

Institut für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz

&

Institut für Physik der Universität Graz

LABORÜBUNGEN 2: ELEKTRIZITÄT, MAGNETISMUS, OPTIK

Übungsnummer: 15

Übungstitel: Transformator / Hysterese (TU)

Betreuer: Kilian Klustemann

Gruppennummer: 42

Name: Nico Eisner

Name: Philip Waldl

Mat. Nr.: 12214121

Mat. Nr.: 12214120

Datum der Übung: 10.11.2023

WS 2023/2024

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung	3
2 Voraussetzungen & Grundlagen	4
3 Versuchsanordnung	5
4 Geräteliste	7
5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse	7
5.1 Leerlauf	7
5.2 Ohm'sche Last sekundärseitig	7
5.3 Ohm'sche-induktive Last	7
6 Auswertung und Unsicherheitsanalyse	7
6.1 Leerlauf	8
6.2 Ohm'sche Last sekundärseitig	8
6.3 Ohm'sche-induktive Last	8
7 Diskussion	8
8 Zusammenfassung	8
8.1 Leerlauf	8
8.2 Ohm'sche Last sekundärseitig	8
8.3 Ohm'sche-induktive Last	8
Literatur	8

1 Aufgabenstellung

Der Versuch Transformator / Hysterese behandelt, wie aus dem Namen bereits hervorgeht, den Funktionsbereich des Transformatoren, in welchem in erster Linie die Umwandlung von elektrischen Spannungen hineinfällt. Anhand von einer elektrischen Schaltung, welche im weiteren Verlauf des Experimentes immer wieder erweitert wird, soll die Rolle des Transformatoren veranschaulicht werden. Zu erledigen war dabei folgender Versuchsauftrag:

- Schaltung im Leerlauf
 - Primärstrom I_1
 - Primärspannung U_1
 - Wirkleistung P_1
 - Sekundärspannung U_2
 - Sekundärstrom I_2
 - Oszillographische Darstellung von Primärstrom und Sekundärspannung
- Schaltung mit Ohm'scher Last sekundärseitig
 - Primärstrom I_1
 - Primärspannung U_1
 - Wirkleistung P_1
 - Sekundärspannung U_2
 - Sekundärstrom I_2
 - Oszillographische Darstellung von Primärstrom und Sekundärspannung
- Schaltung mit Ohm'sch-induktiver Last (für ca. 20 Widerstandswerte)
 - Primärstrom I_1
 - Primärspannung U_1
 - Wirkleistung P_1
 - Sekundärspannung U_2
 - Sekundärstrom I_2
 - Oszillographische Darstellung der Sekundärspannung an der Stelle mit der größten Wirkleistung
- ~~Schaltung mit Ohm'sch-kapazitiver Last~~
- Unsicherheitsberechnung für alle Punkte

Alle Informationen und Methodiken wurden uns von der Technischen Universität bereitgestellt [1].

2 Voraussetzungen & Grundlagen

Wie im vorherigen Kapitel bereits eingeleitet dient ein Transformator dazu, von einer elektrischen Spannung auf eine andere zu transformieren. Im Aufbau sieht er dabei vereinfacht so aus:

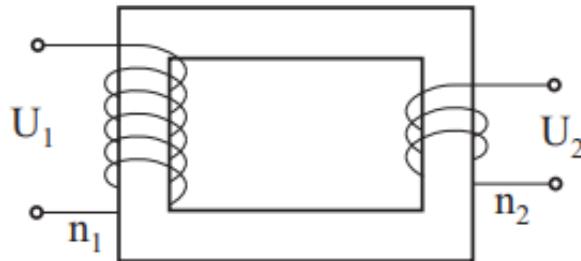


Abb. 1: Grundlegender Aufbau eines Transformators [1]

Wie sich in Abbildung 1 erkennen lässt, besteht der Transformator aus zwei Spulen, welche über einen Eisenjoch miteinander verbunden sind. Die Umwandlung der Spannungen basiert auf dem Faraday'schen Gesetz

$$U_{ind} = -N_{ind} \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Wenn an der Primärspule eine Wechselspannung angelegt wird, wird ein sich änderndes (aufgrund der Richtungsänderung der Wechselspannung) Magnetfeld an der Primärspule (Eingangsspule) erzeugt. Durch dieses Magnetfeld wird an der Sekundärspule gemäß 1 eine Ausgangsspannung induziert. Die resultierende Spannung ist dabei abhängig vom Wicklungsverhältnis der Spulen, was sich mit dem Ausdruck

$$\frac{U_2}{U_1} = -\frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

beschreiben lässt. Der magnetische Fluss Φ setzt sich weiters in folgender Form zusammen:

$$\Phi = BA = \mu \mu_0 H A = \mu \mu_0 \frac{A}{l} n I \quad (3)$$

Sollte die Magnetisierungskurve $\Phi = \Phi(t)$ eine Hysterese, also eine verzögerte Entmagnetisierung von Ferromagnetischen Stoffen, aufweisen, so wird dem System Leistung entzogen und der Stromverlauf sieht wie folgt aus:

