



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.

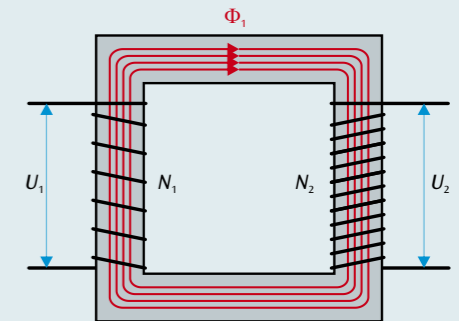


Abb. 1: Schematische Darstellung zum Transformator

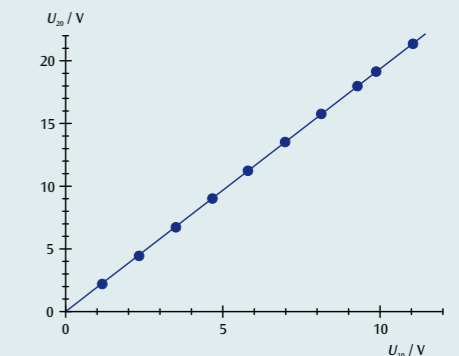


Abb. 2: Sekundärspannung U_{20} in Abhängigkeit von der Primärspannung U_{10} im Leerlauf ($I_{20} = 0$), $N_1 = 36$, $N_2 = 72$

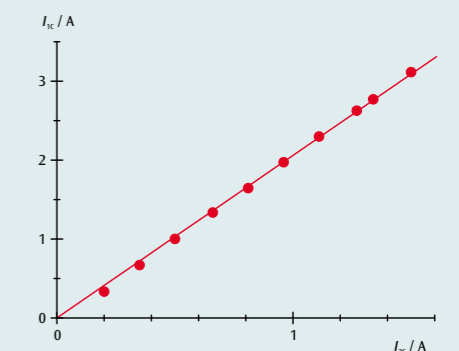


Abb. 3: Primärstrom I_{1c} in Abhängigkeit vom Sekundärstrom I_{2c} bei Kurzschluss ($U_{2c} = 0$), $N_1 = 36$, $N_2 = 72$

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 Φ_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 Φ_1 erzeugt und so eine Spannung U_{ind} induziert. Diese Induktionsspannung ist wegen der Kirchhoff'schen Maschenregel $U_1 + U_{ind} = 0$ entgegengesetzt gleich zu U_1 :

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

L_1 : Induktivität der Primärspule
 Φ_1 : durch I_1 erzeugter magnetischer Fluss

Da der magnetische Fluss Φ_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° 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 Φ_2 , der auf Grund der Lenz'schen Regel dem durch den Primärstrom I_1 erzeugten magnetischen Fluss Φ_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 ($I_{20} = 0$) 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.