

## Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik 2 (GET2)

### Versuch 4

# Wechselstromtransformator

#### Lernziel:

Dieser Praktikumsversuch dient dazu, das Verständnis für die Theorie des Transformators zu vertiefen. Dazu werden an einem Wechselstromtransformator jeweils ein Leerlaufversuch und ein Kurzschlussversuch durchgeführt.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Versuche werden die Ersatzschaltbilder des Transformators - bezogen auf die Ober- und die Unterspannungsseite - berechnet sowie auf Eigenschaften bei Betrieb des Transformators eingegangen.





# 1. Versuchsvorbereitung

- Nacharbeiten des Vorlesungsstoffes
- Wie wird der Leerlaufversuch durchgeführt und welche Ersatzschaltung wird im Leerlaufversuch zu Grunde gelegt?
- Wie wird der Kurzschlussversuch durchgeführt und welche Ersatzschaltung wird im Kurzschlussversuch zu Grunde gelegt?
- Vorbereiten der Berechnungen nach Abschnitt 2.4

## 2. Versuchsdurchführung und Auswertung der Messungen

### 2.1 *Aufbau der Schaltung*

Bei dem zu untersuchenden Wechselstromtransformator handelt es sich um einen Niederspannungstransformator (Trenntransformator).

Bei dem Transformator sind auf dem Typenschild vom Hersteller als Bemessungsdaten die Spannungen und Ströme angegeben, die bei Vollast des Transformators und einem unterspannungsseitigem Leistungsfaktor  $\cos \varphi = 1$  gemessen werden. Diese Angaben können für die Ermittlung des Ersatzschaltbildes nicht direkt verwendet werden.

Als Bezugsgrößen für die Messungen und die Berechnungen werden deshalb die vom Hersteller angegebene Bemessungsspannung  $U_{r,OS}$  der Oberspannungsseite und die Bemessungsscheinleistung  $S_r$  zugrunde gelegt.

Die Bemessungsspannungen der Transformatoren liegen auf der Oberspannungsseite in der Größenordnung von

$$U_{r,OS} = 400 \dots 500V$$

und auf der Unterspannungsseite bei

$$U_{r,US} = 220 \dots 230V$$

**Um eine Gefährdung zu vermeiden werden alle Messungen mit Klemmenspannungen unter 50 V durchgeführt!**



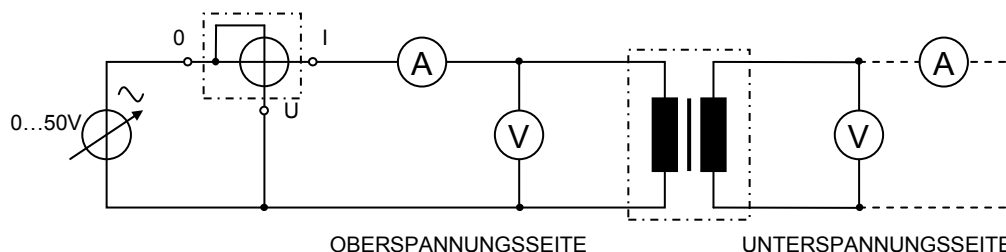
Dennoch sind die Versuche mit erhöhter Vorsicht durchzuführen, da die auftretenden Ströme in der Größenordnung von einigen Ampere liegen können. So können bei unüberlegtem Anlegen einer Spannung von 50 V im Kurzschlussversuch Stromstärken über 20 A auftreten. Diese können eine Zerstörung der Messgeräte zur Folge haben!

Weiterhin ist zu beachten, dass die Wechselspannung für den Versuch von einem Stelltransformator abgegriffen wird. Mit Ausnahme der Messungen ist diese Spannungsversorgung immer auf die Stellung **AUS**, der Maximalwert der Wechselspannung auf den Wert **U = 50 V** und der prozentuale Wert auf **u = 0%** zu stellen!

**Alle Messungen dürfen nur unter Aufsicht durchgeführt werden!**

- Man stelle die Spannungsversorgung auf die Stellung **AUS**, den Maximalwert auf den Wert **U= 50V** und den prozentualen Wert auf **u=0%**.