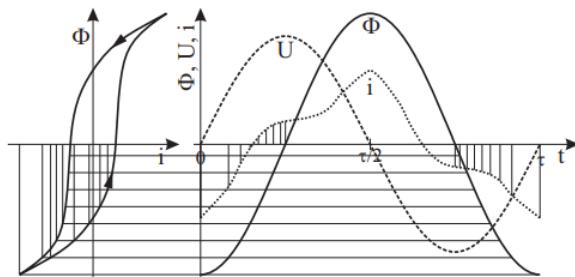


Abb. 2: Magentischer Fluss mit Hysterese

Die Fläche innerhalb der in Abbildung 2 gezeigten Hystereseschleife gibt Auskunft über die Hystereseverluste, welche gemeinsam mit den Wirbelstromverlusten die Eisenverluste am Trafo ergeben.

Zur Berechnung der Wirkleistung wird außerdem der Zusammenhang

$$P_W = U * I \quad (4)$$

benötigt.

3 Versuchsanordnung

Das Herzstück des Versuches ist natürlich der Trafo, wobei bei diesem Experiment gleich zwei zum Einsatz kommen. Der gesamte Versuch basiert auf einer Grundschaltung, welche mit jedem Aufgabepunkt ein wenig erweitert wird.

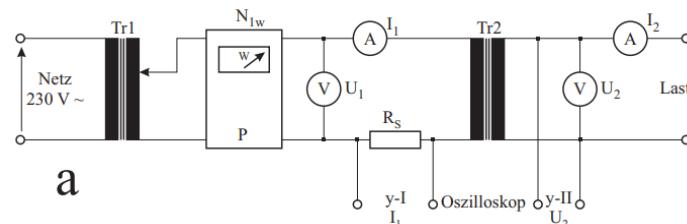


Abb. 3: Aufbau der Grundschaltung

In der Realität sieht der Aufbau wie folgt aus:

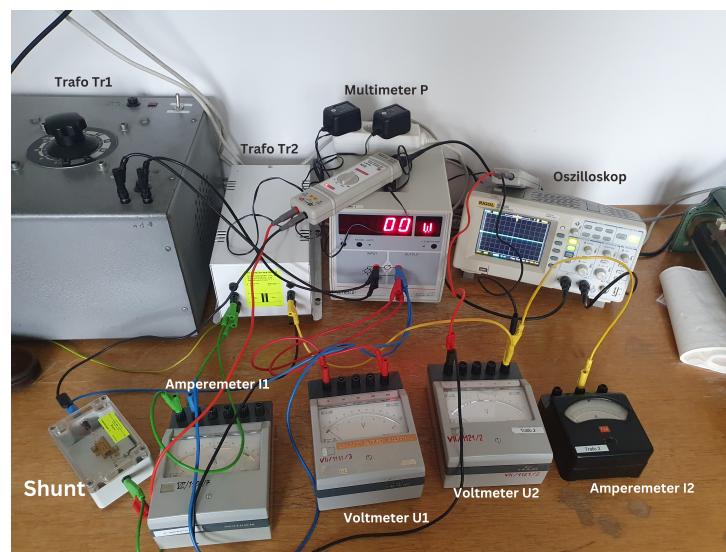


Abb. 4: Realer Aufbau der Grundschaltung

Im weiteren Verlauf des Experiments wurde die Schaltung nicht wie in Abbildung 4 im Leerlauf, sondern mit einem Lastwiderstand R_L betrieben. Dadurch konnte nun auch ein Verbraucherstrom I_2 gemessen werden. Aufgebaut sieht der Versuch nun so aus:

