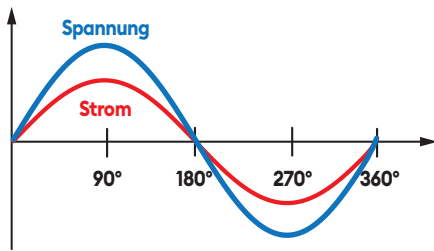


Widerstand beim sinusförmigen Wechselstrom

Ohmscher Widerstand

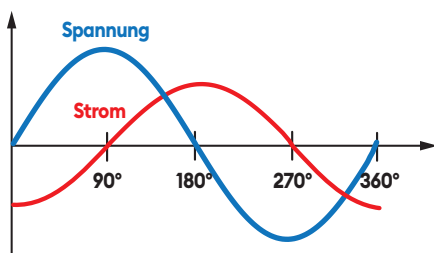
Wenn ein ohmscher Widerstand an eine Wechselspannung angeschlossen wird, definiert das ohmsche Gesetz den Zusammenhang zwischen Strom und Spannung. Der Wert des Stromes ist also abhängig von der Spannung und dem Widerstand, wobei zwischen Spannung und Strom keine Phasenverschiebung auftritt. Es gilt die Formel $\hat{u} = R \cdot \hat{i}$.



Verlauf von Spannung und Strom bei einem ohmschen Widerstand.

Spule (Induktivität) an Wechselspannung

Eine Spule im Wechselstromkreis hat trotz seinem geringen ohmschen Widerstand einen grossen Einfluss. Der Grund liegt in der Selbstinduktionsspannung. Nach der Regel von Emil Lenz wirkt der durch die Selbstinduktion entstehende Strom der Ursache seiner Entstehung entgegen. Bei der sinusförmigen Wechselspannung führt das zu einem Nachteilen des Stromes gegenüber der Spannung um 90° .



Verlauf von Spannung und Strom bei einer Induktivität (ideale Spule ohne Wirkwiderstand).

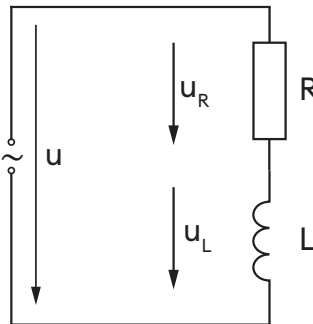
Das Verhältnis zwischen Spannung und Strom wird mit dem induktiven Blindwiderstand X_L angegeben. Weil die Selbstinduktionsspannung in der Spule mit steigender Frequenz zunimmt, ist der Blindwiderstand frequenzabhängig. Er lässt sich berechnen, indem die Frequenz f mit der Induktivität L und 2π multipliziert wird. Das führt zur Formel: $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

Der induktive Blindwiderstand ist also umso grösser, je grösser die Frequenz und die Induktivität sind. Die Induktivität hängt wiederum von der Windungszahl, den magnetischen und den geometrischen Eigenschaften der Spule ab.

Eine Spule, beziehungsweise eine Drossel, hat im sinusförmigen Wechselstrom einen induktiven Blindwiderstand X_L und auch einen ohmschen Widerstand R , der durch die Länge des Drahtes, sein Material und den Leiterquerschnitt gegeben ist. Der Gesamtwiderstand Z wird als Scheinwiderstand oder Impedanz bezeichnet. Er wird geometrisch ermittelt und entspricht der Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Katheten dem Wirkwiderstand R und dem induktiven Blindwiderstand X_L entsprechen. Die Formel zur Berechnung lautet:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Im Ersatzschaltbild wird deshalb die Spule als ohmscher Widerstand (Wirkwiderstand) und Induktivität in Serieschaltung gezeichnet (RL-Schaltung).



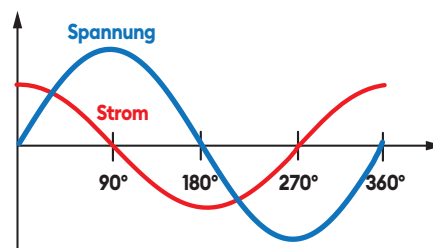
Ohmscher Widerstand (Wirkwiderstand) und Induktivität im Wechselstromkreis.

Der ohmsche Widerstand der Spule beeinflusst den Phasenverschiebungswinkel φ . Je grösser der Wirkwiderstand ist, desto kleiner wird die Phasenverschiebung. Es gilt:

$$\varphi = \arctan \frac{X_L}{R}$$

Kapazität an Wechselspannung

Schliesst man einen Kondensator an eine Sinusspannung an, wird er abwechselnd geladung und entladen. Wenn der Kondensator voll geladen ist, erreicht die Spannung das Maximum. Der Strom ist dabei Null. Beim ungeladenen Kondensator ist es genau umgekehrt. Dadurch eilt der Strom der Spannung um 90° vor.



Verlauf von Spannung und Strom bei einer Kapazität (idealer Kondensator).

Weil im Kondensator die Ladungsträger hin- und herbewegt werden, wirkt er als Widerstand. Dieser heisst kapazitiver Blindwiderstand X_C und ist umso grösser, je kleiner die Frequenz und je kleiner die Kapazität ist.

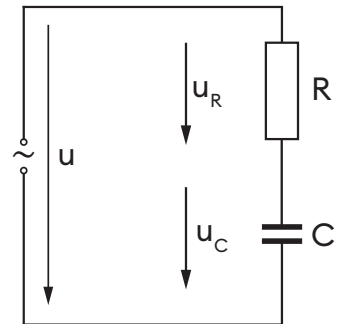
Die Formel zur Berechnung lautet:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

Für die Ermittlung des Gesamtwiderstandes Z kann wie bei der Induktivität nach dem Lehrsatz von Pythagoras vorgegangen werden. Das führt zur Formel:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Im Ersatzschaltbild wird wiederum ein ohmscher Widerstand in Reihe zum Kondensator gezeichnet (RC-Schaltung).



Ohmscher Widerstand (Wirkwiderstand) und Kapazität im Wechselstromkreis.

Der Winkel der Phasenverschiebung wird umso kleiner, je grösser Widerstand, Kapazität und Frequenz sind. Es gilt:

$$\varphi = \arctan \frac{X_C}{R}$$

Blindwiderstände in Abhängigkeit der Frequenz

Vergleicht man den induktiven und den kapazitiven Blindwiderstand, fällt auf, dass beide frequenzabhängig sind, sie sich jedoch entgegengesetzt verhalten. Bei der Induktivität wird der Blindwiderstand mit steigender Frequenz direkt proportional grösser. Eine Frequenzverdoppelung führt zu einem doppelt so grossen Blindwiderstand. Bei der Kapazität entsteht dagegen eine umgekehrte Proportionalität.

