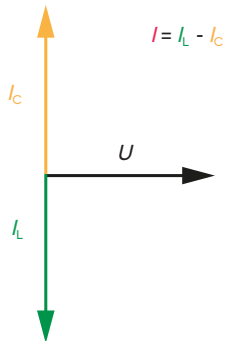
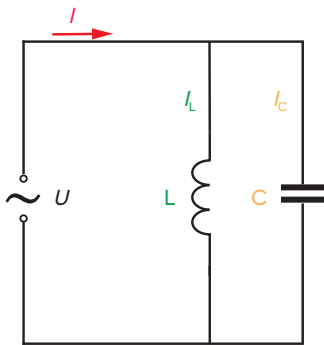


Parallelschaltungen

Bildquellen: uwa

Parallelschaltung von Kapazitäten und Induktivitäten

Bei einer Parallelschaltung von einem Kondensator C und einer Spule L ist die Spannung überall gleich. Durch die entstehende Induktion bei der Spule und das ständige Laden und Entladen des Kondensators entsteht jedoch eine Phasenverschiebung des Stromes. Bei einer sinusförmigen Spannung eilt der Strom I_L der Spule um 90° nach, während der Strom I_C am Kondensator um 90° voreilt.



Bei der Parallelschaltung von Induktivität L und Kapazität C ist die Spannung überall gleich. Durch die Phasenverschiebung sind die beiden Ströme I_L und I_C gegeneinander gerichtet.

Der resultierende Strom I ist die Differenz zwischen den Strömen I_L und I_C . Deshalb fließt in der Zuleitung zu der LC-Parallelschaltung ein Strom der kleiner ist als der grössere Einzelstrom I_C oder I_L . Die Berechnung des Blindwiderstandes X erfolgt entweder durch:

$$X = \frac{U}{I} = \frac{U}{I_L - I_C}$$

oder durch die folgende Formel:

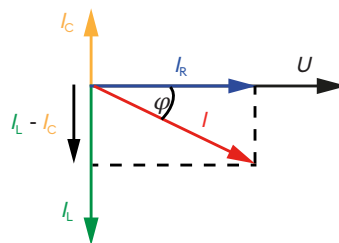
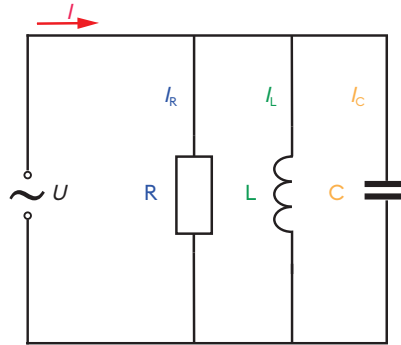
$$X = \left| \frac{1}{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}} \right| = \left| \frac{1}{\frac{1}{2\pi f L} - 2\pi f C} \right|$$

Die Betragszeichen bei der Formel werden nötig, wenn das Resultat negativ wird. In diesem Fall ist das Minuszeichen wegzulassen (siehe Beitrag AC-Grundlagen, Reihenschaltungen).

I_L und I_C bilden einen Schwingkreis. Die Ströme sind dabei frequenzabhängig. Wird die Resonanzfrequenz erreicht, sind sie gleich gross. Der Strom in der Zuleitung ist damit null. Bei Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz überwiegt der Kondensator und der Schwingkreis verhält sich wie eine Kapazität. Unterhalb der Resonanzfrequenz entsteht eine Induktivität. Die Frequenzberechnung erfolgt wie bei der LC-Reihenschaltung.

Parallelschaltung RLC

In der Realität entstehen in der Spule, dem Kondensator und den Leitungen Verluste. Die Parallelschaltung wird deshalb mit einem Widerstand R zur RLC-Schaltung ergänzt.



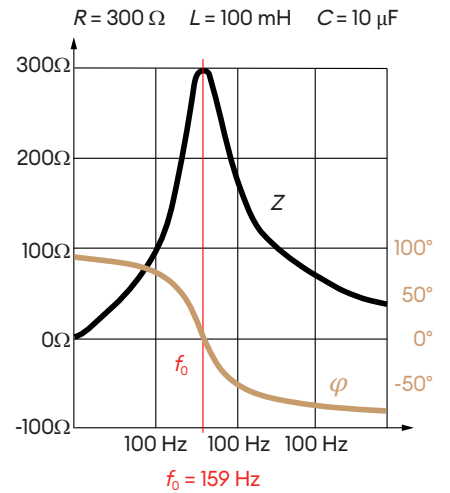
Im Zeigerdiagramm hat der Strom des ohmschen Widerstandes I_R die gleiche Phase wie die Spannung. Mit ihm und aus der Differenz von I_C und I_L kann der Strom I bestimmt werden. Der Winkel φ wird Phasenverschiebungswinkel genannt.

Der Gesamtwiderstand kann gemäss der folgenden Formel ermittelt werden:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$$

Die Berechnung des Stromes erfolgt wie folgt:

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$



Das Beispiel zeigt den Verlauf des Scheinwiderstandes Z und des Phasenverschiebungswinkels φ , abhängig von der Frequenz. Die Werte gelten bei $R = 300 \Omega$, $L = 100 \text{ mH}$ und $C = 10 \mu\text{F}$.

Der maximale Widerstand von 300Ω wird bei der Resonanzfrequenz von 159 Hz erreicht. Der Phasenverschiebungswinkel ist in diesem Punkt 0° . Bei einem positiven Phasenwinkel dominiert die Induktivität, bei einem negativen die Kapazität.

Aus dem obenstehenden Diagramm geht hervor, dass der Widerstand und der Phasenverschiebungswinkel frequenzabhängig sind. Wie bereits erwähnt, kann der Widerstand, der in Ohm gemessen wird, nicht negativ sein. Der Winkel schwankt jedoch zwischen $+90^\circ$ und -90° . Um diese Abhängigkeit darzustellen, wird der Begriff Impedanz verwendet. Der Begriff Scheinwiderstand berücksichtigt also nur den Betrag des Widerstandes, während der Begriff Impedanz den Betrag und den Phasenwinkel beinhaltet. Zur Unterscheidung wird die Impedanz mit dem Formelzeichen Z geschrieben.

Güte und Admittanz

Im Schwingkreis pendelt die Energie zwischen Kondensator und Spule hin und her. Je weniger Energie von aussen zugeführt werden muss, um die Schwingungen aufrechtzuerhalten, desto idealer ist das System. Das Abklingen der Schwingungen wird mit der Dämpfung oder dem Verlustfaktor definiert. Den Kehrwert davon nennt man Güte oder nach dem Formelzeichen den Q-Faktor. Das bedeutet, dass ein System mit einer hohen Güte eine geringe Dämpfung hat. Ist die Güte und die Amplitude des Quellenstromes bekannt, lassen sich mittels Multiplikation auch die Stromüberhöhungen an der Induktivität und der Kapazität berechnen. Rechnerisch, vor allem bei Parallelschaltungen, kann es einfacher sein, wenn nicht mit Z , sondern mit dem Kehrwert $1/Z$ gearbeitet wird. Dieser Wert wird Admittanz Y genannt. Die Masseinheit ist $1/\Omega$, oder das Siemens mit dem Einheitszeichen S.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVYS/UPSA / uwa