

Grundlagen für die Elektronik

Teil 9

Schwingkreise, *Fortsetzung*

10. Das Thema Schwingkreise wurde bereits im vorangegangenen Heft begonnen und soll nun in dieser Ausgabe fortgesetzt und abgeschlossen werden.

10.1 Reihen-Resonanz

Prinzipiell wurde im vorherigen Heft der Begriff der Resonanz bereits erläutert. Wir wollen uns zu Beginn speziell mit dem Reihenschwingkreis befassen.

Reihenschwingkreise werden z. B. als Saugkreise eingesetzt, um die Resonanzfrequenz

Die beiden Teilspannungen U_L und U_C an Induktivität „L“ und Kapazität „C“ sind ebenso wie die beiden Blindwiderstände X_L und X_C gleich groß, wie Bild 2 zeigt.

Da der Resonanzstrom „I“ bekanntlich nur vom Wirkwiderstand R abhängt, können an den Blindwiderständen Spannungen auftreten, die größer als die Netzspannung U sind, sobald X_L und X_C größer als R sind. Diese Tatsache ist besonders zu beachten, weil gegebenenfalls an Induktivität und Kapazität Spannungen U_L und U_C auftreten, die für die Isolation gefährlich werden können.

Welchen Kapazitätsbereich C_2 bis C_1 muß der Drehkondensator umfassen?

$$f_1 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}} \quad f_2 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}}}{\frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}}} = \frac{\sqrt{C_2}}{\sqrt{C_1}}$$

Die beiden Gleichungen wurden dividiert und durch $2\pi \cdot \sqrt{L}$ gekürzt.

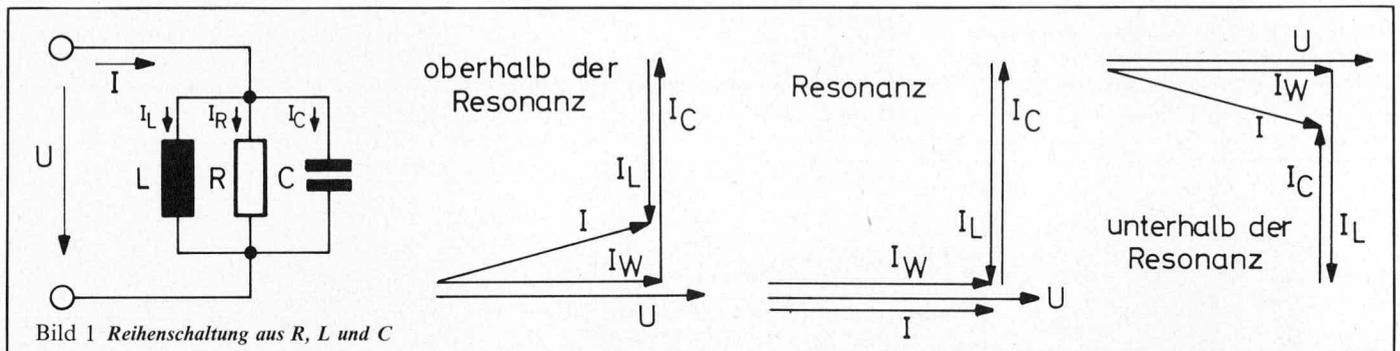


Bild 1 Reihenschaltung aus R, L und C

f_{res} aus einem Gemisch verschiedener Frequenzen herauszusieben.

Die Resonanzbedingung für diese Kombination ergibt sich daraus, daß der Phasenwinkel φ (Phl) zwischen Spannung und Strom und damit der Blindwiderstand $X = X_L + X_C$ zu Null werden.

$$\varphi = 0 \text{ und } X = X_L + X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

Dann ist der von der anliegenden Spannung U erzeugte Resonanzstrom

$$I = \frac{U}{R}$$

ein reiner Wirkstrom.

