

Experiment zu den Eigenschaften eines Transformators

Nutzleistungsverluste

Eisenverluste:

Benötigte Materialien:

- Kabelmaterial
- Netzteil – Wechselspannung (z.B. $2V - 14V$)
- 4 Spulen gleicher Windungszahl
- Geschlossener, geblätterter Eisenkern für Transformatoraufbauten (T_1)
- Geschlossener, massiver Eisenkern für Transformatoraufbauten (T_2)
- 2 baugleiche Lämpchen (z.B. $6V; 0,5A$)
- 2 Lämpchenfassungen

Aufbau:

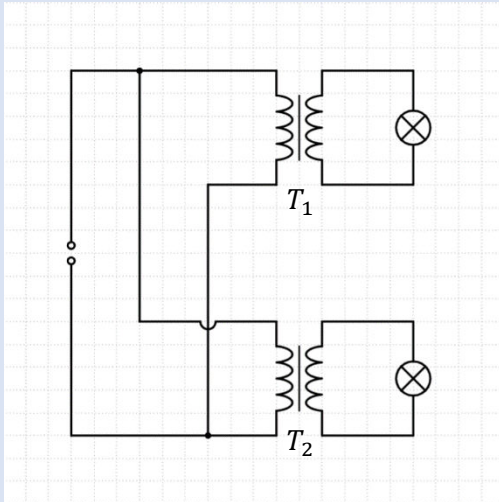


Abbildung 1: Schaltplan

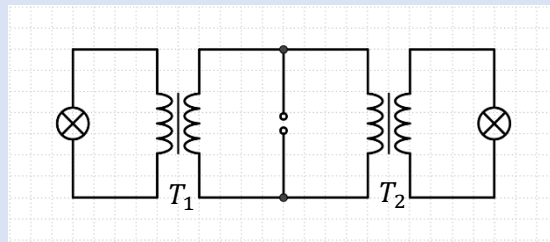


Abbildung 2: Ersatzschaltplan

Es werden zwei Transformatoren aufgebaut. T_1 mit geblättertem Eisenkern und T_2 mit massivem Eisenkern. Die Transformatoren können primärseitig parallel an ein Netzteil angeschlossen werden, oder man verwendet alternativ für jeden Transformator ein eigenes Netzteil. Sekundärseitig wird jeweils ein baugleiches Lämpchen angeschlossen.

Durchführung:

Ein, zwei freiwillige Schüler:innen werden dazu aufgefordert sich zu vergewissern, dass sich die beiden Transformatoren in den physikalischen Größen Primärspannung, Windungszahlen, Windungszahlverhältnis, Kenndaten der Lämpchen nicht unterscheiden. Sollten die Schüler:innen darauf verweisen, dass die Eisenkerne unterschiedlich wirken, darf und soll dies bestätigt werden.

Alternativ kann von Beginn an darauf hingewiesen werden, dass sich die baugleich wirkenden Transformatoren lediglich in der Struktur der verwendeten Eisenkerne unterscheiden.

Die Schüler:innen sollen beim Einschalten des Netzteiles auf die Lämpchenhelligkeit der Sekundärkreise achten. Es wird primärseitig gleich hohe Spannung durch das Netzteil an beiden Transformatoraufbauten angelegt.

Beobachtung:

Das Lämpchen im Sekundärkreis des Transformators T_1 leuchtet heller als das Lämpchen im Sekundärkreis des Transformators T_2 .

Auswertung:

Die Beschaffenheit des Eisenkerns innerhalb eines Transformators nimmt Einfluss auf die übertragene Nutzleistung. Leistungsverluste, die durch den Eisenkern bedingt sind, werden Eisenverluste genannt.

Anmerkungen:

- Für beide Transformatoren sollte ein Windungszahlverhältnis 1:1 gewählt werden, um die Aufmerksamkeit nicht auf eine mögliche Spannungs- oder Stromtransformation zu lenken.
- Die verwendeten Spulen sollten zur Variablenkontrolle gleiche Windungszahlen aufweisen.
- Die Lämpchen müssen gleiche Kenndaten aufweisen.

*Erweiterungsmöglichkeit: Kupferverluste***Durchführung:**

Vor und nach dem Einschalten des Netzteiles werden freiwillige Schüler:innen aufgefordert, die Spulen vorsichtig zu berühren. Dabei ist auf eine berührungsfähliche Spannung zu achten, selbst wenn die Spulendrähte als ausreichend isoliert angesehen werden können!

