

### Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus VO Energieversorgung am 23.11.2016

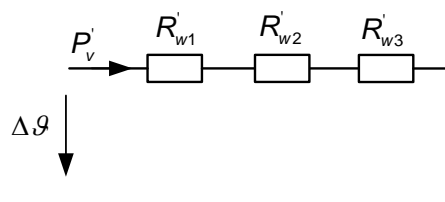
**Hinweis:** Bei den Berechnungen wurden alle Zwischenergebnisse in der technischen Notation<sup>1</sup> (Format ENG) dargestellt und auf drei Nachkommastellen gerundet. Für die weitere Rechnung wurde das gerundete Ergebnis verwendet.

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

#### 1. Thermische Auslegung eines Erdkabels

- a. Wie groß ist der **spezifische thermische Gesamtwiderstand**? Zeichnen Sie den **Ersatzschaltplan** für den Wärmestrom.

$$R'_w = 1,295 \frac{\text{K} \cdot \text{m}}{\text{W}} \quad (0.1)$$



- b. Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 75°C?

$$I_{therm} = 1530,634 \text{ A} \quad (0.2)$$

- c. Wie groß ist die bezogene **Betriebskapazität** des Kabels ( $\epsilon_r, \nu_{PE} = 2,4$ )?

$$C'_B = 0,201 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}} \quad (0.3)$$

- d. Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** dieses Dreiphasensystems.

$$S_{therm} = 571,577 \text{ MVA} \quad (0.4)$$

- e. Wie groß sind der **bezogene Ladestrom** und die **bezogene Ladeleistung** dieses Dreiphasensystems?

$$I'_C = 7,981 \frac{\text{A}}{\text{km}} \quad (0.5)$$

$$Q'_C = 3041,169 \frac{\text{kvar}}{\text{km}} \quad (0.6)$$

- f. Das Dreiphasensystem habe eine Länge von 50km. Wie groß ist die kapazitive **Blindleistung** des leerlaufenden Systems? Dieser Wert soll auf 45% reduziert werden. Wie groß ist die dafür notwendige **Induktivität**?

$$Q_C = 163,852 \text{ Mvar} \quad (0.7)$$

$$L = 2,047 \text{ H} \quad (0.8)$$

<sup>1</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Wissenschaftliche\\_Notation](http://de.wikipedia.org/wiki/Wissenschaftliche_Notation)

**2. Dreipoliger Kurzschluss (24 Punkte)**

a. Berechnen Sie die **Netzimpedanz** (Resistanz und Reaktanz) bezogen auf die Kurzschlussseite (Leitung).

$$\begin{aligned} X_Q &= 0,216 \, \Omega \\ R_Q &= 0,043 \, \Omega \end{aligned} \quad (0.9)$$

b. Berechnen Sie die **Leitungslängsimpedanz** (Resistanz und Reaktanz) und die **Transformatorimpedanz** bezogen auf die Kurzschlussseite (Leitung).

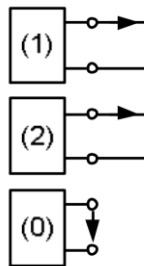
Trafo:

$$\begin{aligned} R_T &= 0,084 \, \Omega \\ X_T &= 3,599 \, \Omega \end{aligned} \quad (0.10)$$

Leitung:

$$\begin{aligned} R_L &= 8 \, \Omega \\ X_L &= 9,425 \, \Omega \end{aligned} \quad (0.11)$$

c. Zeichnen Sie die korrekte **Verschaltung** der **Komponentensysteme** am Kurzschlussort für den angegebenen Kurzschlussfall in das **untenstehende Diagramm** ein.



d. Berechnen Sie den Betrag des **Stroms** im **Mitsystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.

$$I_{(1)} = (0,654 - j \cdot 1,063) \text{ kA} = 1,248 \text{ kA} \angle -58,393^\circ \quad (0.12)$$

e. Berechnen Sie den Betrag des Stroms im **Gegensystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.

$$I_{(2)} = 0 \quad (0.13)$$

f. Berechnen Sie den Betrag des **Stroms** im **Nullsystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.

$$I_{(0)} = 0 \quad (0.14)$$

g. Berechnen Sie die Beträge der drei **Phasenströme** am **Kurzschlussort**.

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,654 + j \cdot 1,063 \\ -1,248 + j \cdot 0,035 \\ 0,594 - j \cdot 1,098 \end{pmatrix} \text{ kA} = \begin{pmatrix} 1,248 \text{ kA} \angle 58,399^\circ \\ 1,248 \text{ kA} \angle -178,399^\circ \\ 1,248 \text{ kA} \angle 61,602^\circ \end{pmatrix} \text{ kA} = \begin{pmatrix} 1,248 \text{ kA} \angle -58,399^\circ \\ 1,248 \text{ kA} \angle -178,399^\circ \\ 1,248 \text{ kA} \angle -298,399^\circ \end{pmatrix} \text{ kA} \quad (0.15)$$

**3. Barwertvergleich (24 Punkte)**

- a. Wie groß ist der **Barwert des Pumpspeicherkraftwerks** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme in Hinblick auf die Versorgungsaufgabe.

$$B_{0,\text{Pump}} = 1421 \cdot 10^6 \text{ €} \quad (0.16)$$

- b. Wie groß ist der **Barwert des Gasturbinenkraftwerks** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme in Hinblick auf die Versorgungsaufgabe?

$$B_{0,\text{Gas}} = 1229,1 \cdot 10^6 \text{ €} \quad (0.17)$$

- c. Nach 35 Jahren wird das Gasturbinenkraftwerk um 25 Mio. € generalsaniert, sodass sich die Nutzungsdauer um weitere 15 Jahre erhöht. Wie groß ist unter diesen Umständen der **Barwert des Gasturbinen-KW zum Zeitpunkt der ursprünglichen Inbetriebnahme**?

$$B_{0,\text{Gas-saniert}} = 1313 \cdot 10^6 \text{ €} \quad (0.18)$$

- d. Welches Kraftwerk ist **wirtschaftlich günstiger** bezogen auf die errechneten Barwerte für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren?

Das Gaskraftwerk ist günstiger, da der Barwert kleiner ist.

**4. Fünf Sicherheitsregeln**

Siehe Skriptum

**5. Theoriefragen**

1a, 2a, 3a, 4b, 5b, 6c, 7a, 8c, 9a, 10a, 11c, 12a, 13a, 14c, 15a, 16b, 17a, 18b, 19a, 20c, 21c, 22c, 23c, 24b