

**Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus
VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik am 04.03.2015**

Hinweis: Bei den Berechnungen wurden alle Zwischenergebnisse in der technischen Notation¹ (Format ENG) dargestellt und auf drei Nachkommastellen gerundet. Für die weitere Rechnung wurde das gerundete Ergebnis verwendet.

Abhängig vom Rechenweg kann es aber dennoch zu leicht abweichenden Ergebnissen kommen!

1. 380-kV Einfachleitung

a. Wie groß ist der **Wellenwiderstand** der Leitung?

$$\underline{Z}_W = (207,333 - j \cdot 10,495) \Omega \quad (1.1)$$

b. Wie groß ist die **natürliche Leistung** der Leitung?

$$P_{nat} = 695,575 \text{ MW} \quad (1.2)$$

c. Berechnen den **Strom am Ende** der Leitung.

$$\underline{I}_{E(1)} = (1055.48 + j \cdot 53.426) \text{ A} \quad (1.3)$$

$$\underline{S}_E = (694.7 - j \cdot 35.2) \text{ MVA} \quad (1.4)$$

d. Berechnen Sie die **Spannung und Strom am Anfang** der Leitung.

Aus den Leitungsgleichungen folgt:

$$\begin{pmatrix} \underline{U}_{A(1)} \\ \underline{Z}_W \underline{I}_{A(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 209.13 + j \cdot 79.84 \\ 209.13 + j \cdot 79.84 \end{pmatrix} \text{ kV} \quad (1.5)$$

$$\underline{I}_{A(1)} = (986.65 + j \cdot 435.01) \text{ A} \quad (1.6)$$

e. Berechnen Sie die **Leistung am Anfang** der Leitung.

$$\underline{S}_A = (723.21 - j \cdot 36.5) \text{ MVA} \quad (1.7)$$

f. Berechnen Sie die **Übertragungsverluste**.

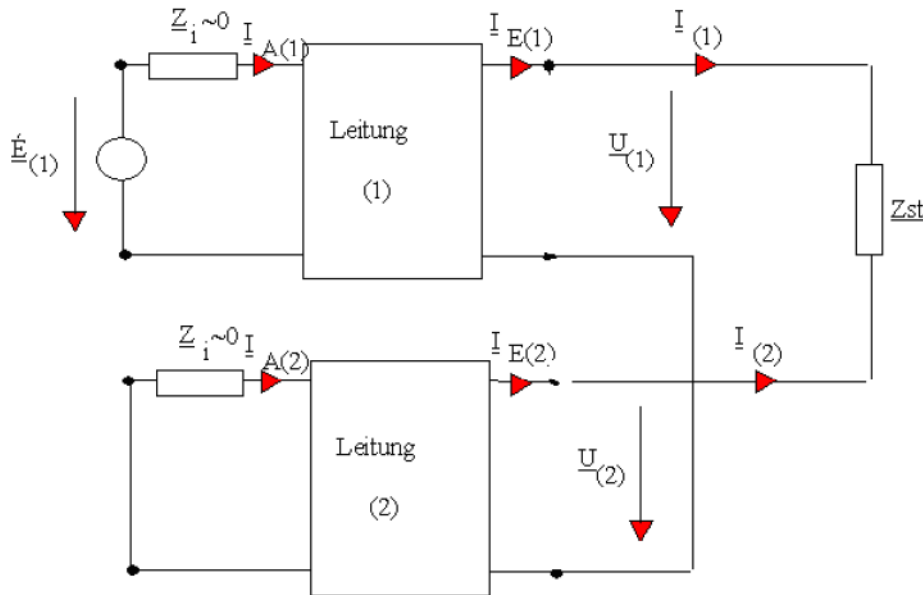
$$P_V = 28.51 \text{ MW} \quad (1.8)$$

g. Berechnen Sie den **Wirkungsgrad** der Leistungsübertragung.

$$\eta = 96.05 \% \quad (1.9)$$

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Wissenschaftliche_Notation

h. Geben Sie die Ersatzschaltung des stationären Fehlzustandes in Symmetrischen Komponenten an und beschriften Sie alle Elemente der Ersatzschaltung (Ströme, Spannungen, Impedanzen)



i. Geben Sie allgemein die Bestimmungsgleichungen und die Fehlerbedingungen für die Berechnung des stationären Zustands an.

$$\begin{pmatrix} \underline{U}_{A(1)} \\ \underline{Z}_W \underline{I}_{A(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cosh \gamma l & \sinh \gamma l \\ \sinh \gamma l & \cosh \gamma l \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{U}_{E(1)} \\ \underline{Z}_W \underline{I}_{E(1)} \end{pmatrix} \quad (1.10)$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ \underline{Z}_W \underline{I}_{A(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cosh \gamma l & \sinh \gamma l \\ \sinh \gamma l & \cosh \gamma l \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{U}_{E(2)} \\ \underline{Z}_W \underline{I}_{E(2)} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \underline{I}_{E(0)} &= 0 \\ \underline{I}_{E(1)} + \underline{I}_{E(2)} &= 0 \\ \underline{U}_{E(1)} - \underline{U}_{E(2)} &= \underline{Z}_{st} \underline{I}_{E(1)} \end{aligned} \quad (1.11)$$

