7.6 Schaltung aus Spule, Kondensator und Wirkwiderstand

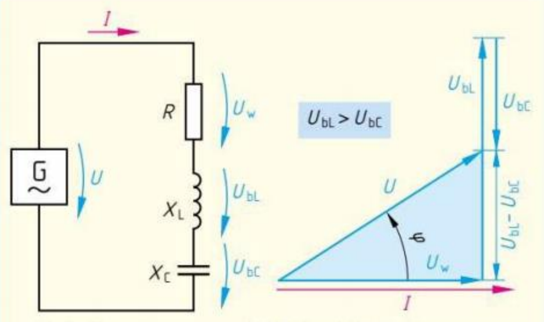
7.6.1 Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand

Bei der Reihenschaltung **(Bild 1a)** wirken die kapazitive und die induktive Blindspannung einander entgegen, da die induktive Blindspannung U_{bL} dem Strom um 90° vor- und die kapazitive Blindspannung U_{bC} dem Strom um 90° nacheilen **(Bild 1b)**. Die Gesamtspannung U ergibt sich durch geometrische Addition der Teilspannungen.

In Periodenabschnitten, in denen die Induktivität Energie aufnimmt, gibt die Kapazität Energie ab. Im Zeigerbild der Widerstände **(Bild 2a)** sind die Zeiger für die Blindwiderstände und im Zeigerbild der Leistungen **(Bild 2b)** die Zeiger für die Blindleistungen entgegengesetzt gerichtet. Der Scheinwiderstand (Gesamtwiderstand) Z und die Scheinleistung (Gesamtleistung) S ergeben sich durch geometrische Addition der Teilwiderstände bzw. der Teilleistungen.

Ist der induktive Blindwiderstand X_L größer als der kapazitive Blindwiderstand X_C, so wirkt die Schaltung **Bild 1a** induktiv. Im Zeigerbild der Widerstände eilt der Zeiger für Z dem Zeiger für R vor **(Bild 2a)**. Ist die kapazitive Blindleistung Q_C größer als die induktive Blindleistung Q_L, so wirkt die Schaltung vorwiegend kapazitiv **(Bild 2b)**.

Sind beide Blindanteile gleich groß, so hat der Stromkreis den kleinsten Widerstand $Z = R$ und die kleinste Leistung $S = P$. Der Strom erreicht dabei den Höchstwert **(Resonanz, Reihenschwingkreis, Seite 151)**.



a) Schaltung **b)** Zeigerbild der Spannungen

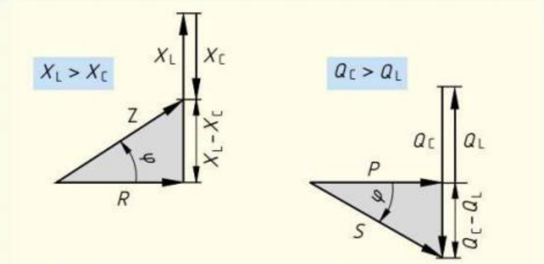
Bild 1: Reihenschaltung aus R, X_L und X_C

Spannungen in der Reihenschaltung

$$U^2 = U_w^2 + (U_{bL} - U_{bC})^2 \Rightarrow$$

$$U = \sqrt{U_w^2 + (U_{bL} - U_{bC})^2}$$

U	Gesamtspannung	U_{bL}	induktive Blindspannung
U_w	Wirkspannung	U_{bC}	kapazitive Blindspannung



a) Zeigerbild der Widerstände vorwiegend induktiv **b)** Zeigerbild der Leistungen vorwiegend kapazitiv

Bild 2: Zeigerbilder der Widerstände und Leistungen bei der Reihenschaltung aus R, X_L und X_C

Beispiel:

Berechnen Sie **a)** den Scheinwiderstand Z der Schaltung **Bild 1a**, wenn $R = 300\ \Omega$, $L = 2$ H, $C = 6\ \mu$F und die Frequenz $f = 50$ Hz sind. **b)** Wie groß sind Scheinleistung S, Wirkleistung P, induktive Blindleistung Q_L und kapazitive Blindleistung Q_C an der Gesamtspannung $U = 230$ V?