- Man baue die Schaltung entsprechend Bild 2.1 auf und lasse den Aufbau der Schaltung durch die Aufsicht überprüfen.



**Bild 2.1.** Leerlauf- und Kurzschlussversuch bei einem Wechselstromtransformator

**Überprüfung des Schaltungsaufbaues durch die Aufsicht !**



## 2.2 Leerlaufversuch

### 2.2.1 Messungen

Man wähle für das Amperemeter auf der Oberspannungsseite den Messbereich bis 400mA (Verschaltung beachten!).

Unter Aufsicht schalte man den Stelltransformator ein und erhöhe bei Leerlauf des Transformators die oberspannungsseitige Leerlaufspannung  $U_{lOS}$  ausgehend vom Wert

$U_{lOS} = 0V$  auf  $U_{lOS} = 50V$  und messe folgende Größen:

- Leerlaufspannung der Oberspannungsseite  $U_{lOS}$
- Leerlaufspannung der Unterspannungsseite  $U_{lUS}$
- Leerlaufstrom der Oberspannungsseite  $I_{lOS}$
- Leerlaufverluste der Oberspannungsseite  $P_{vLOS}$

Man stelle die Versorgungsspannung wieder auf den Wert  $u = 0\%$  und schalte den Stelltransformator aus!

### 2.2.2 Auswertung

Mit den Ergebnissen nach 2.2.1 der Leerlaufmessung berechne man folgende Größen:

- Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u} = \frac{U_{lOS}}{U_{lUS}}$
- Leerlaufimpedanz  $Z_{lOS}$
- Eisenverlustwiderstand  $R_{FEOS}$
- Hauptreaktanz  $X_{\mu OS}$
- Hauptinduktivität  $L_{\mu OS}$



## 2.3 Kurzschlussversuch

### 2.3.1 Messungen

Man verwende für die Amperemeter auf der Ober- und der Unterspannungsseite unbedingt jeweils den Messbereich bis 20A (Verschaltung unbedingt beachten!).

Unter Aufsicht schlieÙe man die unterspannungsseitigen Anschlussklemmen des Transformators kurz, schalte den Stelltransformator ein und erhöhe langsam die oberspannungsseitige Klemmenspannung (Kurzschlussspannung  $U_{kOS}$ ) ausgehend vom Wert  $U_{kOS} = 0V$  soweit, bis der oberspannungsseitige Bemessungsstrom  $I_{rOS}$  fließt.

**Achtung:** Hier führen schon Spannungen zwischen 5V und 15 V zum Fließen des Bemessungsstroms!

*Man messe bei Bemessungsstrom  $I_{oS}$  folgende Größen :*

- Kurzschlussspannung der Oberspannungsseite  $U_{kOS}$
- Kurzschlussstrom der Oberspannungsseite  $I_{kOS}$
- Kurzschlussstrom der Unterspannungsseite  $I_{kUS}$
- Kurzschlussverluste der Oberspannungsseite  $P_{VkOS}$

**Man stelle die Versorgungsspannung wieder auf den Wert von  $u = 0\%$  und schalte den Stelltransformator aus!**



### 2.3.2 Auswertung

*Mit den Ergebnissen der Kurzschlussmessung berechne man folgende Größen:*

- Kurzschlussimpedanz  $Z_{kOS}$

- Kurzschlusswiderstand  $R_{kOS}$

- Kurzschlussreaktanz  $X_{kOS}$

- Kurzschlussinduktivität  $L_{kOS}$

- Kurzschlusswinkel  $\varphi_{kOS}$

## 2.4 Ersatzschaltbild und Betriebsverhalten des Wechselstromtransformators

### 2.4.1 Ersatzschaltbild der Oberspannungsseite

Mit den Ergebnissen des Leerlauf- und des Kurzschlussversuchs nach 2.2 und 2.3 bestimme man die Elemente des vollständigen T-Ersatzschaltbildes des Transformators bezogen auf die Oberspannungsseite und skizziere die Ersatzschaltung einschließlich des idealen Transformators. An die Elemente des Ersatzschaltbildes schreibe man die Größen in  $\Omega$ .

