



## AUFGABEN

- Messung der Sekundärspannung in Abhängigkeit von der Primärspannung im Leerlauf bei festen Windungszahlen.
- Messung des Primärstroms in Abhängigkeit vom Sekundärstrom bei Kurzschluss und festen Windungszahlen.
- Messung der Primärspannung, des Primärstroms, der Sekundärspannung und des Sekundärstroms bei gegebenem Lastwiderstand.

## ZIEL

Messungen am belasteten und unbelasteten Transformator

## ZUSAMMENFASSUNG

Transformatoren sind Spannungsumformer, die auf dem Faraday'schen Induktionsgesetz beruhen. Sie werden insbesondere bei der Übertragung elektrischer Leistung über große Entfernungen eingesetzt, um durch eine Transformation auf möglichst hohe Spannungen und entsprechend niedrige Ströme Leistungsverluste zu minimieren. Im Experiment werden aus den gemessenen Strömen und Spannungen im Leerlauf, bei Kurzschluss und unter Last die direkte bzw. umgekehrte Proportionalität des Spannungs- bzw. Stromverhältnisses zum Windungszahlverhältnis überprüft.

## BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
2	Kleinspannungsspule D	1000985
1	Transformator Kern D	1000976
1	AC/DC-Netzgerät 1/ 2/ 3/ ... 15 V, 10 A (230 V, 50/60 Hz)	1008691 oder
	AC/DC-Netzgerät 1/ 2/ 3/ ... 15 V, 10 A (115 V, 50/60 Hz)	1008690
3	Digital-Multimeter P3340	1002785
1	Schiebewiderstand 10 Ω	1003064
1	Zweipoliger Umschalter	1018439
1	Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm	1002843

## ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Transformatoren sind Spannungsumformer, die auf dem Faraday'schen Induktionsgesetz beruhen. Sie werden insbesondere bei der Übertragung elektrischer Leistung über große Entfernungen eingesetzt, um durch eine Transformation auf möglichst hohe Spannungen und entsprechend niedrige Ströme Leistungsverluste zu minimieren.

# 2

## AUSWERTUNG

Aus Gleichung (3) folgt für die Beträge der Spannungen

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1$$

und aus Gleichung (5) entsprechend für die Ströme

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} \cdot I_2$$

Daher sind die Geradensteigungen in den Diagrammen der Abbildungen 2 und 3 durch das Verhältnis der Windungszahlen bestimmt.

Ein Transformator besteht im einfachsten Fall aus zwei gekoppelten Spulen, der Primärspule mit der Windungszahl  $N_1$  und der Sekundärspule mit der Windungszahl  $N_2$ , die einen gemeinsamen Eisenkern umschließen. Dabei durchsetzt der magnetische Fluss  $\Phi_1$  der vom Strom  $I_1$  durchflossenen Primärspule vollständig die Sekundärspule.

Im Folgenden wird der ideale, d.h. verlustfreie Transformator betrachtet. Beim unbelasteten Transformator fließt im Sekundärkreis kein Strom, d.h.  $I_2 = 0$ . Wird eine Wechselspannung  $U_1$  an die Primärspule angelegt, fließt der Leerlaufstrom  $I_1$ , der einen magnetischen Fluss  $\Phi_1$  erzeugt und so eine Spannung  $U_{\text{ind}}$  induziert. Diese Induktionsspannung ist wegen der Kirchhoff'schen Maschenregel  $U_1 + U_{\text{ind}} = 0$  entgegengesetzt gleich zu  $U_1$ :

$$(1) \quad U_{\text{ind}} = -L_1 \cdot \frac{dI_1}{dt} = -N_1 \cdot \frac{d\Phi_1}{dt} = -U_1$$

$L_1$ : Induktivität der Primärspule  
 $\Phi_1$ : durch  $I_1$  erzeugter magnetischer Fluss

Da der magnetische Fluss  $\Phi_1$  die Sekundärspule vollständig durchsetzt, wird dort eine Spannung

$$(2) \quad U_2 = -N_2 \cdot \frac{d\Phi_1}{dt}$$

induziert. Aus (1) und (2) folgt schließlich:

$$(3) \quad \frac{U_2}{U_1} = -\frac{N_2}{N_1}$$

Das Minuszeichen zeigt an, dass  $U_1$  und  $U_2$  bei gleichem Wicklungssinn um  $180^\circ$  phasenverschoben bzw. bei entgegengesetztem Wicklungssinn in Phase sind.