Lösung:

a) $X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 2 \cdot \text{H} = 628\ \Omega$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 6 \cdot 10^{-6}\ \text{F}} = \frac{10^6}{1885}\ \Omega = 531\ \Omega$$

$$X = X_L - X_C = 628\ \Omega - 531\ \Omega = 97\ \Omega$$

$$\mathbf{Z} = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(300\ \Omega)^2 + (97\ \Omega)^2} = \sqrt{99\,409\ \Omega^2} = \mathbf{315\ \Omega}$$

b) $I = \frac{U}{Z} = \frac{230\ \text{V}}{315\ \Omega} = 0{,}73$ A

$\mathbf{S} = U \cdot I = 230\ \text{V} \cdot 0{,}73\ \text{A} = \mathbf{168\ VA}$

$\mathbf{P} = I^2 \cdot R = (0{,}73\ \text{A})^2 \cdot 300\ \Omega = \mathbf{160\ W}$

$\mathbf{Q_L} = I^2 \cdot X_L = (0{,}73\ \text{A})^2 \cdot 628\ \Omega = \mathbf{335\ var}$

$\mathbf{Q_C} = I^2 \cdot X_C = (0{,}73\ \text{A})^2 \cdot 531\ \Omega = \mathbf{283\ var}$

Widerstände und Leistungen

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

$$Z = \frac{U}{I} \qquad S = U \cdot I$$

$$P = I^2 \cdot R \qquad Q_L = I^2 \cdot X_L \qquad Q_C = I^2 \cdot X_C$$

Z	Scheinwiderstand (Gesamtwiderstand)	S	Scheinleistung (Gesamtleistung)
R	Wirkwiderstand	P	Wirkleistung
X_L	induktiver Blindwiderstand	Q_L	induktive Blindleistung
X_C	kapazitiver Blindwiderstand	Q_C	kapazitive Blindleistung
I	Strom	U	Gesamtspannung

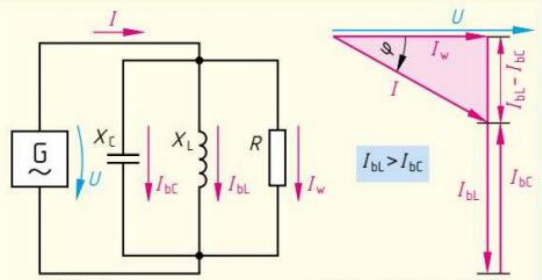
7.6.2 Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand

Bei der Parallelschaltung **(Bild 1a)** eilt der induktive Blindstrom I_{bL} der gemeinsamen Spannung U um 90° nach. Der kapazitive Blindstrom I_{bC} durch die Kapazität eilt der Spannung U um 90° voraus. I_{bC} und I_{bL} sind also immer entgegengesetzt gerichtet **(Bild 1b)**. Dadurch wirkt die Kapazität in den Periodenabschnitten als Verbraucher, in denen die Induktivität als Erzeuger wirkt und umgekehrt. Der Gesamtstrom ergibt sich aus den Teilströmen durch geometrische Addition.

Wenn der induktive Blindstrom I_{bL} größer als der kapazitive Blindstrom I_{bC} ist, wirkt die Parallelschaltung aus R, L und C vorwiegend induktiv **(Bild 1b)**. Ist der kapazitive Blindstrom I_{bC} größer als der induktive Blindstrom I_{bL}, wirkt die Schaltung vorwiegend kapazitiv **(Bild 2a)**.

Sind beide Blindanteile gleich groß, ist der Scheinwiderstand Z der Schaltung am größten **(Resonanz, Parallelschwingkreis, Seite 152)**.

Bei der Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand entsteht das Zeigerbild der Leitwerte **(Bild 2a)**, indem man die Zeiger im Stromdreieck durch die Spannung U dividiert. Wenn man die Zeiger im Stromdreieck **(Bild 1b)** mit der Spannung U multipliziert, erhält man das Zeigerbild der Leistungen **(Bild 2b)**.



a) Schaltung b) Zeigerbild der Ströme (vorwiegend induktiv)

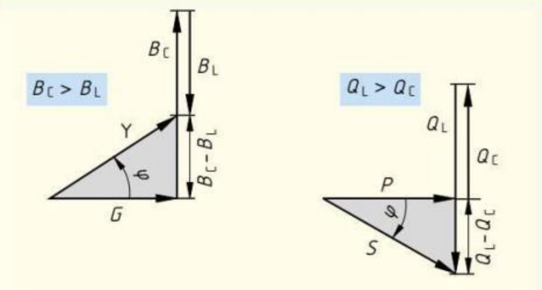
Bild 1: Parallelschaltung aus R, X_L und X_C

