

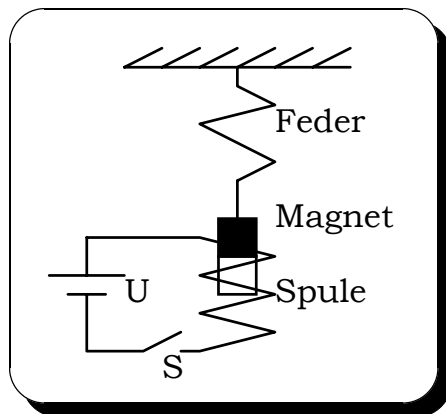
2.1.3 Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen; Rückkopplung

Ungedämpfte Schwingungen

Ein realer Schwingkreis führt wegen des nie vernachlässigbaren ohmschen Widerstands gedämpfte Schwingungen aus. Ungedämpfte Schwingungen sind nur dann möglich, wenn man dem Schwingkreis periodisch und phasenrichtig Energie zuführt. Man denke zum Vergleich etwa an eine Schaukel, die man auf diese Weise trotz Reibung in Schwung halten kann.

Im folgenden soll versucht werden, einem mechanischen bzw. einem elektrischen schwingungsfähigen System Energie von außen im geeigneten Moment zuzuführen.

Versuch:

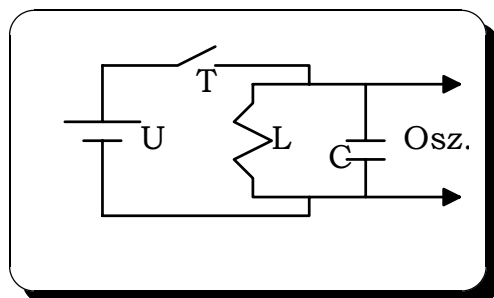


Ein an einer Feder befestigter Stabmagnet taucht teilweise in die Spule eines Elektromagneten. Dann wird der Schalter periodisch und kurzzeitig geschlossen.

Ergebnis: Wird der Schalter so geschlossen, daß der Magnet während der Abwärtsbewegung zusätzlich von der Spule angezogen wird, dann schaukelt sich allmählich eine ungedämpfte Schwingung auf.

Die vergleichbare Schaltung für einen elektromagnetischen Schwingkreis sieht so aus:

Versuch:



Ein Schwingkreis ($C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ F}$, $L = 630 \text{ H}$) ist mit einem Oszillographen verbunden, der die Kondensatorspannung registriert. Über eine Taste kann der Schwingkreis an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen werden. Ergebnis: Eine ungedämpfte Schwingung ist möglich, wenn der mit dem Pluspol der Spannungsquelle verbundene Taster T dann gedrückt wird, wenn der Anschlusspunkt an den Schwingkreis positiv geladen ist.

Erklärung: Nur im oben beschriebenen Zeitpunkt kann die Batterie dem Kreis eine zusätzliche Energiespritze liefern und die Energieverluste durch den ohmschen Widerstand ausgleichen. Zum Vergleich sei an das Laden eines Akkus erinnert ("Plus an Plus"); bei falscher Polung würde der Akku wie bei einem Kurzschluss entladen.

Im folgenden Abschnitt soll die phasenrichtige Energiezufuhr automatisch und im richtigen Augenblick und durch den Schwingkreis selbst gesteuert erfolgen; eine derartige Rückwirkung des Schwingkreises auf sich selbst nennt man Rückkopplung. Rückkopplung tritt auch bei nicht-elektrischen Regelkreisen auf.

Beispiele:

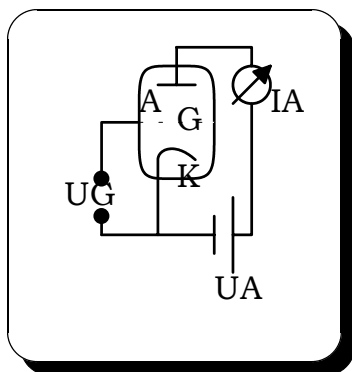
1. Rückkopplung beim Regulator
2. Pupillenreaktion
3. Käuferverhalten.

Triode und Transformator als Schaltelemente

Bei höheren Schwingungsfrequenzen ist diese mechanische Steuerung der Energiezufuhr nicht mehr möglich. Vielmehr muss die sog. Rückkopplung durch den Schwingkreis selbst gesteuert werden. Dazu ist ein automatischer Schalter notwendig, der dem Schwingkreis im richtigen Augenblick Energie zuführt.

Ein Bestandteil dieses Schalters ist die Triode:

Versuch:



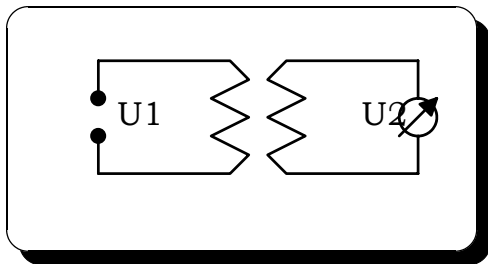
Aus der Glühkathode K austretende Elektronen fliegen im elektrischen Feld zur Anode; sie bilden den Elektronenstrom. An die dritte Elektrode, das

Gitter, kann ein gegenüber der Kathode wahlweise positives oder negatives Potential oder Wechselspannung gelegt werden.

