_a, R_a , ferner δ_g die Dämpfung des elektrischen Kreises und $\Delta\omega_g$ die Abweichung der Eigenfrequenz desselben von der Kristallfrequenz, so berechnet sich die Abweichung $\Delta\omega$ von der Kristallfrequenz ω_0 aus der Gleichung

$$\Delta\omega : \Delta\omega_g = \delta_k : \delta_g.$$

Ist $\delta_k : \delta_g = 10^{-2}$ und soll $\Delta\omega : \omega_0$ den Wert 10^{-6} erreichen, so ist der elektrische Kreis

mit einer Genauigkeit $\Delta\omega_g : \omega_0 = 10^{-4}$ einzustellen. Dies ist mit einem guten Anodeninstrument A auch ausführbar, aber der mit dem Gitter der Röhre festgekoppelte Kreis hält über längere Zeit mit dieser Genauigkeit die Eigenfrequenz nicht aufrecht. Erteilt man dem elektrischen Kreis eine größere Dämpfung, so wird zwar die erforderliche Einstellungsgenauigkeit für den elektrischen Kreis geringer, aber die Rückkopplung nimmt entsprechend ab, so daß zur Aufrechterhaltung der Schwingungen Röhren entsprechend größerer Steilheit benötigt werden.

Erfindungsgemäß wird die Schwierigkeit dadurch behoben, daß der elektrische Kreis durch dasjenige Schaltelement gedämpft wird, welches die Kopplung mit dem Kristallkreis vermittelt. Sodann hat eine Vermehrung der Dämpfung ein Anwachsen der Rückkopplung zur Folge. Um bei solchen Kopplungen die richtige Phase zu erhalten, sind jedoch im allgemeinen zwei abstimmfähige elektrische Kreise erforderlich, die mit dem Kristallkreis unmittelbar oder durch Röhren gekoppelt werden können. Die abstimmfähigen Kreise werden entweder aus Schaltelementen nach Abb. 2 gebildet, die vom zugeführten Strom i aus gesehen einen Parallelkreis L, C mit einer in den Kreis gelegten Koppelimpedanz Z darstellen, oder auch aus Schaltelementen nach Abb. 3, die einen Serienkreis C, L mit paralleler Koppelimpedanz Z darstellen. In diesen Elementen kann auch L und C miteinander vertauscht werden. Auch läßt sich L

durch einen Transformator ersetzen. Die Theorie der Schaltelemente ist folgende. In beiden Schaltungen ist der zugeführte Strom i mit der Spannung e durch die Gleichung verbunden

$$iL\omega\sqrt{-1} = e \left(1 + \frac{\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)\sqrt{-1}}{Z} \right).$$

Wird nunmehr der Kreis L, C auf die Frequenz ω abgestimmt, so vereinfacht sich die Beziehung zu

$$iL\omega\sqrt{-1} = e,$$

so daß zwischen i und e eine von Z unabhängige Beziehung besteht. Insbesondere eilt die Spannung e dem Strom i um einen Phasenwinkel von 90° voraus. Diese Beziehung setzt voraus, daß $L\omega$ und Z groß gegen den Spulenwiderstand sind. Ist Z rein ohmsch, so wird indessen auch bei kleinem Z der Phasenwinkel 90° erhalten.