Ströme in der Parallelschaltung

$$I^2 = I_w^2 + (I_{bL} - I_{bC})^2 \Rightarrow$$

$$I = \sqrt{I_w^2 + (I_{bL} - I_{bC})^2}$$

I Gesamtstrom
I_w Wirkstrom
I_{bC} kapazitiver Blindstrom
I_{bL} induktiver Blindstrom



a) Zeigerbild der Leitwerte vorwiegend kapazitiv b) Zeigerbild der Leistungen vorwiegend induktiv

Bild 2: Zeigerbilder der Leitwerte und Leistungen bei einer Parallelschaltung aus R, X_L und X_C

Leitwerte und Leistungen

$$Y = \sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2} \qquad S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

$$Y = \frac{1}{Z} \quad [Y] = \frac{1}{\Omega} = \mathrm{S} \qquad S = U \cdot I \quad [S] = \mathrm{VA}$$

$$P = U \cdot I_w \qquad Q_L = U \cdot I_{bL} \qquad Q_C = U \cdot I_{bC}$$

Y	Scheinleitwert (Gesamtleitwert)	S	Scheinleistung (Gesamtleistung)
G	Wirkleitwert	P	Wirkleistung
B_L	induktiver Blindleitwert	Q_L	induktive Blindleistung
B_C	kapazitiver Blindleitwert	Q_C	kapazitive Blindleistung
Z	Scheinwiderstand	U	Spannung
		I	Gesamtstrom

Beispiel:

Ein induktiver Blindwiderstand $X_L = 1000\,\Omega$ ist mit einem kapazitiven Blindwiderstand $X_C = 1200\,\Omega$ und einem Wirkwiderstand $R = 1500$ parallel geschaltet **(Bild 1a)**. Die angelegte Wechselspannung ist $U = 100$ V.

a) Berechnen Sie die Teilströme und den Gesamtstrom I.

b) Wie groß sind Scheinleistung S, Wirkleistung P, induktive Blindleistung Q_L und kapazitive Blindleistung Q_C?

Lösung:

a) $I_w = \dfrac{U}{R} = \dfrac{100\text{ V}}{1500\,\Omega} = 0{,}067\text{ A} = \mathbf{67\text{ mA}}$

$I_{bC} = \dfrac{U}{X_C} = \dfrac{100\text{ V}}{1200\,\Omega} = 0{,}0833\text{ A} = \mathbf{83{,}3\text{ mA}}$

$I_{bL} = \dfrac{U}{X_L} = \dfrac{100\text{ V}}{1000\,\Omega} = 0{,}1\text{ A} = \mathbf{100\text{ mA}}$

$I = \sqrt{I_w^2 + (I_{bL} - I_{bC})^2}$

$= \sqrt{(0{,}067\text{ A})^2 + (0{,}1\text{ A} - 0{,}0833\text{ A})^2}$

$= \sqrt{0{,}00477\text{ A}^2} = 0{,}069\text{ A} = \mathbf{69\text{ mA}}$

b) $S = U \cdot I = 100\text{ V} \cdot 0{,}069\text{ A} = \mathbf{6{,}9\text{ VA}}$

$P = U \cdot I_W = 100\text{ V} \cdot 0{,}067\text{ A} = \mathbf{6{,}7\text{ W}}$

$Q_L = U \cdot I_{bL} = 100\text{ V} \cdot 0{,}1\text{ A} = \mathbf{10\text{ var}}$

$Q_C = U \cdot I_{bC} = 100\text{ V} \cdot 0{,}083\text{ A} = \mathbf{8{,}3\text{ var}}$

7.7 Schwingkreise

Versuch: Laden Sie einen verlustarmen Kondensator, z. B. einen MKF-Kondensator von 47 μF, an einem Akkumulator (12 V) oder einem Netzgerät auf **(Bild 1a)**. Legen Sie den aufgeladenen Kondensator dann an die Reihenschaltung einer Drossel hoher Induktivität, z. B. von einer Spule mit Schnittbandkern mit 650 H, und eines Strommessers mit Nullpunkt in der Skalenmitte **(Bild 1b)**.

Der Zeiger des Strommessers pendelt mit einer Frequenz von etwa 1 Hz um den Nullpunkt hin und her und kommt nach einigen Schwingungen zur Ruhe.