Auch die nachstehende Thomsonsche Schwingungsformel ist uns bereits bekannt

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Anhand der bisher erworbenen Kenntnisse soll nun ein Beispiel durchgerechnet werden:

Beispiel:

In einem Schwingkreis soll ein Resonanzfrequenzbereich von $f_1 = 86 \text{ MHz}$ bis $f_2 = 104 \text{ MHz}$ mittels eines Drehkondensators einstellbar sein.

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

Somit muß der Kondensator ein Kapazitätsverhältnis von

$$\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 = \left(\frac{86 \text{ MHz}}{104 \text{ MHz}}\right)^2 \text{ haben.}$$

Schaltet man einen Wirkwiderstand, eine Induktivität und eine Kapazität in Reihe und legt sie an eine sinusförmige Wechselspannung mit veränderbarer Frequenz, so ergibt sich für den von f abhängigen Strom I der in Bild 3 dargestellte Kurvenverlauf.

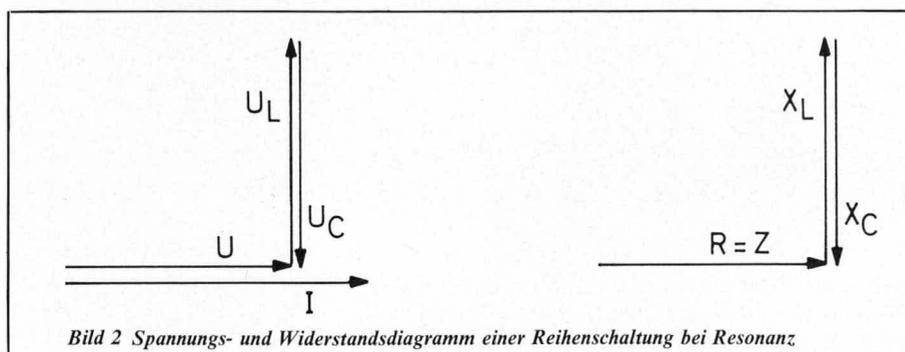


Bild 2 Spannungs- und Widerstandsdiagramm einer Reihenschaltung bei Resonanz

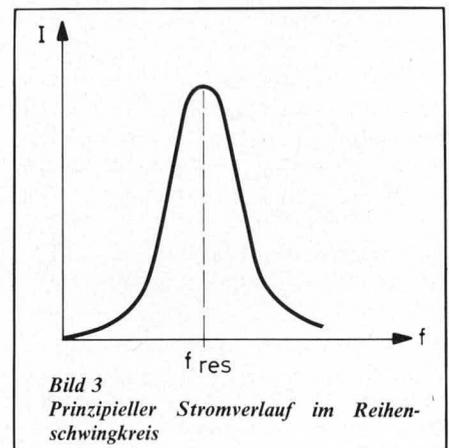


Bild 3 Prinzipieller Stromverlauf im Reihenschwingkreis

Aus diesem Diagramm ist ersichtlich, daß die Kurve von I in Resonanznähe sehr rasch ansteigt bzw. fällt. Diese Resonanzlage ist um so schärfer ausgeprägt, je kleiner der Wirkwiderstand R im Verhältnis zu den Resonanz-Blindwiderständen

$$X = 2\pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \text{ ist.}$$

Bei einer Abhängigkeit von Strom, Spannung und Phasenwinkel von der Frequenz spricht man von Frequenzgang.

Das Verhältnis einer Teilspannung zur Gesamtspannung nennt man die Güte „Q“ des Reihenschwingkreises

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U}$$

Bei Resonanz ist jede der beiden Teilspannungen Q-mal so groß wie die angelegte Spannung. Oder, da bei Reihenschaltung sich die Spannungen wie die Widerstände verhalten:

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R}$$

Der Resonanzwiderstand R ist so groß wie der Verlustwiderstand des Reihenschwingkreises. Die Verluste in der Spule sind meist wesentlich größer als die Verluste im Kondensator. Daher versucht man die Spulenverluste möglichst gering zu halten, um eine hohe Schwingkreisgüte zu erhalten. Man verwendet Litzen oder versilberte Kupferdrähte als Leiter und Kerne aus Ferrit.