Mit diesen Elementen wird der Kristallkreis nach Abb. 4, der aus einem Kristall Kr und zwei in Serie gelegten Koppelimpedanzen Z_1' und Z_2' besteht, unmittelbar oder über Elektronenröhren in geschlossener Folge gekoppelt. Ausführungsbeispiele zeigen Abb. 5, 6, 7. In Abb. 5 ist in die Anodenleitung einer Elektronenröhre ein Parallelkreis L_1, C_1 nach Abb. 2 geschaltet. Durch die in den Kreis gelegte Koppelimpedanz Z_1 ist der Kristallkreis Z_1, Kr, Z_2 angekoppelt und durch die Koppelimpedanz Z_2 der Serienkreis L_2, C_2 nach Abb. 3. Die Spannung an der Spule L_2 wird auf das Gitter der Röhre gegeben. In Abb. 6 ist in die Anodenleitung der oberen Röhre der Ohmsche Widerstand R_a gelegt (welcher einem der beiden Impedanzen in Abb. 4 gleichzusetzen ist) und an diesen der Kristallkreis R_a, Kr, Z_1 gekoppelt, an Z_1 der Serienkreis L_1, C_1 . Die Spannung an C_1 ist auf das Gitter der unteren Röhre gegeben. Diese enthält in der Anodenleitung den Parallelkreis L_2, C_2 , und die Spannung an der in den Kreis geschalteten Impedanz Z_2 ist auf das Gitter der oberen Röhre gegeben. Die Zweiröhrenanordnung läßt bereits wesentlich verschiedene Lösungen zu. So kann an Stelle des Parallelkreises L_2, C_2 ein Serienkreis nach Abb. 3 treten. Abb. 7 zeigt noch eine Dreiröhrenanordnung, in der jeder Kreis mit dem folgenden durch eine Röhre gekoppelt ist.

Die Koppelimpedanzen Z_1 und Z_2 sind möglichst groß zu wählen und sollen eine vorwiegend Ohmsche Komponente besitzen, damit diese in der beabsichtigten Weise die elektrischen Kreise dämpfen. Die Impedanzen sind überdies in der Weise zu bemessen, daß Störwellen, die durch die Elektrodenkapazität des Kristalls verursacht werden können,

unterdrückt werden. In der Einröhrenanordnung von Abb. 5 läßt sich eine der Impedanzen entbehren, wenn die andere kleiner bemessen wird. Auch können beide Impedanzen in Fortfall kommen, wenn dem Kristall ein Widerstand parallel geschaltet wird. Dasselbe ist in der Zweiröhrenanordnung von Abb. 6 die Impedanz Z_1 zu entbehren, wenn Z_2 klein gewählt wird oder dem Kristall ein Widerstand parallel gelegt wird. Andererseits sind die Koppelimpedanzen, da sie auch Blindkomponenten besitzen dürfen, zur Ankopplung an höhere Energiestufen geeignet. So kann in Abb. 5 die Impedanz Z_1 und in Abb. 6 die Impedanz Z_2 in den Gitterkreis der nachfolgenden Verstärkerstufe des Senders gelegt werden.

Die genauere Abstimmung der elektrischen Kreise auf die Kristallfrequenz läßt sich bei der Einröhrenanordnung in Abb. 5 etwa folgendermaßen ausführen. Die Impedanz Z_2 wird durch einen Ohmschen Widerstand ersetzt, der in der Größenordnung des Spulenwiderstandes von L_2 liegt. Wenn die Schwingungen hierbei aussetzen, ist dem Kristall ein geeigneter Widerstand parallel zu schalten. Die Abstimmung des Seriengliedes C_2, L_2 läßt sich sodann an dem Anodenstrom der Röhre erkennen. Sodann wird der Kristallkreis Z_1, Kr, Z_2 durch einen niederohmigen Koppelwiderstand ersetzt und der Kreis L_1, C_1 auf den Kreis L_2, C_2 abgestimmt. In ähnlicher Weise ist bei anderen Schaltungen zu verfahren.

In der Einröhrenanordnung von Abb. 5 ist die Verwendung einer Schirmgitterröhre zweckmäßig, damit der innere Widerstand der Röhre groß ist gegen den Scheinwiderstand $L_1\omega$. Dasselbe gilt für die untere Röhre in Abb. 6. Bei hohen Frequenzen werden allgemein Schirmgitterröhren notwendig, damit durch Abschätzungen die Gitter-Anoden-Kapazität der Röhren auf ein Minimum reduziert wird. Eine besondere Abschätzung wird für die Einröhrenanordnung notwendig, die in Abb. 8 angegeben ist. Das von der Impedanz Z_2 zum Kristall oder zum Kondensator C_2 führende Leitungsstück hat nach Abstimmung des Kreises L_2, C_2 auf die Kristallfrequenz eine geringe Spannung gegen Kathode. Daher ist es zweckmäßig, dieses Leitungsstück durch die abschützende Wand zu führen.