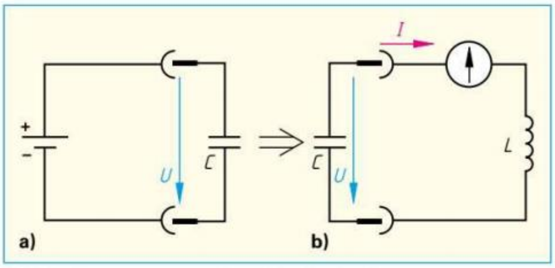


Bild 1: **Strommessung im Schwingkreis bei langsamen Schwingungen**

Ein elektromagnetischer Schwingkreis besteht aus einer Induktivität und einer Kapazität.

Der aufgeladene Kondensator entlädt sich über die Spule. Dabei baut der Entladestrom in der Spule ein Magnetfeld auf. Ist der Kondensator vollständig entladen, wird auch das Magnetfeld abgebaut. Diese Magnetfeldänderung induziert in der Spule eine Spannung. Der Kondensator lädt sich mit umgekehrter Polarität so lange auf, bis das Magnetfeld in der Spule vollständig abgebaut ist.

Die Kondensatorspannung erzeugt im Kondensator ein elektrisches Feld. In der Spule ruft der Strom ein Magnetfeld hervor. Elektrisches Feld und magnetisches Feld folgen aufeinander **(Bild 4)**. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch.

Der Wechselstrom im Schwingkreis erzeugt vor allem im Wirkwiderstand der Spule Wärme. Deshalb werden die Schwingungen des einmal angestoßenen Schwingkreises immer kleiner. Die abklingende Schwingung nennt man eine **gedämpfte Schwingung (Bild 2)**.

Wird einem Schwingkreis von außen mit einer bestimmten Frequenz Energie zugeführt, so kann er sich zu einer ungedämpften Schwingung einschwingen **(Bild 3)**.

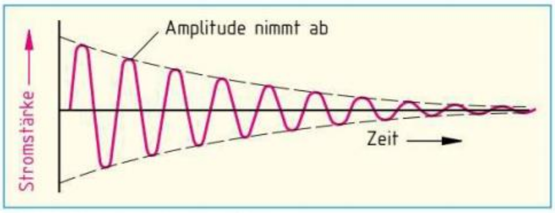


Bild 2: Gedämpfte Schwingung

Im Schwingkreis erfolgt ein periodischer Austausch von elektrischer Energie im Kondensator in magnetische Energie in der Spule und umgekehrt.
- Eine ungedämpfte Schwingung hat eine konstante Amplitude.
- Eine gedämpfte Schwingung hat eine abnehmende Amplitude.

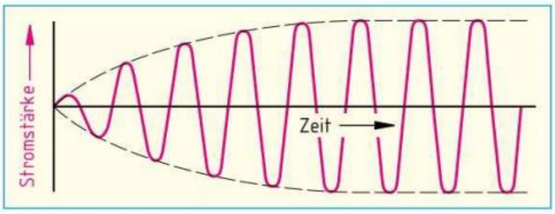


Bild 3: Einschwingvorgang

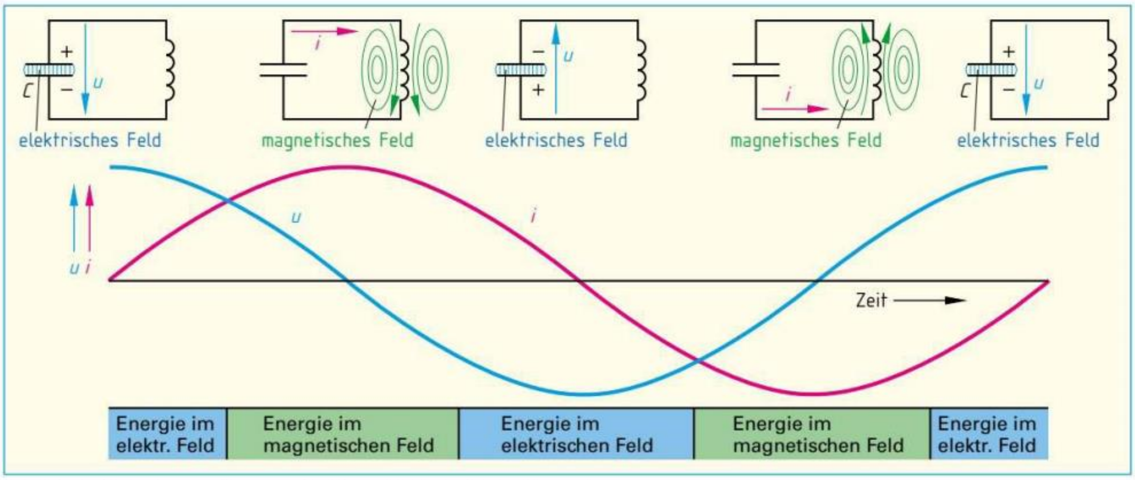


Bild 4: Elektrisches und magnetisches Feld beim Schwingkreis

7.7.1 Resonanz

Versuch 1: Wiederholen Sie den Versuch von **Seite 150**, verkleinern Sie jedoch die Kapazität und die Induktivität jeweils auf den halben Wert.

