

Physikalische Grundlagen zu den Wechselstrom-Versuchen

Die folgenden Begriffe sind für das Verständnis der Wechselstrom-Versuche unerlässlich:

1. Wechselstrom, Wechselspannung, Effektivwerte, Kreisfrequenz;
2. Spule (Induktivität), Kondensator (Kapazität);
3. das Verhalten des Wechselstromes zur Wechselspannung in einem Stromkreis mit Kapazität - Induktivität - ohmschen Widerstand;
4. Blindwiderstand, Scheinwiderstand - Berechnung derselben.

In einem Wechselstromkreis der

1. nur eine Induktivität enthält, folgt der Strom nach der Spannung mit einer Phasenverschiebung von 90° ;
2. nur eine Kapazität enthält, eilt der Strom mit einer Phasenverschiebung von 90° der Spannung voraus;
3. nur einen ohmschen Widerstand enthält, sind Strom und Spannung phasengleich.

Die zeitliche Abhängigkeit eines Wechselstromes bzw. einer Wechselspannung lässt sich darstellen durch:

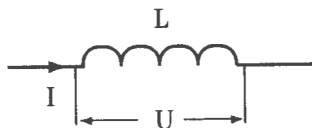
$$I(t) = I_0 \cdot \cos \omega t \quad \text{bzw.} \quad U = U_0 \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

In einem Stromkreis, der aus mehreren Schaltelementen besteht, bleibt diese zeitliche Abhängigkeit bis auf eine Phasenverschiebung erhalten. Das bedeutet, dass z.B. die Spannung an zwei Schaltelementen die gleiche kosinusförmige Zeitabhängigkeit hat, die Maximalwerte der Spannungen an den Schaltelementen aber zu verschiedenen Zeiten erreicht werden!

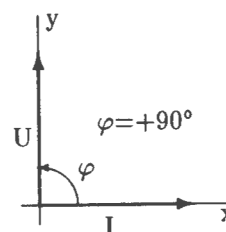
Die Phasenverschiebung lässt sich in einem Zeigerdiagramm darstellen. Als Bezugsgröße wird der Strom gewählt und die Phasenverschiebung der Spannung auf den Strom bezogen. Die Bezugsgröße 'Strom' wird als Pfeil in Richtung der x-Achse eines rechtwinkligen Koordinatensystems gezeichnet, dabei entspricht die Länge der Stromstärke. Spannungen, die dem Strom nicht phasengleich sind, werden so eingezeichnet, dass sie mit der x-Achse einen Winkel ϕ bilden, der ihrer Phasenverschiebung zum Strom entspricht.

Induktivität:

Schaltbild

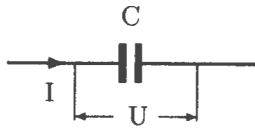


Diagramm

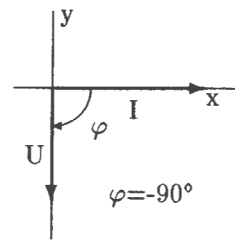


Kapazität:

Schaltbild



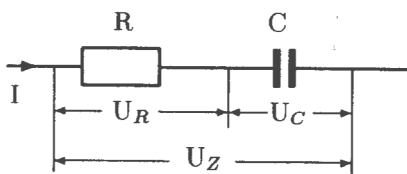
Diagramm



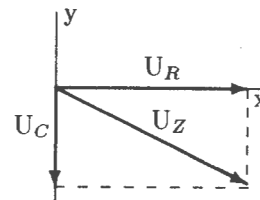
Mit diesen durch Betrag und Winkel definierten Größen lässt sich wie mit Vektoren rechnen: Sollen z. B. zwei Spannungen addiert werden, so geschieht das nach dem Parallelogrammprinzip.

R und C in Serie

Schaltbild



Diagramm



Die Spannungen U_R und U_C addieren sich geometrisch zur Gesamtspannung.

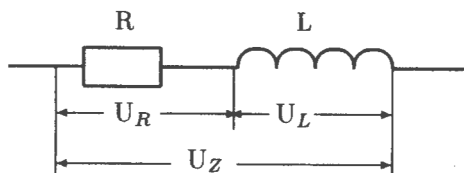
$$U_Z = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} \quad (2)$$

U_R ist phasengleich mit I , da R ein ohmscher Widerstand ist.

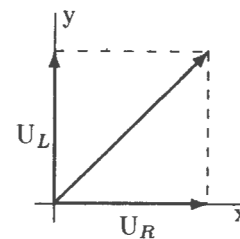
Spule (Induktivität)

Jede Spule (Drossel) hat außer ihrem induktiven auch einen ohmschen Widerstand, der elektrische Energie in Wärme umwandelt. In einem Ersatzschaltbild kann der ohmsche Widerstand R_V durch Reihen- (Serien)-Schaltung mit der Induktivität L berücksichtigt werden. (In der Spule sind diese Größen nicht getrennt!)

Ersatzschaltbild einer Spule



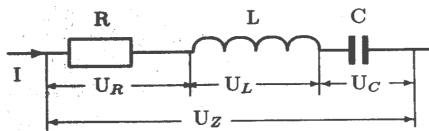
Diagramm



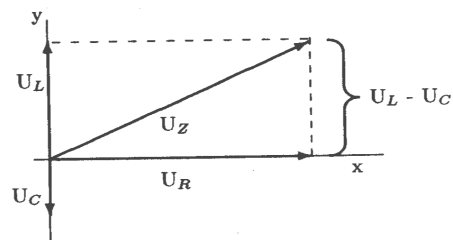
Der Winkel $\delta = 90^\circ - \phi$ ist ein direktes Maß für die Verluste und wird deshalb Verlustwinkel genannt.

Reihenschaltung mit Widerstand, Spule und Kondensator

Schaltbild



Diagramm



Bei gegebenem U_Z nimmt der Strom I genau dann seinen maximalen Wert an, wenn

$$U_L - U_C = 0 \quad (3)$$

Es tritt der Resonanzfall ein. Die Größe des Stromes hängt nur noch vom Verlustwiderstand R_V ab.

Mit den Blindwiderständen

$$X_L = \omega L \quad \text{und} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (4)$$

folgt aus obiger Bedingung:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (5)$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (6)$$

als Resonanz-Kreisfrequenz.

Literatur:

z. B. Kneser-Gerthsen, Physik, Kap. Wechselstrom.

