

Der Transformator

Der Transformator dient zur Spannungswandlung von Wechselspannungen. Die Energieübertragung erfolgt über das magnetische Feld. Eingangskreis und Ausgangskreis sind galvanisch getrennt. Um die Übertragungsverluste möglichst klein zu halten, wird die Spannung vom Kraftwerk auf 400 kV transformiert. Bis zu unserer 230V-Haussteckdose wird die Spannung in den Transformatorstationen auf 230 V transformiert.

Aufbau und Wirkungsweise:

Ein Transformator besteht aus einer Primärspule und einer Sekundärspule, welche auf einem ferro-magnetischen Kern gewickelt sind. Der Kern kann unterschiedlich aussehen.

Ein elektrischer Strom in der Primärspule erzeugt in dieser ein magnetisches Feld. Jede Änderung dieses Feldes induziert in der Sekundärspule wieder eine Spannung.

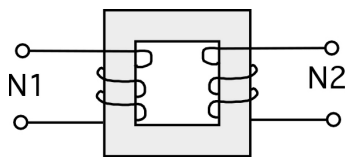


Abb. 1: Kerntrafo

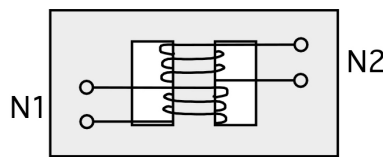


Abb. 2: Manteltrafo

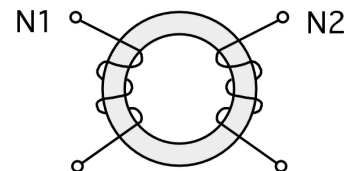


Abb. 3: Ringkerntrafo

Mit einem Transformator kann man nur Wechselspannungen transformieren.

Das Verhältnis der beiden Spulen bestimmt die Spannung an der Sekundärspule N_2 .

Das Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}_v = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$

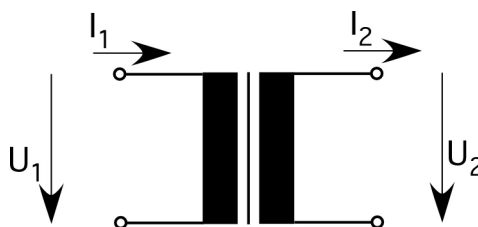


Abb. 4: Schaltzeichen Transformator

Bei einem idealen Transformator ist die Eingangsleistung gleich der Ausgangsleistung.

$$P_{Inp.} = P_{Out.} = U_{Inp.} \cdot I_{Inp.} = U_{Out.} \cdot I_{Out.}$$

Die Ströme verhalten sich umgekehrt wie die Spannungen. Die Ströme werden umgekehrt zum Verhältnis der Windungszahlen gewandelt

$$\frac{U_{Inp.}}{U_{Out.}} = \frac{I_{Out}}{I_{Inp}}$$

Verluste und Wirkungsgrad:

Die Spulen der Primär- und Sekundärwicklung bestehen aus Kupferdrähten. Diese haben einen ohm'schen Widerstand. Fließt Strom durch einen Widerstand, gibt es einen Spannungsabfall und die Kupferwicklung wird warm. Dieser Energieverlust nennt man Kupferverlust. Das magnetische Feld induziert auch im Kern eine Spannung bzw. einen Strom, den sogenannten Wirbelstrom. Durch dünne, isolierte Eisenbleche werden die Wirbelströme möglichst klein gehalten und so der Verlust minimiert.

Nimmt die Feldstärke H zu, so kommt es im Eisenkern zu einer Sättigung der Kraftflussdichte B . Wird H null, so bleibt das Eisen magnetisch (Remanenz). Wird die Richtung der Feldstärke H umgekehrt, so kommt es erneut zu einer Sättigung des Kernes. Wird H wieder null, so bleibt das Eisen magnetisch, nun jedoch in umgekehrter Richtung. Die Fläche der Hystereseschleife entspricht der benötigten Arbeit und ist Verlustwärme. Die Fläche ist bei weichem Eisen kleiner als bei magnetisch hartem Eisen, weshalb Weicheisen als Kern verwendet wird.

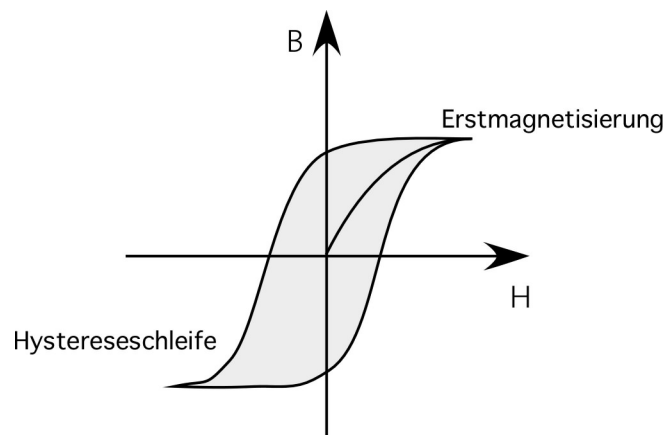


Abb. 5: Hysterese

Durch all die oben genannten Verluste ist der reale Transformator nicht ideal. Der Trafo hat einen Wirkungsgrad, welcher immer <1 ist.