Der Zeiger des Strommessers schwingt wie im letzten Versuch um den Nullpunkt, mit etwa doppelter Frequenz.

Die Eigenfrequenz eines Schwingkreises wird durch die Induktivität und Kapazität bestimmt.

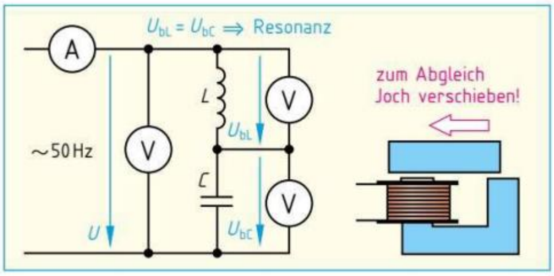


Bild 1: Einschwingvorgang

Soll die Schwingung infolge der Dämpfung nicht abklingen, muss dem Schwingkreis dauernd Energie mit einer Frequenz zugeführt werden, die so groß wie seine Eigenfrequenz ist. Dann kann der Kreis mitschwingen. Dieses Mitschwingen nennt man **Resonanz**[1]. Die Eigenfrequenz des Schwingkreises bezeichnet man auch als **Resonanzfrequenz**.

7.7.2 Reihenschwingkreis

Beim Reihenschwingkreis sind Spule und Kondensator in Reihe geschaltet.

Versuch 2: Schalten Sie einen MKP-Kondensator von 8,2 µF und eine Spule (600 Windungen mit U-Kern und Joch) in Reihe an 25 V~ **(Bild 1)**. Messen Sie die Stromstärke und verschieben Sie das Joch auf dem U-Kern so lange, bis der Strommesser die maximale Stromstärke zeigt. Messen Sie dann die Spannung am Kondensator, an der Induktivität und die Gesamtspannung.

Die Spannung am Kondensator und an der Spule sind gleich groß. Jede Teilspannung ist aber wesentlich größer als die Gesamtspannung.

Durch Ändern der Induktivität wird der Reihenschwingkreis mit der Netzfrequenz in Resonanz gebracht.

Im Reihenschwingkreis ist bei Resonanz die Wechselstromstärke am größten.

Bei Resonanz sind die Spannungen an Spule und Kondensator gleich groß **(Bild 2)**. Der induktive Blindwiderstand X_L ist dann gleich dem kapazitiven Blindwiderstand $X_C \Rightarrow X_L = X_C$.

$$\Rightarrow \omega_r \cdot L = \frac{1}{\omega_r \cdot C} \Rightarrow \omega_r^2 = \frac{1}{L \cdot C} \Rightarrow f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Die Formel zur Berechnung der Resonanzfrequenz eines Schwingkreises nennt man nach ihrem Entdecker **Thomsonsche**[2] **Schwingungsformel.**

Bei Resonanz sind die Spannungen am induktiven und kapazitiven Widerstand gleich groß, jedoch entgegengesetzt gerichtet. Der Reihenschwingkreis wirkt nur noch wie ein ohmscher Widerstand **(Bild 2)**. Diesen Widerstand nennt man **Resonanzwiderstand** R_r des Reihenschwingkreises. Oberhalb und unterhalb der Resonanzfrequenz ist der Scheinwiderstand Z des Reihenschwingkreises immer größer als der Resonanzwiderstand R_r.

Ein Reihenschwingkreis hat bei Resonanz seinen kleinsten Widerstand. An Spule und Kondensator kommt es meist zu einer Spannungsüberhöhung (Spannungsresonanz). Die Blindspannungen U_{bL} und U_{bC} können dann um ein Vielfaches größer als die anliegende Spannung sein.