Beim belasteten Transformator fließt in der Sekundärspule ein Strom  $I_2 = U_2 / R$ , wobei  $R$  der Ohm'sche Widerstand des Verbrauchers ist. Dieser Strom erzeugt einen magnetischen Fluss  $\Phi_2$ , der auf Grund der Lenz'schen Regel dem durch den Primärstrom  $I_1$  erzeugten magnetischen Fluss  $\Phi_1$  entgegengerichtet ist. Da die Primärspannung  $U_1$  konstant bleibt, nimmt der Primärstrom  $I_1$  zu. Im Idealfall ist die von der Sekundärspule abgegebene Leistung  $P_2$  gleich der von der Primärspule aufgenommenen Leistung  $P_1$ :

$$(4) \quad P_1 = U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 = P_2$$

Zusammen mit (3) folgt daraus:

$$(5) \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Im Experiment wird zunächst auf der Sekundärseite ein Spannungsmessgerät angeschlossen und im Leerlauf ( $I_{2c} = 0$ ) die Sekundärspannung  $U_{20}$  in Abhängigkeit von der Primärspannung  $U_{10}$  für ein festes Windungszahlverhältnis  $N_1/N_2 = 1/2$  gemessen. Dann wird die Sekundärseite durch ein Strommessgerät kurzgeschlossen ( $U_{2c} = 0$ ) und der Primärstrom  $I_{1c}$  in Abhängigkeit vom Sekundärstrom  $I_{2c}$  für ein festes Windungszahlverhältnis  $N_1/N_2 = 1/2$  gemessen. Schließlich wird ein Lastwiderstand  $R = 2 \Omega$  auf der Sekundärseite angeschlossen und die Primärspannung  $U_1$ , der Primärstrom  $I_1$ , die Sekundärspannung  $U_2$  und der Sekundärstrom  $I_2$  für ein festes Windungszahlverhältnis  $N_1/N_2 = 1/2$  gemessen.

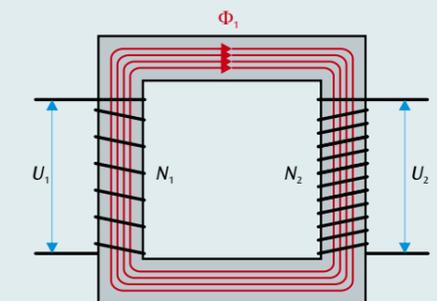


Abb. 1: Schematische Darstellung zum Transformator

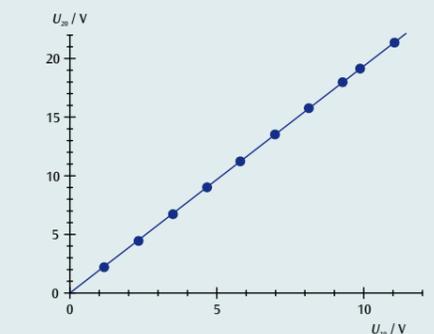


Abb. 2: Sekundärspannung  $U_{20}$  in Abhängigkeit von der Primärspannung  $U_{10}$  im Leerlauf ( $I_{20} = 0$ ),  $N_1 = 36$ ,  $N_2 = 72$

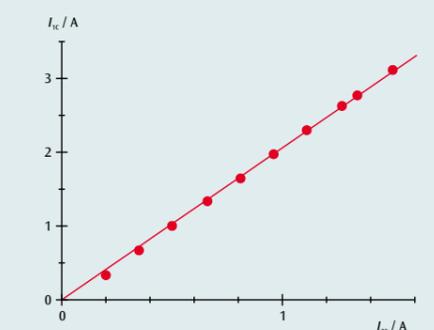


Abb. 3: Primärstrom  $I_{1c}$  in Abhängigkeit vom Sekundärstrom  $I_{2c}$  bei Kurzschluss ( $U_{2c} = 0$ ),  $N_1 = 36$ ,  $N_2 = 72$