Der Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{Out.}}{P_{Inp.}}$

Häufig gibt man den Wirkungsgrad auch in $\eta * 100\%$ an.

Bauformen:

Rechteck-Eisentrafo werden sehr häufig eingesetzt. Das Gewicht des Eisenkerns macht sich häufig negativ bemerkbar. Die Streufelder und der Wirkungsgrad sind schlechter als beim Ringkerntrafo.



Abb. 6: Rechtecktrafo



Abb. 7: Printrafo



Abb. 8: Ringkerntrafo

Die Ringkern-Transformatoren bestehen aus einem Eisen-Ringkern. Primär- und Sekundärwicklung sind um diesen Ringkern gewickelt. Die Ringkern-Trafos sind leichter als die Rechteck-Transformatoren. Das Streufeld ist kleiner und der Wirkungsgrad ist besser als beim Rechteck-Trafo.

Spartransformator (Variac, Stelltrafo, ect.)

Beim Spartrafo kann Kupfer und Eisen eingespart werden. Der Spartrafo besitzt nur eine Wicklung mit einem weiteren Abgriff für die Sekundärspannung.

Achtung: beim Spartrafo gibt es keine galvanische Trennung.

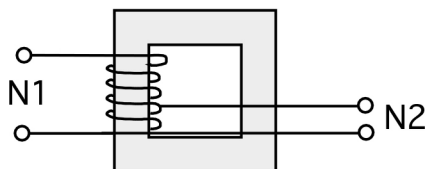


Abb. 9: Spartrafo, Variac oder Stelltrafo

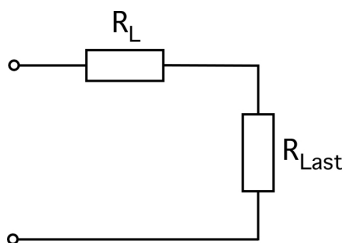
Im Labor wird er häufig verwendet, wenn eine einstellbare Wechselspannung benötigt wird. Für die Sicherheit muss vorgesorgt werden, ev. mit zusätzlichem Trenntrafo

Literatur und Links:

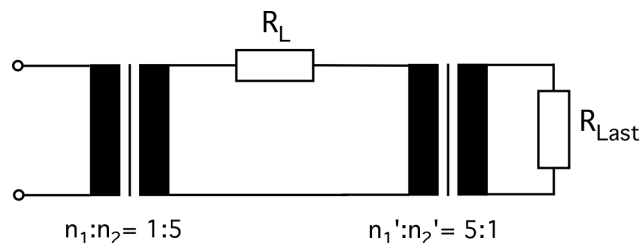
- Fachkenntnisse Elektrotechnik, Baumann, Betz, etc.
- Die hohe Schule der Elektronik, Teil 1, P. Horowitz, W.Hill
- Elektronik-Fibel, Patrik Schnabel
- Wikipedia.org (<http://de.wikipedia.org/wiki/Transformator>)
- <http://www.strom-online.ch>

Fragen zum Transformator

1. Beschreibe den Aufbau und die Funktionsweise eines Transformators mit Hilfe einer Skizze. [5 Pkt]
2. Warum lässt sich mit einem Transformator keine Gleichspannung transformieren? [2]
3. Wofür braucht man Trafos in der Technik? [2]
4. Beim Betrieb eines Transformators entstehen Energieverluste. Wodurch entstehen sie? Durch welche Massnahmen können diese Verluste möglichst gering gehalten werden? [5]
5. Die Primärspule eines unbelasteten Trafos, die an das 230 V-Netz angeschlossen ist, hat 250 Windungen. Berechne die Spannung an der Sekundärwicklung bei 20 bzw. 500 Windungen. [2]
6. Ein Trafo hat die Windungszahlen $n_p=1500$ und $n_s=100$. Er wird an das 230 V-Netz angeschlossen. Ein Strom von 12 A fliesst durch den Verbraucher im Sekundärkreis. (verlustfreier Trafo angenommen). [5]
 - a. Welches Übersetzungsverhältnis hat der Trafo?
 - b. Welche Spannung liegt am Verbraucher an?
 - c. Welcher Strom fliesst im Primärkreis des Trafos?
7. Elektrische Energie soll von einem Wechselstromgenerator zu einem Verbraucher übertragen werden. Der Verbraucher hat die Betriebsspannung $U_v=230$ V und die Leistungsaufnahme $P_v=1$ kW. Die Übertragungsleitungen haben je einen Widerstand $R_L=20 \Omega$.



Schaltung a.)



Schaltung b.)

- a. Berechne den Wirkungsgrad der Energieübertragung für die Schaltung unter der Annahme, dass die Transformatoren verlustfrei sind. [5]
- b. Der Wirkungsgrad soll verbessert werden. Wie lässt sich dies erreichen? [2]