Resonanzfrequenz

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \qquad [f_r] = \frac{1}{\sqrt{\frac{Vs \cdot As}{A \cdot V}}} = \frac{1}{s} = Hz$$

f_r	Resonanzfrequenz
L	Induktivität
C	Kapazität
R_v	Verlustwiderstand der Spule
R_r	Widerstand bei Resonanz

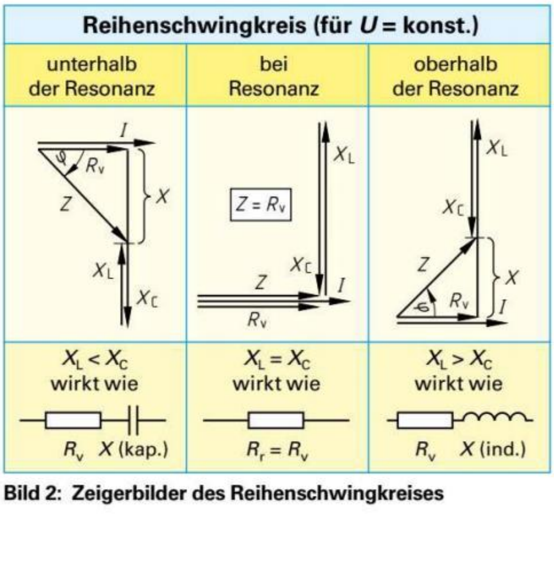


Bild 2: Zeigerbilder des Reihenschwingkreises

[1] resonare (lat.) = widerhallen, mitschwingen
[2] William Thomson, Lord Kelvin, engl. Physiker, 1824 bis 1907

Das Verhältnis einer Teilspannung U_{bL} oder U_{bC} zur Gesamtspannung U bei Resonanz nennt man die **Güte** Q des Reihenschwingkreises.

$$Q = \frac{U_{bL}}{U} = \frac{U_{bC}}{U} \qquad Q = \frac{X_L}{R_r} = \frac{X_C}{R_r}$$

Der Resonanzwiderstand R_r ist so groß wie der Verlustwiderstand R_v des Reihenschwingkreises **(Bild 1)**. Die Verluste in der Spule überwiegen bei weitem die Verluste im Kondensator. Man versucht die Spulenverluste klein zu halten, um eine hohe Schwingkreisgüte Q zu erlangen.

Unterhalb der Resonanzfrequenz f_r überwiegt beim Reihenschwingkreis der kapazitive Widerstand X_C, oberhalb der Resonanzfrequenz jedoch der induktive Widerstand X_L **(Bild 2)**.

Zeichnet man den Verlauf des Scheinwiderstandes Z abhängig von der Frequenz f, so erhält man die Resonanzkurve des Reihenschwingkreises **(Bild 2)**. Mit dem Reihenschwingkreis kann man in einem Frequenzgemisch die Resonanzfrequenz kurzschließen und unterdrücken. Eine Antenne ist z. B. ein Wechselspannungserzeuger mit einem Frequenzgemisch. Ein Reihenschwingkreis an den Klemmen der Antenne schließt seine Resonanzfrequenz kurz. Man bezeichnet den Reihenschwingkreis in einer solchen Schaltung auch als **Saugkreis**.

7.7.3 Parallelschwingkreis

Beim Parallelschwingkreis sind Spule und Kondensator parallel geschaltet.

Versuch: Schalten Sie eine Spule (600 Windungen auf U-Kern mit Joch) parallel zu einem Kondensator von 8,2 μF. Legen Sie diesen Parallelschwingkreis über einen Transformator an 25 V∼. Messen Sie die Ströme durch Spule und Kondensator sowie den Gesamtstrom **(Bild 3)**. Verschieben Sie das Joch auf dem U-Kern so lange, bis der Gesamtstrom möglichst klein und die Teilströme so groß wie möglich sind.

Bei Resonanz sind die Teilströme durch Spule und Kondensator gleich groß. Jeder Teilstrom ist wesentlich größer als der Gesamtstrom.

Im Parallelschwingkreis ist bei Resonanz der Gesamtstrom in der Zuleitung am kleinsten.

