

1. Mathematische Grundlagen

Berechnen Sie:

a) $\sin(30^\circ)$

b) $\sin(\pi/8)$

c) $\cos(1,37)$

d) $\cos(13,5^\circ + \pi/3)$

e) $\sin\left(2\pi \frac{300\text{km}}{6000\text{km}}\right)$

f) $\arcsin\left(\frac{1000\text{MW} \cdot 40\Omega}{395\text{kV} \cdot 405\text{kV}}\right)$

2. Stern-/Dreiecksschaltungen

Berechnen Sie die Wirk- und Blindleistungsaufnahme der beiden Lasten in Abbildung 1 und 2.

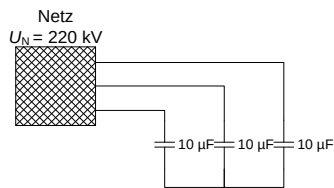


Abbildung 1 Last in Sternschaltung

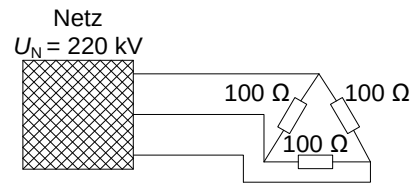


Abbildung 2 Last in Dreiecksschaltung

3. Definition von Wirk- und Blindleistung

- a) Betrachten Sie folgendes Ersatzschaltbild. Eine Last ist an das 110 kV-Netz angeschlossen. Wie groß ist die bezogene Wirk- und Blindleistung? Ist die bezogene Blindleistung kapazitiv oder induktiv?

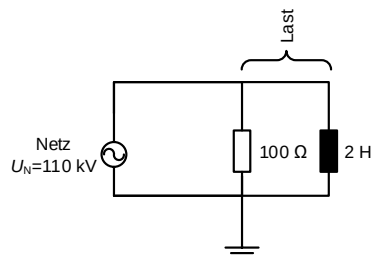


Abbildung 3 Last am 110 kV-Netz

- b) Von Netz 1 wird Leistung nach Netz 2 übertragen. Ist Netz 1 eine kapazitive oder eine induktive Quelle? Ist Netz 2 eine kapazitive oder eine induktive Last?

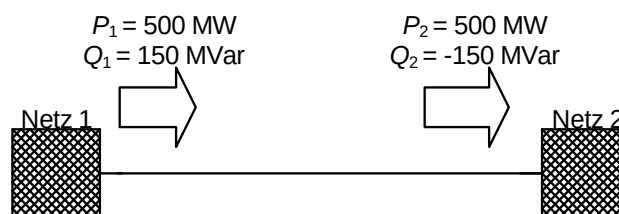


Abbildung 4 Leistungsübertragung zwischen zwei Netzen

4. Berechnung von Impedanzen und Leistungsflüssen

Ein Kraftwerk speist über seinen Maschinentransformator und ein 2km langes 110-kV-Kabel in ein Umspannwerk ein. Dieses Umspannwerk ist über eine 10km lange 400-kV-Leitung mit dem Netz verbunden, siehe Abb. 5.

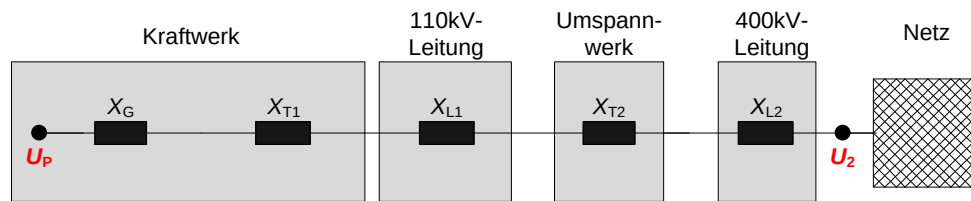


Abbildung 5. Netzeinspeisung eines Kraftwerks

Die folgenden Daten der Betriebsmittel sind bekannt:

Generator $S_{NG} = 150 \text{ MVA}$ $P_{NG} = 100 \text{ MW}$ $x_d = 1,2$ $U_{NG} = 11 \text{ kV}$	Maschinentrafo $S_{NT1} = 175 \text{ MVA}$ $u_{KT1} = 11 \%$ $\dot{U}_{T1} = 110 \text{ kV}/11 \text{ kV}$	110-kV-Kabel: $l = 2 \text{ km}$ $L' = 0,46 \text{ mH/km}$	Netzkuppeltrafo $S_{NT2} = 375 \text{ MVA}$ $u_{KT2} = 15 \%$ $\dot{U}_{T2} = 400 \text{ kV}/110 \text{ kV}$
			400-kV-Leitung $X_{L2} = 4,084 \Omega$

- Berechnen Sie die Ersatzimpedanzen für Generator, Maschinentransformator, 110-kV-Kabel und den Netzkuppeltrafo im Umspannwerk
- Berechnen Sie die Gesamtimpedanz des Übertragungssystems in Abb. 5 einmal bezogen auf 11 kV und einmal bezogen auf 400 kV.
- Berechnen Sie anschließend den Leitungswinkel ϑ des Gesamt-Übertragungssystems, wenn das Kraftwerk seine Nenn-Wirkleistung bei Nennspannung ins Netz einspeist. Verwenden Sie einmal die Bezugsspannung 11 kV und einmal 400 kV.

Hilfestellung

Schritt 1: Bezugsspannung wählen.

Alle Impedanzen und Spannungen die in die Gleichungen eingesetzt werden, müssen auf dieselbe Spannungsebene bezogen sein. Hilfreich für die Auswahl von U_B : Bereits vorgegebene Impedanzen auf einer bestimmten Spannungsebene.

Schritt 2: Ersatzimpedanzen für Bezugsspannung U_B berechnen.

- Transformatoren: $X_{T,B} = u_k \frac{(U_B)^2}{S_N}$
- Generatoren: $X_{G,B} = x_d \frac{(U_B)^2}{S_N}$
- Leitungen: $X_{L,B} = X_L \cdot \left(\frac{U_B}{U_N}\right)^2 = \omega \cdot l \cdot L' \cdot \left(\frac{U_B}{U_N}\right)^2$ mit U_N Nennspannung der Leitung

Schritt 3: Gesamtimpedanz X_B berechnen

Schritt 4: Passende Gleichung aufstellen.

Das Kriterium für die richtige Gleichung ist die Übertragungsstrecke (Kraftwerk-Netz, Netz-Netz, etc.) sowie die Verwendung von kurzen oder langen Leitungen ($l > 50 \text{ km}$).

Schritt 5: Nach gesuchter Größe umstellen und Gleichung lösen.