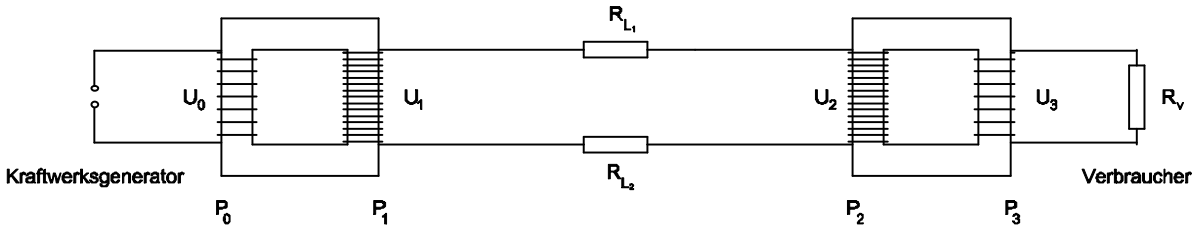
Energieübertragung durch Hochspannungstechnik



P_0 ist die vom Kraftwerk abgegebene Leistung.

P_1 ist die Leistung; die dem 1. Transformator auf seiner Sekundärseite entnommen werden kann.

Ist der Transformator ideal, dann gilt $P_1 = P_0$. Besitzt er den Wirkungsgrad η, dann gilt

$$\boxed{P_1 = \eta \cdot P_0}$$

An den Leitungsdrähten tritt die Verlustleistung

$$\boxed{\Delta P = (R_{L_1} + R_{L_2}) \cdot I^2}$$

auf. Dabei ist I der Strom in der Fernleitung.

Die auf den 2.Transformator übertragene Leistung ist dann gegeben durch

$$\boxed{P_2 = P_1 - \Delta P}$$

P_3 ist dann die Leistung; die dem 2. Transformator auf seiner Sekundärseite entnommen werden kann. Sie wird an den Verbraucher abgegeben.

Ist der Transformator ideal, dann gilt $P_3 = P_2$. Besitzt er den Wirkungsgrad η, dann gilt

$$\boxed{P_3 = \eta \cdot P_2}$$

Der Wirkungsgrad der Energieübertragung ist dann gegeben durch

$$\boxed{\eta_{\text{Übertragung}} = \frac{P_3}{P_0}}$$

Der Spannungsabfall in der Leitung ist gegeben durch $\Delta U = (R_{L_1} + R_{L_2}) \cdot I$ mit dem Leitungsstrom I. Es gilt daher $U_2 = U_1 - \Delta U$:

Transformatoren

==========

1. a) Wie lauten die Gesetze für den ***idealen*** Transformator?

   b) Wie ist der ***Wirkungsgrad*** eines Transformators definiert?

   c) Für ***welche Stromart*** ist der Transformator geeignet? Begründe!

   d) Gib ***Beispiele*** für die Anwendung von Transformatoren.

   e) Worin besteht die Bedeutung des Transformators für die ***elektrische Energieübertragung***?

---

2. Ein Dorf soll von von einem Kraftwerk über eine Fernleitung von 2,0 Ω Widerstand eine elektrische Leistung von 180 kW bei einer Spannung von 230 V erhalten.

   a) Es werden keine Transformatoren verwendet. Berechne

   - den Strom in der Leitung
   - den Spannungsabfall und die Verlustleistung in der Leitung
   - die Spannung, die der Kraftwerksgenerator abgeben muss
   - die Leistung, die das Kraftwerk abgeben muss und den Wirkungsgrad der Übertragung

   b) Beantworte die Fragen, wenn die Spannung mit idealen Transformatoren um den Faktor 200 hinauf bzw. herabtransformiert wird.

---

3. Ein Wasserkraftwerk stellt eine elektrische Leistung von 30 MW zur Verfügung. Die Generatorspannung wird auf 110 kV hochtransformiert und die elektrische Energie über eine Fernleitung von 40 Ω Gesamtwiderstand übertragen.

