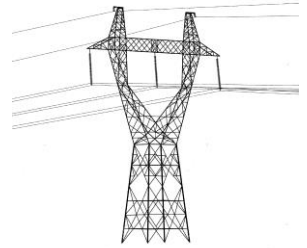


Physik * Jahrgangsstufe 9 * Aufgabe zur Energieübertragung mit Hochspannung

Der Generator eines Kraftwerks erzeugt eine Spannung von 4,0 kV bei einer Leistung von 16 MW.

Über eine Fernleitung soll dieser Generator eine Stadt versorgen.

Die Fernleitung vom Generator zur Stadt hat eine Länge von 60 Kilometer und der Widerstand der Leitung beträgt pro Kilometer 0,10 Ohm.



Zur Übertragung dieser Leistung von 16 MW wird die Spannung auf 110 kV hochtransformiert 5% der elektrischen Leistung gehen dabei in den Trafos „verloren“.

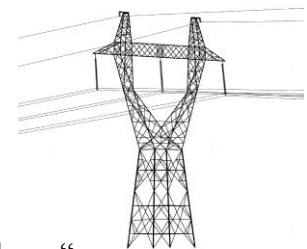
- Berechne den ohmschen Widerstand der gesamten Fernleitung (beachte Hin- und Rückleitung).
- Wie groß ist die elektrische Leistung, die in der Fernleitung übertragen wird?
Berechne die Stromstärke in der Fernleitung und den Spannungsabfall an der gesamten Fernleitung.
- Wie groß ist die elektrische Leistung, die in der Fernleitung „verloren geht“ (so genannte Verlustleistung der Fernleitung)?
- Welche elektrische Leistung kommt bei der Stadt an?
Bestimme den Wirkungsgrad der gesamten Energieübertragung vom Kraftwerk zur Stadt.
- Führe die gesamte Rechnung durch für den Fall, dass die Spannung in der Fernleitung nur auf 40 kV hochtransformiert wird.

Physik * Jahrgangsstufe 9 * Aufgabe zur Energieübertragung mit Hochspannung

Der Generator eines Kraftwerks erzeugt eine Spannung von 4,0 kV bei einer Leistung von 16 MW.

Über eine Fernleitung soll dieser Generator eine Stadt versorgen.

Die Fernleitung vom Generator zur Stadt hat eine Länge von 60 Kilometer und der Widerstand der Leitung beträgt pro Kilometer 0,10 Ohm.



Zur Übertragung dieser Leistung von 16 MW wird die Spannung auf 110 kV hochtransformiert 5% der elektrischen Leistung gehen dabei in den Trafos „verloren“.

- Berechne den ohmschen Widerstand der gesamten Fernleitung (beachte Hin- und Rückleitung).
- Wie groß ist die elektrische Leistung, die in der Fernleitung übertragen wird?
Berechne die Stromstärke in der Fernleitung und den Spannungsabfall an der gesamten Fernleitung.
- Wie groß ist die elektrische Leistung, die in der Fernleitung „verloren geht“ (so genannte Verlustleistung der Fernleitung)?
- Welche elektrische Leistung kommt bei der Stadt an?
Bestimme den Wirkungsgrad der gesamten Energieübertragung vom Kraftwerk zur Stadt.
- Führe die gesamte Rechnung durch für den Fall, dass die Spannung in der Fernleitung nur auf 40 kV hochtransformiert wird.

Physik * Jahrgangsstufe 9 * Aufgabe zur Energieübertragung mit Hochspannung * Lösung

a) $R_{\text{ges,Leitung}} = 2 \cdot 60\text{km} \cdot \frac{0,10\Omega}{\text{km}} = 12\Omega$

b) $P_{\text{übertragen}} = 95\% \text{ von } 16\text{MW} = 0,95 \cdot 16\text{MW} = 15,2\text{MW}$

$15,2\text{MW} = P_{\text{übertragen}} = U_{\text{Übertrag}} \cdot I_{\text{Leitung}} = 110\text{kV} \cdot I_{\text{Leitung}} \Rightarrow$

$I_{\text{Leitung}} = \frac{15,2\text{MW}}{110\text{kV}} = 138\text{A} \approx 0,14\text{kA}$

Spannungsabfall an der Fernleitung $\Delta U_{\text{Leitung}} = R_{\text{Leitung}} \cdot I_{\text{Leitung}} = 12\Omega \cdot 138\text{A} = 1656\text{V} \approx 1,7\text{kV}$

c) Verlustleistung in der Fernleitung:

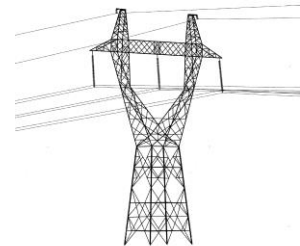
$P_{\text{Verlust,Leitung}} = \Delta U_{\text{Leitung}} \cdot I_{\text{Leitung}} = 1656\text{V} \cdot 138\text{A} = 228528\text{W} \approx 0,23\text{MW}$

d) In der Stadt kommt also die folgende elektrische Leistung an:

$P_{\text{Stadt}} = P_{\text{Generator}} - P_{\text{Verlust,Trafos}} - P_{\text{Verlust,Leitung}} = 16\text{MW} - 0,05 \cdot 16\text{MW} - 0,23\text{MW} = 14,97\text{MW} \approx 15\text{MW}$

Wirkungsgrad der gesamten Energieübertragung:

$\eta = \frac{P_{\text{genutzt}}}{P_{\text{gesamt}}} = \frac{P_{\text{Stadt}}}{P_{\text{Generator}}} = \frac{15\text{MW}}{16\text{MW}} = 0,9375 \approx 94\%$



e) Unverändert bleiben $R_{\text{ges,Leitung}} = 12\Omega$; $P_{\text{übertragen}} = 15,2\text{MW}$

aber neu: $I_{\text{Leitung}} = \frac{15,2\text{MW}}{40\text{kV}} = 380\text{A} \approx 0,38\text{kA}$ und

$\Delta U_{\text{Leitung}} = R_{\text{Leitung}} \cdot I_{\text{Leitung}} = 12\Omega \cdot 380\text{A} = 4560\text{V} \approx 4,6\text{kV}$ und

$P_{\text{Verlust,Leitung}} = \Delta U_{\text{Leitung}} \cdot I_{\text{Leitung}} = 4560\text{V} \cdot 380\text{A} \approx 1,7\text{MW}$ und

$P_{\text{Stadt}} = P_{\text{Generator}} - P_{\text{Verlust,Trafos}} - P_{\text{Verlust,Leitung}} = 16\text{MW} - 0,05 \cdot 16\text{MW} - 1,7\text{MW} = 13,5\text{MW}$ und

$\eta = \frac{P_{\text{Stadt}}}{P_{\text{Generator}}} = \frac{13,5\text{MW}}{16\text{MW}} \approx 84\%$