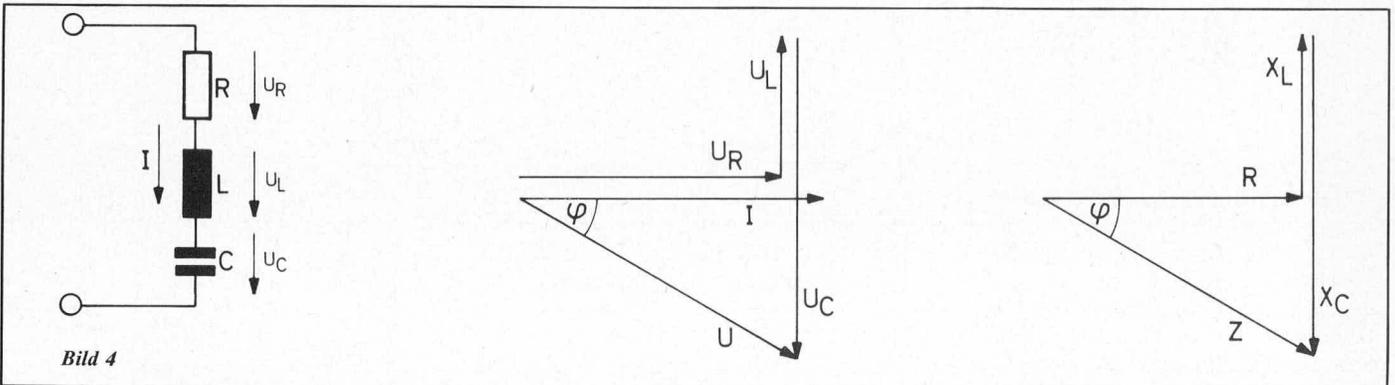


Bild 4

10.2 Parallel — Resonanz

Die Parallelschaltung einer Spule, eines Widerstandes und eines Kondensators nennt man Parallelschwingkreis.

Legt man die Schaltung, deren grundsätzliches Verhalten uns bereits aus Teil 8 bekannt ist, an eine Wechselspannung und verändert nun die Frequenz so lange, bis der Gesamtstrom ein Minimum erreicht hat, so hat man die Resonanz herbeigeführt.

Mißt man nun die Teilströme, so stellt man fest, daß der Kondensatorstrom und der Spulenstrom gleich groß sind. Jeder genannte Teilstrom ist jedoch größer als der Gesamtstrom.

Bei Resonanz im Parallelschwingkreis ist der Gesamtstrom in der Zuleitung am kleinsten.

Die Teilströme werden durch die gemeinsame Spannung an der Parallelschaltung verursacht. Da die Teilströme bei Resonanz gleich groß sind, müssen auch die Blindwiderstände gleich groß sein. Dieses ist die

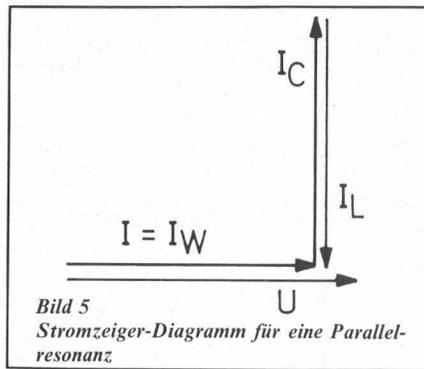


Bild 5
Stromzeiger-Diagramm für eine Parallelresonanz

gleiche Resonanzbedingung wie beim Reihenschwingkreis.

Die Ströme durch den induktiven und den kapazitiven Widerstand heben sich wegen der entgegengesetzten Phasenlage auf. Der Parallelschwingkreis verhält sich bei Resonanz wie ein Wirkwiderstand. Ober- und unterhalb der Resonanzfrequenz ist der Scheinwiderstand Z des Parallelschwingkreises immer kleiner als der Resonanzwiderstand R.