Eine besondere Eigenschaft der Zweiröhrenanordnung in Abb. 6 ist die, daß die Phasenfehler, welche einerseits durch den Ohmschen Widerstand der Spule L_2 und andererseits durch die Ableitung der Kapazität C_1 verursacht werden, sich subtrahieren und bei geeigneter Bemessung der Ohmschen Komponenten sich aufheben. Die Rückkopplung ist durch den Anodenwiderstand R_a leicht regu-

10
5
10
15
20
25
30
35
40
45

lierbar. Die diesem Widerstand parallele Elektroden- und Leitungskapazität bewirkt ebenfalls einen Phasenfehler. Der Widerstand ist daher klein zu halten, oder diesem ist eine kleine geeignet bemessene Spule vorzuschalten. Zu der Anordnung in Abb. 8 ist noch zu bemerken, daß die Blockkondensatoren sich in der Weise bemessen lassen, daß die Induktivitäten im Gitter- und Anodenkreis kompensiert werden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Durch piezoelektrischen Kristallresonator erregter Oszillator, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Erregung der Kurzschlußfrequenz des Kristalls zwei abstimmbare elektrische Kreise, die entweder aus einem Parallelkreis mit einer in den Kreis geschalteten Koppelimpedanz oder aus einem Serienkreis mit einer dem Kreise parallel geschalteten Koppelimpedanz bestehen, unmittelbar oder durch Elektronenröhren in einer in sich geschlossenen Folge mit einem Kristallkreis gekoppelt sind, der aus einem Kristall und zwei in Serie gelegten Koppelimpedanzen besteht.

2. Einröhrenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Anodenkreis der Röhre ein Parallelkreis gekoppelt ist, mit dem Parallelkreis der Kristallkreis und mit diesem ein Serienkreis gekoppelt ist, dessen Spannung auf das Gitter der Röhre gegeben wird.

3. Zweiröhrenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den Anodenkreis der einen Röhre ein Widerstand geschaltet ist, mit diesem der Kristallkreis gekoppelt ist und mit diesem ein Serienkreis, dessen Spannung an das Gitter der zweiten Röhre gelegt ist und bei welcher die zweite Röhre mit der ersten entweder durch einen Parallelkreis oder durch einen Serienkreis gekoppelt ist.

4. Dreiröhrenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kreis mit dem folgenden durch eine Röhre gekoppelt ist.

5. Einröhrenanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Koppelimpedanzen in Fortfall kommt oder daß eine oder beide Impedanzen durch einen dem Kristall parallel geschalteten Widerstand ersetzt sind.

6. Zweiröhrenanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Impedanz, welche den Kristallkreis mit dem Serienkreis koppelt, durch einen dem Kristall parallel geschalteten Widerstand ersetzt ist.

7. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Koppelimpedanzen in den Gitterkreis der nachfolgenden Verstärkerstufe des Senders gelegt ist.

8. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Kristall ein Widerstand parallel geschaltet ist.

9. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Kreise vermittels eines Anodenstrominstrumentes, welches in dem Anodenkreis der amplitudenbegrenzenden Röhre liegt, auf die Kristallfrequenz abgestimmt werden.

10. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Schirmgitterröhren Verwendung finden.

11. Anordnung nach Anspruch 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß Abschützungen in der Weise vorgenommen werden, daß die Gitter-Anoden-Kapazitäten auf ein Minimum reduziert sind.

12. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenfehler, die die Ohmschen Komponenten der in den Gitterkreisen gelegenen Spulen und Kapazitäten verursachen, durch Wahl der Werte dieser Komponenten sich gegenseitig aufheben.

13. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Koppelimpedanzen veränderlich ausgebildet sind.