### 2.4.2 Ersatzschaltbild der Unterspannungsseite

Man berechne die Elemente des Ersatzschaltbildes des Transformators nach 2.4.1 bezogen auf die Unterspannungsseite und skizziere die Ersatzschaltung einschließlich des idealen Transformators bezogen auf die Unterspannungsseite. An die Elemente des Ersatzschaltbildes schreibe man die Größen in  $\Omega$ .



### 2.4.3 Vereinfachte Ersatzschaltung

Wie groß sind theoretisch der Magnetisierungsstrom  $I_{\mu OS}$  und der Strom  $I_{RFEOS}$  durch den Eisenverlustwiderstand wenn an die ober-spannungsseitigen Klemmen die Bemessungsspannung  $U_{rOS}$  angelegt wird?

Warum kann man bei Belastung des Transformators bei Überslagsberechnungen den Magnetisierungsstrom sowie den Strom durch den Eisenverlustwiderstand sowie der Leerlaufstrom und damit den Leerlaufstrom  $I_{\ell OS}$  in erster Näherung vernachlässigen? Wie vereinfacht sich mit dieser Überlegung das Ersatzschaltbild des Transformators?

### 2.4.4 Kurzschlussspannungen

a) Für folgende Aufgabe verwende man als Maßstäbe für Spannungen 1V/cm und für Ströme 1A/cm. Man zeichne das Zeigerdiagramm für die oberspannungsseitige Kurzschlussspannung  $\underline{U}_{kOS} = R_{kOS} \cdot \underline{I}_{kOS} + jX_{kOS} \times \underline{I}_{kOS}$ . Dazu wähle man als Bezugszeiger den Strom  $\underline{I}_{kOS}$ , berechne die Werte der Spannungen  $R_{kOS} \cdot \underline{I}_{kOS}$  sowie  $X_{kOS} \times \underline{I}_{kOS}$  und konstruiere mit diesen Werten die Kurzschlussspannung  $\underline{U}_{kOS}$ . Aus dem Zeigerdiagramm lese man die Kurzschlussspannung  $U_{kOS}$  sowie den Kurzschlusswinkel  $\varphi_{kOS}$  ab und vergleiche diese Ergebnisse mit den gemessenen Werten.

b) Man berechne folgende relative Größen für Betrieb mit Bemessungsstrom bezogen auf die Oberspannungsseite:

- **Kurzschlussspannung**  $U_{krOS}$

- **ohmscher Spannungsabfall**  $U_{RrOS}$  (**Wirkanteil der Kurzschlussspannung**)

- **induktiver Spannungsabfall**  $u_{Xr,OS}$  (**induktiver Blindanteil der Kurzschlussspannung**)

- **Wie groß sind die relativen Größen**  $U_{krUS}$ ,  $U_{RrUS}$  **und**  $U_{XrUS}$  ?



### 2.4.5 Kurzschlussströme:

- a) Wie groß wären die ober- und unterspannungsseitigen Klemmenströme (Kurzschlussströme) des Transformators, wenn der Transformator bei Anliegen der überspannungsseitigen Bemessungsspannung an den unterspannungsseitigen Klemmen kurzgeschlossen würde?
- b) Wie groß wären die ober- und unterspannungsseitigen Klemmenströme (Kurzschlussströme) des Transformators, wenn der Transformator bei Anliegen der unterspannungsseitigen Bemessungsspannung an den überspannungsseitigen Klemmen kurzgeschlossen würde?

### 2.4.6 Belastung des Transformators:

Der Transformator sei unterspannungsseitig mit der Bemessungsimpedanz  $Z_{rUS} = \frac{U_{rUS}}{I_{rUS}}$  belastet.

Die Impedanz sei ohmsch-induktiv und habe ein Verhältnis  $\frac{R}{X} = 1,5$ .

Welche Werte haben folgende Größen, wenn überspannungsseitig die Bemessungsspannung  $U_{rOS}$  angelegt wird:

- **Klemmenstrom  $I_{OS}$  der Oberspannungsseite**
- **Klemmenstrom  $I_{US}$  der Unterspannungsseite**
- **Klemmenspannung  $U_{US}$  der Unterspannungsseite?**

Bei dieser Berechnung vernachlässige man den Einfluß der Leerlaufimpedanz, d.h. man nehme  $Z_\ell = \infty$  an (siehe auch 2.4.3).