

1. Aufgabe: Leistungsübertragung mit Freileitungen

Betrachtet wird eine wirtschaftlich optimal ausgelegte 380 kV, 50 Hz Drehstrom-Freileitung mit den Leistungsbelägen

$$R' = 0.05 \, \Omega/\text{km}, \quad \omega C' = 4.25 \, \mu\text{S}/\text{km}, \quad \omega L' = 0.17 \, \Omega/\text{km}$$

und einer Gesamtlänge von 380 km.

- a) Welcher Leitungswinkel stellt sich bei dieser Konstellation ein, wenn die abgegebene Wirkleistung am Ende der Leitung bei $U_2 = 380 \, \text{kV}$ der natürlichen Leistung (ohne Kompensation) entsprechen soll und die ohmschen Leistungsverluste vernachlässigt werden?

Die oben beschriebene Freileitung verbindet zum Spitzenlastausgleich zwei Netze und besitzt Querglieder, die nicht vernachlässigt werden können. Darüber hinaus wird die Leitung am Verbraucherende mit einem Kondensator $C_k = 218 \, \mu\text{F}$ längs-kompensiert. Die ohmschen Leistungsverluste werden hier nicht betrachtet.

- b) Erstellen Sie ein π -Ersatzschaltbild und nutzen Sie ein Zeigerdiagramm (Maßstab: $25 \, \text{kV} = 1 \, \text{cm}$) zur Bestimmung des neuen Übertragungswinkels. Die am Leitungsende abgegebene Wirkleistung und Spannung entspricht dabei den Werten aus a)!
- c) Leiten Sie den Betrag von U_1 aus dem Zeigerdiagramm aus b) ab und
- d) bestimmen Sie die natürliche Leistung der kompensierten Freileitung!

Es wird nun am Anfang der optimal ausgelegten Freileitung eine Scheinleistung von 1200 MVA bei 400 kV ($\cos(\varphi_1) = 0.906$, induktiv) eingespeist. Die Leistungsverluste werden nun mit berücksichtigt, aber sowohl die Querglieder als auch die Kompensation werden im weiteren Verlauf der Aufgabe nicht mehr berücksichtigt..

- e) Zeichnen Sie das vereinfachte einphasige Ersatzschaltbild der Freileitung, berechnen Sie anschließend den Betrag des Strom-Vektors und erstellen Sie für die neue Situation ein Zeigerdiagramm (Maßstab: $20 \, \text{kV} = 1 \, \text{cm}$).
- f) Ermitteln Sie den gesamten Übertragungswinkel.
- g) Berechnen Sie die Werte der Spannung, der Schein-, Blind- und Wirkleistung am Ende der genannten Freileitung, die ein Verbraucher abnimmt

Im nächsten Schritt wird die Betrachtung ausgeweitet. Die Drehstrom-Freileitung verbindet nun einen Drehstrom-Synchrongenerator in einem Wasserkraftwerk ($U_n = 25 \, \text{kV}$, $S_n = 1000 \, \text{MVA}$, $x_d = 1.08$) mit einem starren Netz ($U_{\text{netz}} = 400 \, \text{kV}$, $f = 50 \, \text{Hz}$). Zwischen dem Generator und der Leitung ist ein Transformator ($25/400 \, \text{kV}$, $S_n = 1000 \, \text{MVA}$, $u_k = 10.5\%$) geschaltet.

- h) Zeichnen Sie das neue Ersatzschaltbild und ermitteln Sie die Blind- und Wirkleistung, (auf 400 kV bezogen) die der Generator erzeugen muss, damit in das starre Netz nur Wirkleistung eingespeist wird (gesamter Übertragungswinkel = 40°).

Alle Querglieder und Verluste können hier vernachlässigt werden.