14. Anordnung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß den Koppelimpedanzen passend gewählte Spulen vorgeschaltet sind, so daß die durch Leitungskapazität bedingten Phasenfehler kompensiert sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

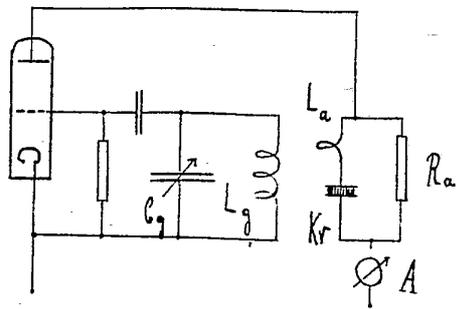


Abb. 1

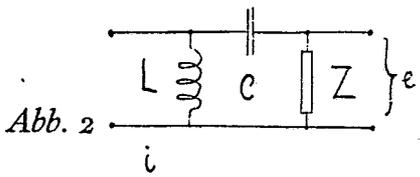


Abb. 2

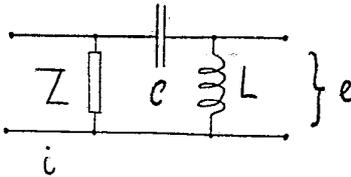


Abb. 3

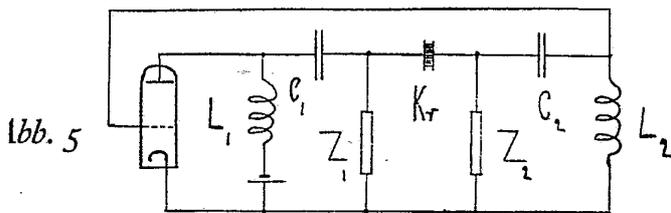


Abb. 5

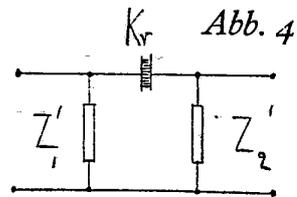


Abb. 4

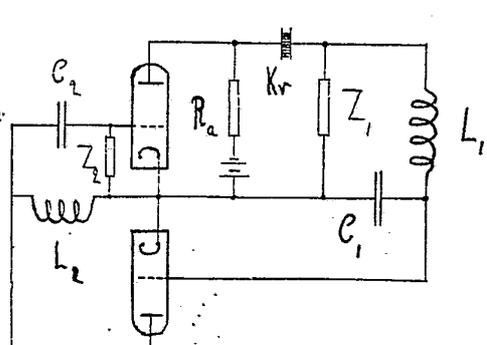


Abb. 6

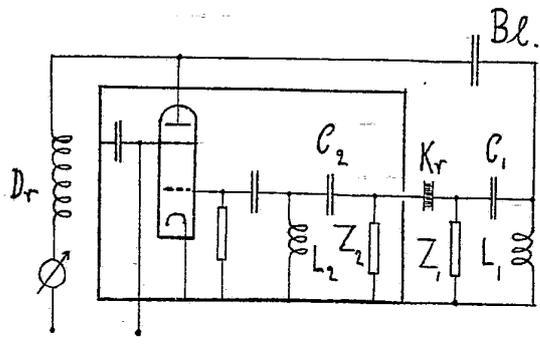


Abb. 8

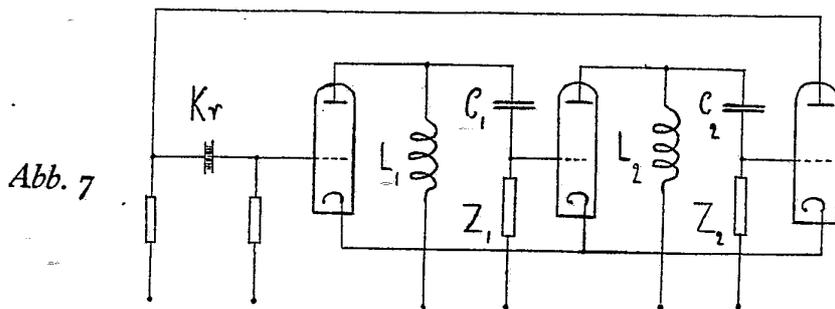


Abb. 7