

Induktion und Transformator

Grundwissen

Transformator

Das Wichtigste auf einen Blick

- Transformatoren arbeiten i.d.R. immer mit Wechselspannungen und basieren auf Induktion.
- Transformatoren besitzen eine Primär- und eine Sekundärseite.
- Man unterscheidet zwischen unbelastetem und belastetem Transformator.



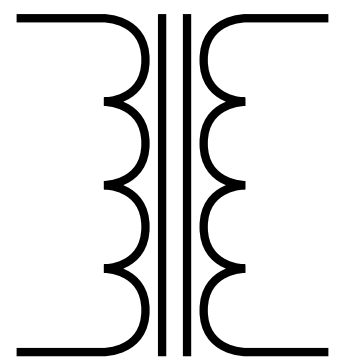
Verwendung und Schaltsymbol

Der Transformator ist eins der wichtigsten Bauteile in der Wechselstromtechnik. Sein Einsatz reicht vom Umspanner in der Starkstromtechnik über die Bereitstellung von Kleinspannungen in Netzgeräten bis hin zu Schutztrennungen.

Ein Transformator besteht meist aus zwei oder mehr Spulen mit N Wicklungen aus Kupferdraht. Die Spulen befinden sich auf einem gemeinsamen Ferrit- bzw. Eisenkern. Ein Transformator wandelt eine Eingangswechselspannung, die an einer der Spulen angelegt ist, in eine Ausgangswechselspannung um, die an der anderen Spule abgegriffen werden kann.

Primär- und Sekundärspule

Dabei bezeichnet man die Spule als Primärspule, an die von außen eine Wechselspannung U_P angelegt wird. Die Spule, an der die Ausgangsspannung U_S abgegriffen wird, nennt man Sekundärspule.



© Joachim Herz Stiftung

Abb. 1 Schaltsymbol eines Transformators mit Eisenkern



Funktionsprinzip

Ohne genauer auf die Einzelheiten von Spannungs- und Stromrichtungen und diverse Rückwirkungen der beiden Spulen aufeinander einzugehen geschieht im Transformator, wie in Abb. 2 gezeigt, folgendes:

- Die Wechselspannung U_P in der Primärspule verursacht einen Wechselstrom in der Primärspule.
- Der Wechselstrom in der Primärspule verursacht ein sich ständig änderndes Magnetfeld (im Eisenkern und) in der Sekundärspule.
- Das sich ständig ändernde Magnetfeld in der Sekundärspule induziert eine Spannung U_S in der Sekundärspule. Auch U_S ist eine Wechselspannung und hat die gleiche Frequenz wie die Wechselspannung in der Primärspule.

Nur mit Wechselspannung

Aus dem oben Gesagten ergibt sich, dass ein Transformator nur mit Wechselspannung funktionieren kann, da eine ständige Änderung des Magnetfeldes notwendig ist, damit in der Sekundärspule eine Spannung induziert wird. Würde man an die Primärseite eine Gleichspannung anlegen, so käme es zu keiner dauerhaften Magnetfeldänderung und somit würde keine Sekundärspannung entstehen. Lediglich beim Einschalten der Gleichspannung könntest du kurz eine Spannung an der Sekundärspule abgreifen.

Abb. 2 Aufbau und Funktionsweise eines Transformators. Die roten Pfeile stellen nicht die exakte Stromrichtung dar.

Idealer, unbelasteter Transformator

Von einem idealen Transformator spricht man, wenn an dem Transformator keine Energieverluste z.B. durch ohmsche Widerstände auftreten bzw. diese Energieverluste unberücksichtigt bleiben sollen. Unbelastet bedeutet, dass im Sekundärkreis, also auf Seite der Sekundärspule kein Strom fließt, sondern lediglich statisch die Spannung gemessen wird. Bei einem solchen idealen, unbelasteten Transformator ist das Verhältnis von Sekundärspannung zu Primärspannung gleich dem Verhältnis der Sekundärwindungszahl zur Primärwindungszahl.

Spannungsübertragung beim idealen, unbelasteten Transformator

Bei einem idealen (keine Energieverluste durch z.B. OHMsche Widerstände) **unbelasteten** Transformator bestimmt die Primärspannung U_P die Sekundärspannung U_S .

Dabei besteht zwischen der Primärspannung U_P , der Sekundärspannung U_S , der Windungszahl der Primärspule N_P und der Windungszahl der Sekundärspule N_S der Zusammenhang:

$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

Idealer, belasteter Transformator

Von einem idealen, belasteten Transformator spricht man, wenn Energieverluste unberücksichtigt bleiben, aber auf der Sekundärseite auch ein Strom I_S fließt. Dabei lässt sich ein Zusammenhang zwischen den Stromstärken im Primär- und Sekundärkreis und den Windungszahlen finden.

Stromübertragung beim idealen, belasteten Transformator

Bei einem idealen (keine Energieverluste durch z.B. OHMsche Widerstände) **belasteten** Transformator bestimmt die Sekundärstromstärke I_S die Primärstromstärke I_P .

Dabei besteht zwischen der Sekundärstromstärke I_S , der Primärstromstärke I_P , der Windungszahl der Sekundärspule N_S und der Windungszahl der Primärspule N_P der Zusammenhang:

$$\frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S}$$

Zusammenführung durch den Energieerhaltungssatz

Beim idealen Transformator, der verlustlos ist und auch keine Zwischenspeicherfunktion besitzt, ist als Folge des Energieerhaltungssatzes die primär eingespeiste Leistung P_P gleich der sekundär bereitgestellten Leistung P_S . Damit ergibt sich

$$\begin{aligned} P_S &= P_P \\ \Leftrightarrow U_S \cdot I_S &= U_P \cdot I_P \\ \Leftrightarrow \frac{I_S}{I_P} &= \frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S} \end{aligned}$$

Realer Transformator

In der Praxis können die beiden oben genannten Zusammenhänge nicht genau in einem Realexperiment gezeigt werden. In der Realität besitzen die Wicklungen der Spulen Widerstände und im Eisenkern treten Wirbelstrom- und Umpolungsverluste auf.

Dennoch kann bei einem unbelasteten realen Transformator weiterhin näherungsweise der Zusammenhang $\frac{U_S}{U_P} = \frac{N_S}{N_P}$ gezeigt werden. Die Spulenwiderstände und Umpolungsverluste sorgen jedoch dafür, dass die Sekundärspannung immer etwas unter dem erwarteten Wert des idealen Transformators liegt.

Bei einem belasteten realen Transformator lässt sich weiter der Zusammenhang $\frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S}$ zeigen. Die Spulenwiderstände und Umpolungsverluste sorgen jedoch dafür, dass der Sekundärstrom immer etwas kleiner als der erwartete Wert des idealen Transformators ist.