Beobachtung:

Nach Einschalten des Netzteiles empfindet man die Spulendrähte als deutlich wärmer als vor Einschalten des Netzteiles.

Auswertung:

Die Spulendrähte werden erwärmt. Leistung in Form von Wärme wird an die Umgebung abgegeben und steht nicht mehr als Nutzleistung zur Verfügung. Man nennt diese Verlustleistung des Transformators Kupferverluste.

Vorwissen:

Die Funktionsweise eines Transformators als Leistungsüberträger zwischen den Systemen Primärstromkreis (Elektrischer Leistungsgeber: Netzteil) und Sekundärstromkreis (Leistungswandler: Lämpchen) vermittelt durch den magnetischen Fluss sollte bereits behandelt sein. Die Aufmerksamkeitssteuerung auf Eisenkern und Spulendrähte als mögliche Stellen zusätzlicher Leistungsumsetzung sollte für Schüler:innen leichter zugänglich sein, nachdem der Leistungsübertrag im theoretischen Modell am idealen Transformator behandelt wurde.

Lernschwierigkeiten:

Eine gängige Lernschwierigkeit im Gespräch über elektrische Leistung stellt die Unterscheidung von elektrischem Strom, elektrischer Energie und elektrischer Leistung dar („Stromverbrauch“). Die Fachbegriffe Eisen- und Kupferverlust bekräftigen mögliche Entwertungsvorstellungen weiter. Es kann hierzu nützlich sein, präzise von Leistungsumsetzung an den entsprechenden Stellen zu sprechen (Netzteil – Primärspule, Primärspule – magnetischer Fluss, magnetischer Fluss – Sekundärspule, Sekundärspule – Lämpchen, Lämpchen – Helligkeit), nötigenfalls auf die Konstanz der elektrischen Stromstärke in Primär- und Sekundärkreis hingewiesen werden, die unterschiedlichen Energien und deren

Erhalt in den Systemen genau zu identifizieren (elektrische Energie in den Stromkreisen, Energie im Magnetfeld) oder auf eine entsprechende sprachliche Formulierung zu achten und diese während des Unterrichts auch von den Schüler:innen einzufordern (*Leistungsumwandlung*, *Energieumwandlung*).

Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Unsichtbarkeit der magnetischen Wirbelfelder. Bei Erklärungsbedarf der Eisenverluste empfiehlt es sich daher, eine Plausibilisierung alleine über die ständig wechselnde Magnetisierung des Eisens zu verfolgen. Es spricht nichts gegen eine reine phänomenologische Darstellung der Eisenverluste durch das vorgestellte Experiment.

Einsatzmöglichkeit im Unterricht:

Kontrastieren. Das skizzierte Experiment eignet sich zur Aufmerksamkeitslenkung der Schüler:innen auf Bereiche möglicher Leistungsumwandlung beim Transformator, die nicht in Nutzleistung umgesetzt werden können. Der nahezu gleiche Aufbau in Kombination mit der deutlich unterschiedlichen Beobachtung regt zum Nachdenken und Suchen möglicher Ursachen dieser Diskrepanz an. Wird zu Beginn der Unterschied im Aufbau des Eisenkerns angesprochen, stellt dies keinen Nachteil dar, sondern bewirkt eine deutlichere Aufmerksamkeitslenkung.

Alternativ kann der Versuch auch als Hypothesentest eingesetzt werden. Hierzu muss jedoch bereits vor Versuchsdurchführung angesprochen werden, dass Leistung in Form von Eisenverlusten und Kupferverlusten das System als Wärme verlässt und entsprechende Vermutungen zum Ausgang des Experimentes müssen formuliert werden. Mögliche Vermutungen sind z.B.:

Unterschiedlich aufgebaute Eisenkerne verursachen einen unterschiedlichen Leistungsübertrag auf das Lämpchen.

Vermutung 1: Ich erwarte: Die Lämpchen leuchten nach Einschalten der Netzteile unterschiedlich hell.

Stromdurchflossene Leiter erwärmen sich. Leistung wird in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben und kann vom Transformator nicht mehr an das Lämpchen übertragen werden.

Vermutung 2: Ich erwarte: Die Spulendrähte erwärmen sich nach Einschalten des Netzteiles.