

Aufgaben:

- (1.) Der Cosinus des Phasenwinkels φ zwischen Strom und Spannung im Primärkreis eines Transformators ist in Abhängigkeit von der abgegebenen Leistung zu messen.
- (2.) Der Wirkungsgrad η ist als Funktion der abgegebenen Leistung zu bestimmen.

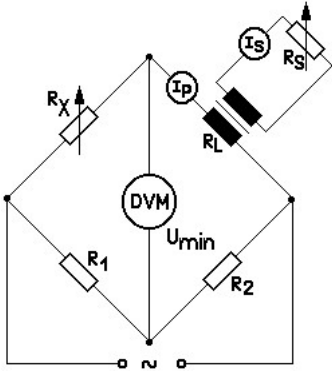


Abb.1:

Brückenschaltung mit Transformator.

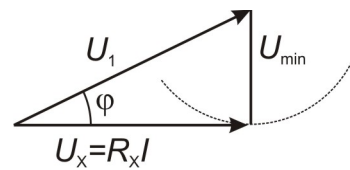


Abb.2

Phasenverschiebung in den beiden Brückenzweigen.

Grundlagen:

Da die Primärspule eines Transformators ein induktiver Widerstand $Z_L = \sqrt{R_L^2 + (\omega \cdot L)^2}$ ist, eilt die Spannung U_L dem Strom I_L um einen Phasenwinkel $0 < \varphi < \pi/2$ voraus.

Zur Messung der Phasenverschiebung φ dient die in Abb. 1 gezeigte Brückenschaltung. Da nur im oberen Bereich eine Phasenverschiebung auftritt, lässt sich die Brücke nicht auf Null - sondern nur auf eine endliche Minimalspannung U_{\min} abgleichen. Um φ aus U_{\min} zu ermitteln, werden die Teilspannungen U_1 und U_x in der komplexen Zahlenebene dargestellt (Abb.2).

Anmerkung: Die Spannungen sind mit den gleichen Indizes wie die Widerstände bezeichnet; der Strom durch R_L ist gleich dem Strom durch R_x .

$$U_1 = U_{01} \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

$$U_x = U_{0x} \{ \cos(\omega t + \varphi) + i \cdot \sin(\omega t + \varphi) \}$$

Wegen $R_x \ll R_L$ ist die Phasenverschiebung φ nahezu konstant. Der Betrag (Länge) von U_x wird durch R_x bestimmt. Die (vektorielle) Differenz der Teilspannungen U_x und U_1 lässt sich am Brückeninstrument ablesen. Durch Verändern von R_x kann diese Differenzspannung auf ihren kleinsten Wert U_{\min} gebracht werden. Der Betrag von U_{\min} entspricht der Länge des in Abb.2 mit U_{\min} bezeichneten Lotes auf U_x . Aus dem durch $U_1, U_x (U_{\min})$ und U_{\min} gebildeten rechtwinkligen Dreieck entnimmt man die Beziehungen

$$\sin \varphi = \frac{U_{\min}}{U_1} \quad \text{und} \quad \cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{U_{\min}}{U_1} \right)^2} \quad (2)$$

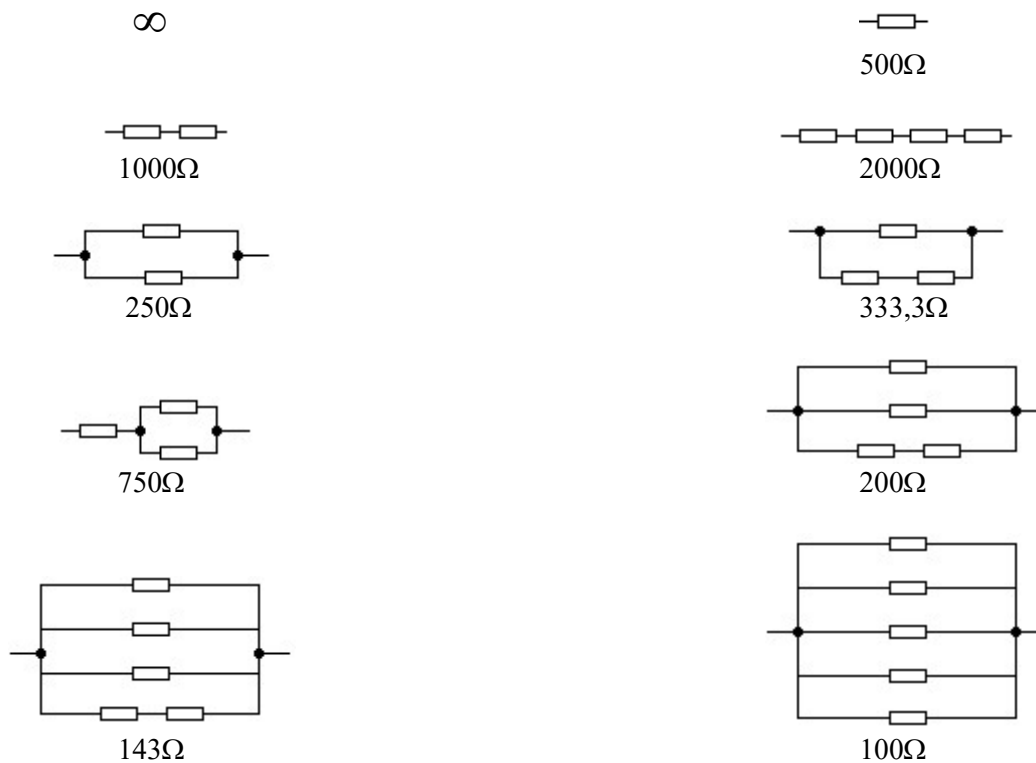
Der Wirkungsgrad des Transformators ist definiert durch

$$\eta = \frac{N_s}{N_p},$$

wobei $N_s = U_s \cdot I_s = I_s^2 \cdot R_s$ die am Belastungswiderstand R_s abgegebene und $N_p = U_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$ die dem Transformator zugeführte Wirkleistung ist.

Durchführung:

Für jeden Wert von R_s sind I_p , I_s und (durch verändern von R_x) U_{\min} zu bestimmen. U_1 kann bei $R_x = 0$ abgelesen werden. Das soll unmittelbar vor und nach jeder Bestimmung von U_{\min} erfolgen. Sind diese beiden Werte von U_1 nicht gleich (Netzspannungsschwankungen), so muss die Messung wiederholt werden. Liegt U_{\min} nahe bei U_1 , ist U_{\min} sehr genau abzulesen, damit sich $\cos \varphi$ zuverlässig aus (2) berechnen lässt. Bei der Bestimmung von I_p und I_s soll $R_x = 0$ sein, damit $U_p = U_0$. Für R_s können durch folgende Schaltungen der fünf Widerstände von je 500Ω die angegebenen, neun verschiedenen Werte gewählt werden:



Die gemessenen und berechneten Werte sind zu tabellieren und danach $\cos \varphi$ und η über N_s aufzutragen.

Angaben:

$$R_1 = 86,5\Omega ; R_2 = 3,33k\Omega$$

Literatur:

Gerthsen-Kneser-Vogel, Lehrbuch der Physik;
W. Westphal, Lehrbuch der Physik.