2. Schutztechnik –

a. Bestimmen Sie den maximal zulässigen Betriebsstrom am Netzknoten C.

$$I_{N,T} = 433.01 \text{ A} \quad (2.1)$$

$$I_{N,L} = 220 \text{ A} \quad (2.2)$$

b. Am Ende der Leitung befindet sich ein symmetrischer dreiphasiger Verbraucher welcher bei Nennspannung eine Wirkleistung von P=32kW aufnimmt. Können die Bedingungen in a) eingehalten werden wenn Netzknoten B auf Nennspannung gehalten wird?

$$R = 5 \Omega \quad (2.3)$$

$$|I_P| = 46.187 \text{ A} \quad (2.4)$$

c. Wie hoch ist die Kurzschlussleistung im Netzknoten C?

$$S_{KC}'' = 655.3kVA \quad (2.5)$$

d. Wie hoch ist der maximale dreipolige Kurzschlussstrom im Netzknoten C?

$$I_{K3p}'' = 1040.41A \quad (2.6)$$

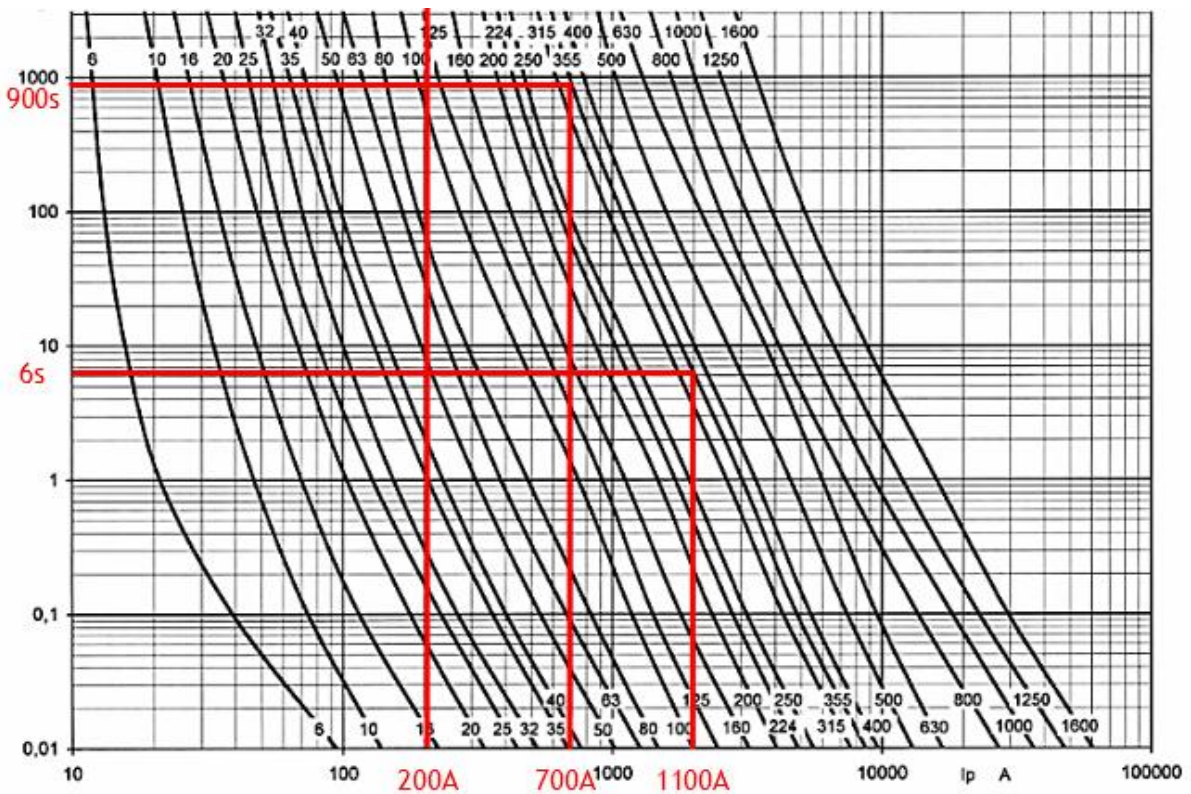
e. Wie hoch ist der minimal einpolige Kurzschlussstrom im Netzknoten C?

$$I_{K1p}'' = 706.296A \quad (2.7)$$

f. Wählen Sie eine geeignete Schmelzsicherung, die den zulässigen Betriebsstrom dauerhaft zulässt, die Kurzschlussströme aber sicher abschaltet!

$$I_{N,SI} = 352A \quad (2.8)$$

g. Zeichnen Sie den Betriebsstrom, den einpoligen und dreipoligen Fehlerstrom in das Strom-Zeit-Diagramm ein und bestimmen Sie die jeweiligen Auslösezeiten für die gewählte Sicherung.



3. Fragen Hochspannungstechnik

Siehe Skriptum