

Transiente Stabilität im AC-Netz

2.1. Aufstellen des Übertragungssystems

Der Generator des zu betrachtenden Kraftwerks speist über seine Maschinentransformator und eine 5 km lange 400-kV-Leitung in das 400 kV- / 50 Hz-Netz ein.

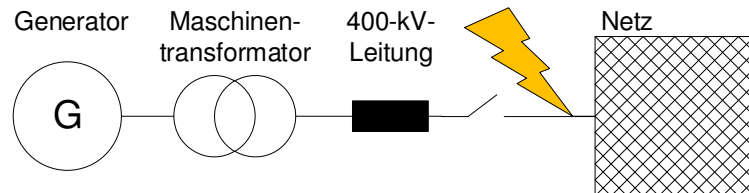


Abbildung 1. Netzeinspeisung eines Kraftwerks

Die Betriebsmittel haben folgende Daten:

Generator $S_{NG} = 400 \text{ MVA}$ $\cos(\varphi_N) = 0,9$ $x_d = 0,7$ $U_{NG} = 27 \text{ kV}$ $J = 20.000 \text{ kgm}^2$ $p = 2$	Maschinentransformator $S_{NT1} = 450 \text{ MVA}$ $u_{kT1} = 9 \%$ $\dot{U}_{T1} = 400 \text{ kV}/27 \text{ kV}$	400-kV-Leitung $l = 5 \text{ km}$ $L' = 1,5 \text{ mH/km}$
--	--	--

- Legen Sie eine Bezugsspannung fest.
- Berechnen Sie die Ersatzimpedanzen für Generator, Transformator und Leitung bezogen auf Ihre Bezugsspannung.
- Berechnen Sie die Gesamtimpedanz des Übertragungssystems bezogen auf Ihre Bezugsspannung.

2.2. Bestimmung des Ausgangszustands vor der Störung

- Welche Wirkleistung und welche Blindleistung gibt der Generator in seinem Nenn-Betriebspunkt ab?
- Wie groß ist der Polradwinkel, bei der Übertragung der Nenn-Wirkleistung, wenn Generator und Netz Nennspannung aufweisen?

2.3. Berechnung der größtmöglichen Dauer einer Kurzunterbrechung (KU)

Wegen eines Blitzeinschlags kommt es auf der 400-kV Leitung zu einem Überschlag zum Mast. Damit der entstehende Lichtbogen erlöschen kann, wird die Leitung freigeschaltet. Dadurch wird der Generator vom Netz getrennt.

- Wie groß darf der Übertragungswinkel während der KU maximal werden?
- Wie lange darf demnach die KU andauern?
- Wie könnte die mögliche Dauer der KU erhöht werden (qualitative Antwort)?

Musterlösung EÜN

Transiente Stabilität im AC-Netz

Beiblatt 2:

- 2.1 a) Die Daten der 400-kV-Leitung sind auf die 400-kV-Ebene bezogen. Um eine Umrechnung zu vermeiden empfiehlt sich $U_B=400$ kV.

- b) Ersatzimpedanzen:

$$X_d = x_d \cdot \frac{U_B^2}{S_{N,G}} = 280 \, \Omega$$

$$X_T = u_k \cdot \frac{U_B^2}{S_{N,T}} = 32 \, \Omega$$

$$X_L = \omega \cdot l \cdot L' = 2,36 \, \Omega$$

- c) Gesamtimpedanz:

$$X_{Ges} = X_d + X_T + X_L = 314,36 \, \Omega$$

- 2.2 a) Wirk- und Blindleistung aus der Nenn-Scheinleistung und dem angegebenen $\cos(\varphi)$ im Nenn-Betriebspunkt berechnen:

$$P_{N,G} = S_{N,G} \cdot \cos(\varphi_N) = 360 \, \text{MW}$$

$$Q_{N,G} = S_{N,G} \cdot \sin(\varphi_N) = S_{N,G} \cdot \sin(\arccos(\cos(\varphi_N))) = 174,36 \, \text{MVar}$$

- b) Berechnung des Übertragungswinkels im Nenn-Betriebspunkt:

$$P_1 = P_{N,G} = \frac{U_P \cdot U_{\text{Netz}}}{X_{Ges}} \cdot \sin(\vartheta)$$

$$\Rightarrow \vartheta = \arcsin\left(\frac{P_{N,G} \cdot X_{Ges}}{U_P \cdot U_{\text{Netz}}}\right) = 45,02^\circ$$

- 2.3 a) Kritischen Übertragungswinkel bestimmen:
(Alter Betriebspunkt Index 0, neuer Betriebspunkt (Störung) Index 1)

$$\vartheta_{1,\text{krit}} = \arccos[(\pi - 2\vartheta_0) \cdot \sin(\vartheta_0) - \cos(\vartheta_0)]$$

$$= \arccos[(\pi - 2 \cdot \frac{45,02^\circ}{180^\circ} \cdot \pi) \cdot \sin(45,02^\circ) - \cos(45,02^\circ)]$$

$$= 66,19^\circ$$

- b) Aus dem kritischen Übertragungswinkel kann die kritische Dauer der KU berechnet werden:
Dabei gilt:

$$\Omega_0 = \frac{\omega}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \, \text{Hz}}{2}$$

$$P_m = P_{N,G}$$

Damit:

$$t_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{2J \cdot \frac{\Omega_0}{p}}{P_m} \cdot (\vartheta_{1,\text{krit}} - \vartheta_0)}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 20.000 \, \text{kgm}^2 \cdot \frac{2\pi \cdot 50 \, \text{Hz}}{2}}{360 \, \text{MW}} \cdot \frac{(66,19^\circ - 45,02^\circ)}{180^\circ} \cdot \pi}$$

$$= 56,78 \, \text{ms}$$

- c) Um die zulässige Dauer einer möglichen KU zu verlängern müsste der Übertragungswinkel vor der Störung verringert werden. Dies geschieht am effektivsten durch den Einbau einer Kompensation (siehe Übungsaufgabe).