Bei Resonanz sind die Teilströme durch Induktivität und Kapazität gleich groß **(Bild 4)**. Der induktive Blindwiderstand ist so groß wie der kapazitive, da Spule und Kondensator an gemeinsamer Spannung liegen. Es gilt also die gleiche Resonanzbedingung wie beim Reihenschwingkreis.

$$X_L = X_C \quad \Rightarrow \quad \omega_r \cdot L = \frac{1}{\omega_r \cdot C} \quad \Rightarrow \quad \omega_r^2 = \frac{1}{L \cdot C}$$

$$\Rightarrow \quad 2\pi \cdot f_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \Rightarrow \quad f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

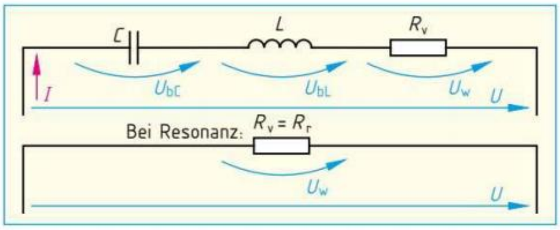


Bild 1: Ersatzschaltbild des Reihenschwingkreises

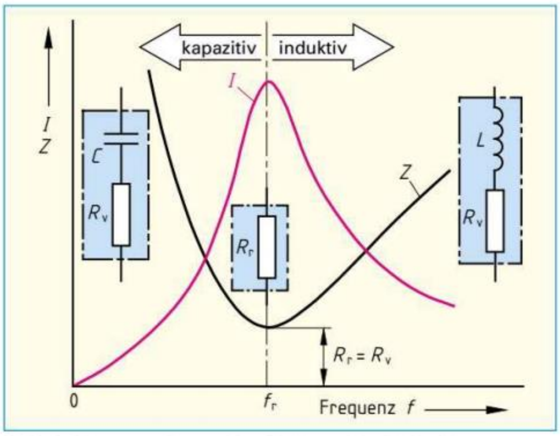


Bild 2: Resonanzkurve des Reihenschwingkreises

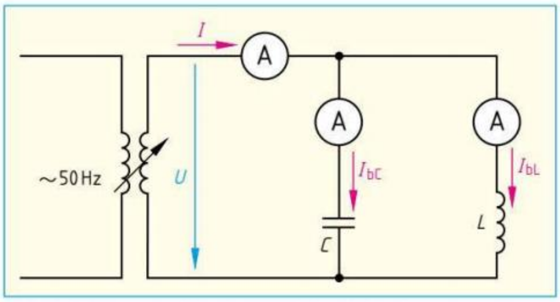


Bild 3: Messungen im Parallelschwingkreis

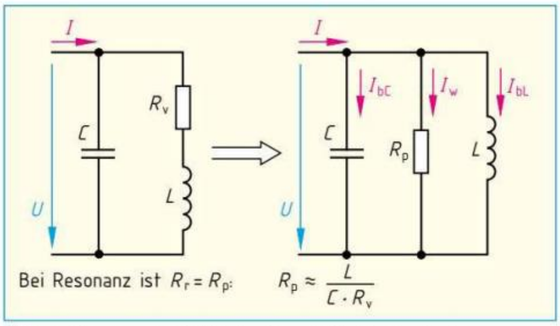


Bild 4: Ersatzschaltbild des Parallelschwingkreises

Resonanzfrequenz

f_r	Resonanzfrequenz	$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$
L	Induktivität	
C	Kapazität	
R_p	Paralleler Verlustwiderstand der Spule	$[f_r] = \text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$
R_r	Widerstand bei Resonanz	

Die Ströme durch den induktiven und kapazitiven Blindwiderstand heben sich in der Zuleitung wegen deren entgegengesetzter Phasenverschiebung auf. Bei Resonanz verhält sich daher der Parallelschwingkreis wie ein Wirkwiderstand. Diesen **Resonanzwiderstand** R_r denkt man sich zu Spule und Kondensator parallel geschaltet **(Bild 4, Seite 152).** Oberhalb und unterhalb der Resonanzfrequenz ist der Scheinwiderstand Z des Parallelschwingkreises stets kleiner als der Resonanzwiderstand R_r **(Bild 2).**

Ein Parallelschwingkreis hat bei Resonanz seinen größten Widerstand.

Bei Resonanz sind induktiver und kapazitiver Blindwiderstand wesentlich kleiner als der Resonanzwiderstand R_r. Durch Kondensator und Spule fließen daher große Ströme. Das Verhältnis der Teilstromstärken I_{bL} oder I_{bC} zur Gesamtstromstärke I nennt man die Güte Q des Parallelschwingkreises.

Unterhalb der Resonanzfrequenz f_r ist der induktive Blindwiderstand kleiner als der kapazitive. Durch die Spule fließt der größere Strom **(Bild 1).** Oberhalb der Resonanzfrequenz f_r ist der kapazitive Widerstand kleiner als der induktive. Hier fließt durch den Kondensator der größere Strom. Unterhalb von f_r wirkt der Parallelschwingkreis induktiv und oberhalb kapazitiv. Die Resonanzkurve des Parallelschwingkreises **(Bild 2)** zeigt den Verlauf des Scheinwiderstandes Z abhängig von der Frequenz f.

