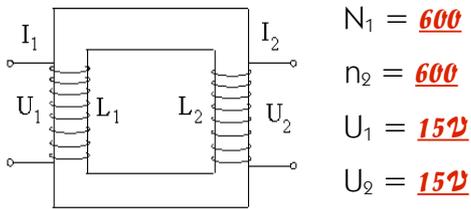


1.) Versuche

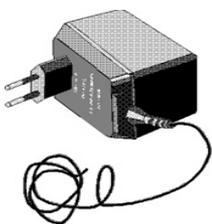
Zwei gegenübergerichtete Spulen um einen gemeinsamen Eisenkern bilden einen Transformator.

V₁ Wechselspannung an gleichseitigen Transformator



Ergebnis: Es wird eine Wechselspannung induziert.

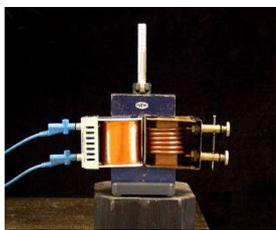
V₂ Sekundärspule weniger Windungen als Primärspule



$N_1 = \underline{1200}$
 $n_2 = \underline{300}$
 $U_1 = \underline{220V} \quad \underline{100V}$
 $U_2 = \underline{55V} \quad \underline{25V}$

Ergebnis: Ist $n_2 < n_1$, so ist U_2 entsprechend $< U_1$.

V₃ Sekundärspule mehr Windungen als Primärspule



$N_1 = \underline{600}$
 $n_2 = \underline{1200}$
 $U_1 = \underline{20V} \quad \underline{7.5V}$
 $U_2 = \underline{40V} \quad \underline{15V}$

Ergebnis: Ist $n_2 > n_1$, so ist U_2 entsprechend $> U_1$.

V₄ Lässt sich die Spannung beliebig vergrößern?

Lässt sich mit Hilfe eines Trafos die Spannung so weit erhöhen, dass die Luft leitend wird?

$n_1 = \underline{1}$
 $n_2 = \underline{2000}$
 $U_1 = \underline{220V}$
 $U_2 = \underline{440000V}$

Ergebnis: Mit einem Transformator lassen sich Wechselströme beliebig hoch und runter regeln.

2.) Erklärung

Zwischen dem stromerzeugenden Kraftwerk und dem Endverbraucher liegen nicht selten mehrere hundert Kilometer. Wie wird dieser große Abstand mit möglichst geringem Leistungsverlust überwunden? Wie kann ein Handyakku mit 4,5V durch die 230V-Versorgung aus der Steckdose schadenfrei aufgeladen werden? Die Spannungen müssen umgewandelt werden. Und das ist die Hauptaufgabe eines Transformators.

Ein Transformator besteht aus mindestens zwei **Spulen**, die um einen gemeinsamen Eisenkern gewickelt sind. Man unterscheidet zwischen **Primär-** und **Sekundärspulen**. Sein Prinzip beruht auf der **Induktion**. Bei der von Michael Faraday entdeckten magnetischen Induktion haben wir gelernt, dass eine **Spannung** induziert wird, wenn sich ein Leiter in einem **Magnetfeld** bewegt. Später haben wir gelernt, dass nicht die Bewegung, sondern die relative **Änderung** des Magnetfeldes ausschlaggebend ist. Das selbe Prinzip machen sich auch **Generatoren** zu Nutze.

Der Einfachheit halber betrachten wir nur **ideale** Transformatoren mit zwei Spulen. Für mehrspulige Transformatoren gelten die selben Gesetze. Sie werden angewendet um zwischen mehreren Eingangs- und Ausgangsspannungen mit nur einem Bauteil wechseln zu können.

Da die Induktion ein sich permanent änderndes Magnetfeld voraussetzt, funktioniert ein Transformator nur mit **Wechselstrom**. Will man ein Gleichstromgerät betreiben, muss der Sekundärstrom nachträglich über eine **Gleichrichterschaltung** in einen Gleichstrom umgewandelt werden. Legt man eine Wechselspannung an die Primärspule eines Transformators an, erzeugt diese ein sich änderndes Magnetfeld. Der Wechselstrom aus der Steckdose hat eine Frequenz von $f = 50\text{Hz}$, was heißt, dass das Magnetfeld 50 mal in der Sekunde abgebaut und in umgekehrter Richtung wieder aufgebaut wird. Zur Verstärkung der magnetischen Wirkung befinden sich die gegenüberliegenden Spulen auf einem gemeinsamen **Eisenkern** mit möglichst hoher Permeabilität (magnetische Wirkung). Dieser besteht heutzutage aus mehreren voneinander durch Lack isolierten Metallplättchen um induzierte Wirbelströme zu vermeiden, die die Leistung des Transformators mindern. Das Magnetfeld versetzt die **Elektronen** der Sekundärspule in Bewegung und erzeugt in ihr einen Wechselstrom mit entgegengesetzter Richtung zum Primärstrom. Je höher die Frequenz ist, desto besser arbeitet der Transformator. Dies hat zur Entwicklung der **Schaltnetzeile** geführt, die vor der Transformation erst die Frequenz erhöhen.