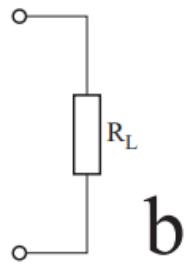


Abb. 5: Hinzugefügter Lastwiderstand

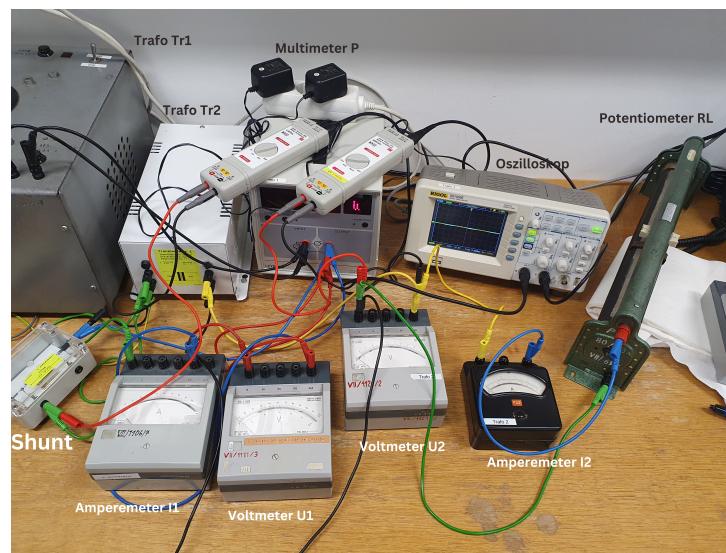


Abb. 6: Realer Aufbau mit Lastwiderstand

Für die letzte Erweiterung der Grundschaltung wurde nun noch eine Spule seriell an das Potentiometer angeschlossen. Weiters war nun ein weiteres Voltmeter zur Bestimmung der Spannung U_R , welche später für die Berechnung der Leistung P_2 noch benötigt wird.

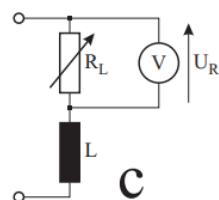


Abb. 7: Potentiometer und Spule als zusätzliche Verbraucher

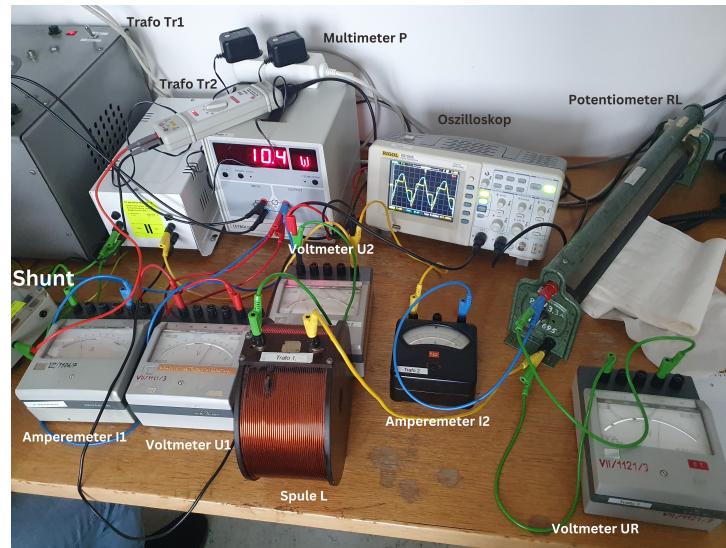


Abb. 8: Realer Aufbau mit Potentiometer und Spule

4 Geräteliste

Tab. 1: Im Versuch verwendete Geräte und Utensilien.

Gerät	Gerätenummer	Unsicherheit
Oszilloskop	n.a	n.a
Trafo Tr1	n.a	n.a
Trafo Tr2	n.a	n.a
Multimeter P	n.a	$\pm 0.001W$
Potentiometer	n.a	n.a
Shunt	n.a	n.a
Voltmeter U1	n.a	$\pm 0.5\% + 2$ digit
Voltmeter U2	n.a	$\pm 0.5\% + 2$ digit
Voltmeter UR	n.a	$\pm 0.5\% + 2$ digit
Amperemeter I1	n.a	$\pm 1.5\% + 2$ digit
Amperemeter I2	n.a	$\pm 0.5\% + 2$ digit
Spule	n.a	n.a

5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse

5.1 Leerlauf

5.2 Ohm'sche Last sekundärseitig

5.3 Ohm'sche-induktive Last

6 Auswertung und Unsicherheitsanalyse

In der Auswertung werden zur erhöhten Genauigkeit durchgehend ungerundete Werte bis zu den Endergebnissen verwendet und nur zur Darstellung gerundet.

Zur Berechnung der Unsicherheiten wird, wenn nicht anders angegeben, die Größtunsicherheitsmethode verwendet.

6.1 Leerlauf

6.2 Ohm'sche Last sekundärseitig

6.3 Ohm'sche-induktive Last

7 Diskussion

8 Zusammenfassung

8.1 Leerlauf

8.2 Ohm'sche Last sekundärseitig

8.3 Ohm'sche-induktive Last

Literatur

- [1] TU Graz TeachCenter. "*Laborübungen 1: Mechanik und Wärme*". Kurs: PHYD20UF. (besucht am 11.11.2023). URL: <https://tc.tugraz.at/main/course/view.php?id=127>.