Den Parallelschwingkreis verwendet man, um aus einem Frequenzgemisch eine bestimmte Frequenz, die Resonanzfrequenz, herauszusieben.

An den Klemmen einer Antenne liegen z.B. alle Frequenzen, die von der Antenne empfangen werden können. Schaltet man an diese Klemmen einen Parallelschwingkreis, schließt er alle Frequenzen bis auf die Resonanzfrequenz kurz. Der Spannungserzeuger, hier die Antenne, wird also nur bei Resonanzfrequenz in der Nähe des Leerlaufs betrieben, alle anderen Frequenzen werden kurzgeschlossen.

Schaltet man jedoch den Parallelschwingkreis in Reihe zum Verbraucher, sperrt er die Resonanzfrequenz. Nur bei Resonanz besitzt der Parallelschwingkreis seinen größten Widerstand. Wegen dieser Wirkung nennt man den Parallelschwingkreis auch **Sperrkreis.**

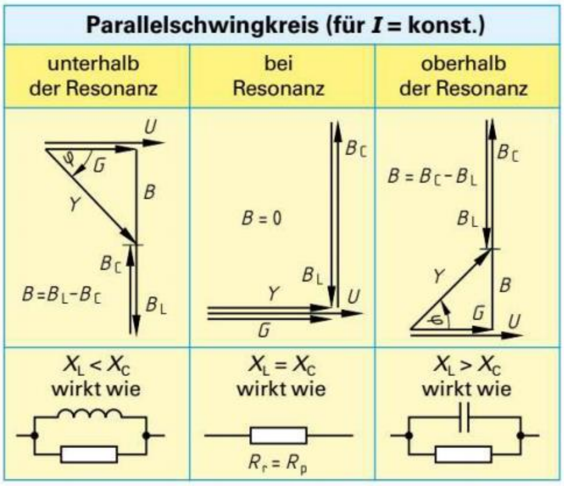


Bild 1: Zeigerbilder des Parallelschwingkreises

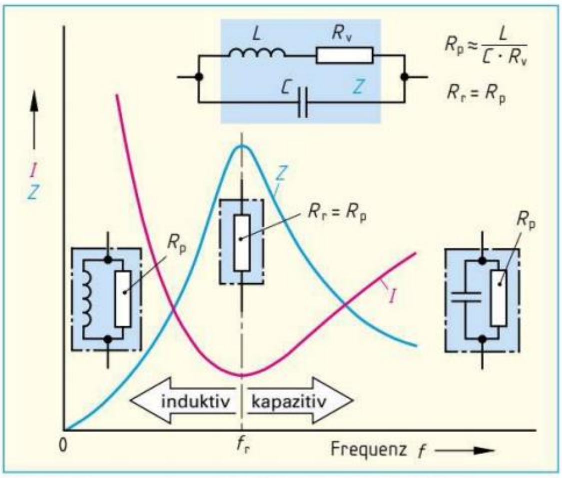


Bild 2: Resonanzkurve des Parallelschwingkreises

Güte im Parallelschwingkreis

Bei Resonanz gilt: $R_r = R_p$

$$Q = \frac{I_{bL}}{I} = \frac{I_{bC}}{I}$$

$$Q = R_r \cdot \omega_r \cdot C = \frac{R_r}{\omega_r \cdot L}$$

Q	Güte des Schwingkreises
I_{bL}	induktiver Blindstrom
I_{bC}	kapazitiver Blindstrom
I	Gesamtstrom
X_L	induktiver Blindwiderstand
R_p	paralleler Verlustwiderstand der Spule
R_r	Widerstand bei Resonanz

Wiederholungsfragen

1 **Was versteht man unter der Resonanz eines Schwingkreises?**

2 **Unter welcher Bedingung ist ein Schwingkreis in Resonanz?**

3 **Mit welcher Formel berechnet man die Resonanzfrequenz a) des Reihenschwingkreises und b) des Parallelschwingkreises?**

4 **Warum zeigen Schwingkreise bei Resonanz Spannungsüberhöhung bzw. Stromüberhöhung?**

5 **Warum bezeichnet man den Parallelschwingkreis auch als Sperrkreis und den Reihenschwingkreis als Saugkreis?**