   Jeder der beiden Transformatoren hat einen Wirkungsgrad von 95%

   a) Zeichne ein Schaltbild mit allen bekannten Angaben!

   b) Berechne die Leistung, die der zweite Transformator an den Verbraucher abgibt.

---

4. Die Primärspule eines Transformator liegt an der Netzspannung von 230 V. Im Sekundärkreis wird eine Glühlampe $\left(9\text{ V};\ 36\text{ W}\right)$ betrieben.

   Wie groß ist der Strom im Primärkreis, bei einem

   a) idealen Transformator b) Transformator mit dem Wirkungsgrad 90%?

---

2. Gegeben: $P = 180\ kW$, $U_V = 230\ V$ und $R = 2\ \Omega$

a) • $I = \frac{P}{U} \quad I = \frac{180000\ W}{230\ V} = 783\ A$

• $\Delta U = R \cdot I \quad \Delta U = 2\ \Omega \cdot 783\ A = 1566\ V$

$\Delta P = R \cdot I^2 \quad \Delta P = 2 \cdot (783\ A)^2 = 1,2\ MW$

• die Spannung, die der Kraftwerksgenerator abgeben muss

$U_G = U + \Delta U \quad U_G = 1566\ V + 230\ V = 1798\ V$

• die Leistung, die das Kraftwerk abgeben muss und den Wirkungsgrad der Übertragung

$P_K = 1,2\ MW + 0,18\ MW = 1,38\ MW$

b) Strom auf der Verbraucherseite: $I_V = \frac{180000\ W}{230\ A} = 783\ A$

Strom in der Leitung: $I = \frac{1}{200} \cdot 783\ A = 3,9\ A$

Spannung auf der Primärseite des 2 Transformators: $U_2 = 200 \cdot 230\ V = 46000\ V$

Leistungsverlust in der Leitung: $\Delta P = 2 \cdot (3,9\ A)^2 = 30\ W$

Spannungsabfall in der Leitung: $\Delta U = 2\ \Omega \cdot 3,9\ A = 7,8\ V$

Spannung auf der Sekundärseite des 1. Tansformators:

$U_1 = 46000\ V + 7,8\ V \approx 46008\ V$

Spannung auf der Primärseite des 1. Transformators: $U_0 = \frac{1}{200} \cdot 46008\ V \approx 230\ V$

Leistung, die das Kraftwerk abgeben muss: $180\ kW + 30\ W \approx 180\ kW$

---

3. Strom in der Fernleitung: $I_L = = \frac{28500000\ W}{110000\ V} = 259\ A$

Leistung: auf der Sekundärseite des 1. Transformator: $P_1 = 0,95 \cdot P_{auf} = 28,5\ MW$

Verlustleistung in der Leitung: $\Delta P = R \cdot I_L^2 = 40\ \Omega \cdot (259\ A)^2 = 2,7\ MW$

Leistung, die beim 2. Transformator ankommt:

$P_2 = 28{,}5\ \text{MW} - 2{,}7\ \text{MW} = 25{,}8\ \text{MW}$

Leistung, die beim Verbraucher ankommt: $P_{ab} = 0{,}95 \cdot 25{,}8\ \text{MW} = 24{,}5\ \text{MW}$

---

4. Gegeben: $U_S = 9\ \text{V}$ und $P = 36\ \text{W}$

a) $I_P \cdot U_P = P \quad \Rightarrow \quad I_P = \frac{P}{U_P} \quad I_P = \frac{36\ \text{W}}{230\ \text{A}} = 0{,}16\ \text{A}$

b) $0{,}90 \cdot I_P \cdot U_P = P \quad \Rightarrow \quad I_P = \frac{P}{0{,}90 \cdot U_P} \quad I_P = \frac{36\ \text{W}}{0{,}90 \cdot 230\ \text{V}} = 0{,}17\ \text{A}$