Ergebnisse: Bei gegenüber der Kathode positivem Gitterpotential steigt der Anodenstrom an; dagegen genügt ein nur schwaches negatives Gitterpotential gegenüber der Kathode, um den Anodenstrom zu unterbinden. Bei Wechselspannung am Gitter pulsiert der Anodenstrom im Takt der Wechselspannung; der Röhrenwiderstand wird mit dem Gitter gesteuert.

Der richtige Zeitpunkt für die Energiezufuhr im Schwingkreis kann mit einer Trafo-Anordnung gesteuert werden:

Versuch:



Zwei Spulen sind mit gemeinsamem Eisenkern in üblicher Transformatorschaltung aufgebaut. Es wird am Oszillographen die Phasenlage der Sekundärspannung gegenüber der Primärspannung beobachtet.

Ergebnis: Je nach Polung der Anschlüsse besteht zwischen Primär- und Sekundärspannung ein Phasensprung von 0° oder 180° .

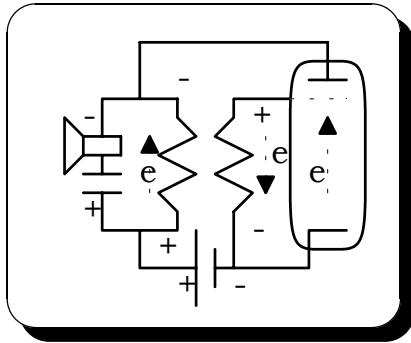
Genauer zur Phasenbeziehung zwischen Primär- und Sekundärkreis wird im nächsten Kapitel untersucht.

Die Meißnersche Rückkopplungsschaltung

Einem elektromagnetischen Schwingkreis muss im richtigen Augenblick Energie zugeführt werden, um ihn zu ungedämpften Schwingungen anzuregen.

Der Energietransport im richtigen Augenblick kann durch Fremdsteuerung oder durch Eigensteuerung bewirkt werden. Die klassische Schaltung zur Selbststeuerung des Schwingkreises wurde durch A. Meißner (Meißner-Schaltung, 1913) entwickelt:

Versuch:



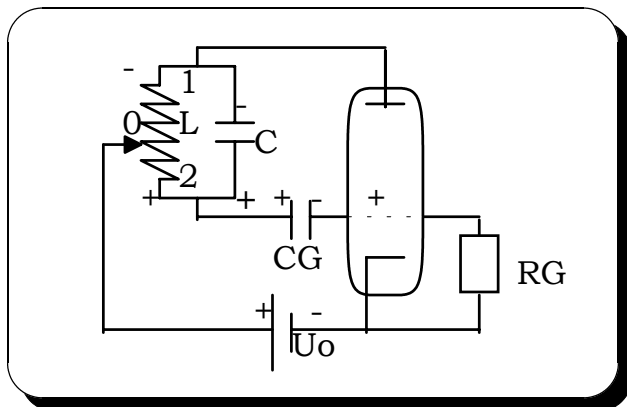
In der skizzierten Schaltung ist an die Schwingkreisspule eine Induktionspule angekoppelt, die den Ladezustand des Gitters und damit den Röhrenwiderstand bzw. den Anodenstrom im Takt des Schwingkreises steuert. Im Schwingkreis befindet sich noch ein Lautsprecher, der die ungedämpften Schwingungen hörbar macht.

In die Schaltskizze sind die Verhältnisse in einem bestimmten Augenblick eingezeichnet: Die obere Kondensatorplatte B wird negativ aufgeladen; dann fließt ein Elektronenstrom in der Schwingkreisspule nach oben, in der entsprechend angekoppelten Gitterspule nach unten. Dann ist das Gitter positiver als im Normalzustand, verringert den Röhrenwiderstand und lässt mehr Elektronen zur Anode und von dort zum Punkt B des Schwingkreises gelangen. Die Anodenspannung führt also dem Schwingkreis genau im richtigen Moment Energie zu.

Zusammenfassung: Der Schwingkreis steuert sich selbst über die Rückkopplungsspule so, daß die Triode (oder der Transistor) im richtigen Zeitabschnitt leitend ist; dabei wird dem Schwingkreis Energie zugeführt. Die Schwingung schaukelt sich wo weit auf, bis die Dämpfungsverluste durch diese Energiezufuhr ausgeglichen sind.

Eine recht übersichtliche Schaltung vor allem für höhere Frequenzen ist die sog. Dreipunktschaltung, eine modifizierte Meißner-Schaltung:

Versuch:



Anmerkungen zur Funktion:

1. In der skizzierten Schaltung dient die ganze Spule als Schwingkreisspule, die untere Hälfte als Rückkopplungsspule.
2. Ordnet man etwa dem Mittelabgriff ein Potential 0 zu, haben die Spulenden 1 und 2 entgegengesetzte Polarität; das Gitter ist dann positiver als im Normalzustand, der Anodenstrom steigt und lädt den Kondensator C zusätzlich auf.
3. Zwischen den Punkten 2 und 0 liegt die Anodenspannung U_0 ; um diese zu sperren, dient der Kondensator C_G , der aber die Gitterwechselspannung durchlässt.
4. Elektronen, die zufällig auf das Gitter gelangen, laden dieses allmählich negativ auf, so daß kein Anodenstrom mehr fließen kann und die Schwingung erlischt. Der Gitterableitwiderstand R_G leitet derartige Elektronen zur Kathode ab.