Das Verhältnis der Spannungen U_1/U_2 ist **proportional zum Verhältnis der Windungszahlen n_1/n_2 ! Daraus ergibt sich die folgende Formel:**

$$U_1 / U_2 = -n_1/n_2.$$

Wird an die Sekundärspule ein Verbraucher angeschlossen und somit dem System Transformator Energie entnommen, spricht man vom **belasteten Transformator**, andernfalls vom **unbelasteten Transformator**.

Erst beim belasteten Transformator entsteht in der Sekundärspule ein Wirkstrom, der wiederum ein Magnetfeld aufbaut, das in der Primärspule einen zusätzlichen, gegenläufigen Strom induziert. Dadurch erhöht sich der Widerstand der Primärspule so, dass die Stromquelle mehr Leistung zur Verfügung stellen muss. Je mehr Leistung der Sekundärspule entnommen wird, desto mehr Leistung muss das Netzgerät bereitstellen. Hier richtet sich I_2 nach I_1 , nicht umgekehrt. Es gilt: $I_2/I_1 = U_1/U_2 = n_1/n_2$ und $P_1 = P_2$.

Welchen Vorteil bringt es nun, den Strom aus dem Kraftwerk ($U_{\text{Kraftwerk}} = 10\sim 25\text{kV}$) auf $U_{\text{Hochspannungleitung}} = 400\text{kV}$ und im städtischen Stromnetz auf $U_{\text{Stadt}} = 10\sim 25\text{kV}$ zu transformieren, bevor der Strom auf die $U_{\text{Haus}} = 230\text{V}$ und im Verbraucher auf noch niedrigere Werte transformiert wird? Bei der Transformation bleibt $P = U \cdot I$ konstant. Die abgegebene Leistung entspricht der aufgenommenen Leistung ($P_2 = P_1$), sie ändert sich nicht durch die Transformation. (Wohl aber durch die entnommene Stromstärke!) Das heißt mit einer zunehmenden Spannung U wird die Stromstärke I kleiner. Das bewirkt, dass durch den geringeren Strom weniger **Verlustwärme** in der Leitung entsteht.

Durch die Formel $R = U/I$ lässt sich auch ein Spulenwiderstand errechnen, der dem Transformator einen weiteren Einsatzbereich zuweist, die Anpassung der Widerstände von Verbraucher und Quelle. So z.B. bei Verstärken in alten Radios oder für Industrie und Bühne oder auch bei Mikrofonen mit schwacher Ausgangsleistung.

Ein wesentlicher Vorteil, den der Transformator mit einem **Relais** gemein hat ist die Trennung zweier Stromkreise. Es gibt keinen direkten, elektrischen Kontakt zwischen der Primär und der Sekundärseite. Es entstehen zwei voneinander unabhängige **Stromkreise**. Ein Kurzschluß in einen Stromkreis wirkt sich nicht auf den anderen Stromkreis aus. Diese Art von Trennung wird auch **Galvanische Trennung** genannt und findet in einigen Bereichen Anwendung. Sie war z.B. sehr wichtig bei den alten Röhrenradios, wo zur Verstärkung der elektrischen Signale Röhren verwendet wurden, in denen rund 500V und mehr entstehen konnten. Durch die Abtrennung der Anschlüsse und des Lautsprechers von der Verstärkerschaltung durch Transformatoren konnten die hohen Ströme im Falle eines Kurzschlusses niemals den Menschen treffen. Eine Röhre kann auch nach dem Ausschalten noch hoch genug Ströme speichern, um einen Menschen bei Berührung sofort zu töten! Ganz alte und weit verbreitete Radios mit fünf Röhren boten diese erhöhte Sicherheit durch Transformatoren nicht. Deshalb ist das Basteln an ihnen mit Vorsicht zu genießen.

Natürlich kommt ein idealer Transformator nicht in der Wirklichkeit vor. Deshalb gilt es, beim Einsatz/Entwurf von Transformatoren auf folgende Umstände zu achten:

- ☉ Hohe magnetische Wirkung des Eisenkerns
- ☉ Geringe magnetische Wirkung der Umgebung (Luft...)
- ☉ Geringe Leitfähigkeit des Kerns (verhindert Wirbelströme und Energieabgabe)
- ☉ Hohe Leitfähigkeit der Spulenwicklungen (geringer Widerstand der Spulen, weniger Leistungsverlust)

3.) Aufgaben

- a) Ein Trafo mit $n_1 = 750$ und $n_2 = 1875$ Windungen liegt an einer Primärspannung von $U_1 = 12\text{V}$ an. Wie hoch ist die Sekundärspannung? Wie hoch müsste die Primärspannung U_1 sein, wenn $U_2 = 12\text{V}$ sein sollte?
- b) Die Primärspannung U_1 eines Trafos beträgt 220V und die Sekundärspannung $U_2 = 22\text{V}$. Welche Windungszahl n_2 müsste gewählt werden, wenn $n_1 = 170$ Windungen beträgt?

4.) Quellennachweis

Dorn-Bader Physik 12/13 – (C) 2000 Schroedel Verlag, Hannover, ISBN: 3-507-10722-8

<http://www.net-lexikon.de/Transformator.html>

www.pi1.physik.uni-stuttgart.de/Vorlesungsversuche/V668.htm (Bilder)

www.bde.se/tiart/360x12_n.htm (Bilder)

Eigenes Wissen ;-)

(C) 2004 Dennis Schulmeister – Für die Verwendung im Unterricht freigegeben.