Der induktive und der kapazitive Widerstand sind bei Resonanz wesentlich kleiner als der Resonanzwiderstand. Daher fließen durch den Kondensator und durch die Spule größere Ströme. Beim Parallelschwingkreis tritt in Spule und Kondensator eine Stromüberhöhung auf.

Das Verhältnis eines Teilstromes zum Gesamtstrom nennt man die Güte Q des Paral-

lschwingkreises

$$Q = \frac{I_L}{I} = \frac{I_C}{I}$$

Bei Resonanz ist jeder der beiden Teilströme Q-mal so groß wie der Gesamtstrom. Die Verluste in der Spule sind meist wesentlich größer als die Verluste im Kondensator. Die Güte des Schwingkreises ist also annähernd

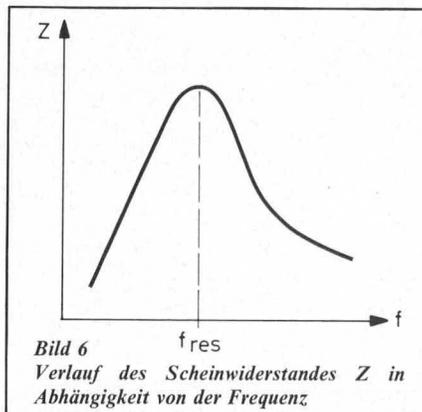


Bild 6
Verlauf des Scheinwiderstandes Z in Abhängigkeit von der Frequenz

so groß wie die Güte der Spule ($Q \approx Q_L$). Die Spulengüte Q_L ist das Verhältnis des induktiven Widerstandes X_L zum Wirkwiderstand R.

Den Parallelschwingkreis benutzt man, um aus einem Frequenzgemisch eine bestimmte Frequenz herauszusieben.

Schaltet man den Parallelschwingkreis in Reihe zum Verbraucher, so sperrt er die Resonanzfrequenz, weil bei ihr der hohe Resonanzwiderstand auftritt. Aus diesem Grund nennt man den Parallelschwingkreis auch Sperrkreis.

Hiermit soll nun nicht nur das Gebiet der Schwingkreise abgeschlossen sein, sondern auch die Grundlagen der Wechselstromtechnik.

Zur Erinnerung wollen wir Ihnen nachstehend eine grobe Zusammenfassung aller bisherigen Folgen der Grundlagen-Serie geben:

Nachdem wir zuerst den ohmschen Widerstand kennenlernten, erfuhren wir dann in Teil 4 die grundlegenden Vorgänge im elektromagnetischen Feld. Wir hatten daraufhin eine Vorstellung von der Ummagnetisierungskennlinie und von der Selbstinduktionsspannung.

Mit diesen Grundkenntnissen ging es dann an die Erzeugung von Wechselspannung. In diesem Zusammenhang wurden ebenfalls die verschiedenen Werte wie Effektivwert, Spitzenwert und Amplitude erläutert.

Um die Vorgänge beim Wechselstrom besser zu verdeutlichen, beschäftigten wir uns in Teil 6 mit Zeigerbildern. Es wurde klar, daß man Wechselstromgrößen am übersichtlichsten mit Zeigerbildern darstellen kann.

Bei der Blindstromkompensation lernten wir den Leistungsfaktor und die Bedeutung der Kompensation anhand eines Beispiels kennen.

Seit Teil 8 schrieben wir über die Schwingkreise, deren Haupteinsatzgebiet die Hochfrequenztechnik ist. Jedoch auch im Niederfrequenzbereich haben sie ihre Bedeutung. Es sei hier nur die Rundsteueranlage der Stadtwerke genannt, die die Straßenbeleuchtung mit ca. 700 Hz, die über Netzleitungen zu den Lampensteuerungen gelangen, schalten.

In der nächsten Ausgabe werden wir mit der Beschreibung des Aufbaues und der Funktion weiterer Bauelemente, wie z. B. NTC-Widerstand, Dioden, Thyristoren usw. beginnen.