

Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus VO Energieversorgung am 21.06.2017

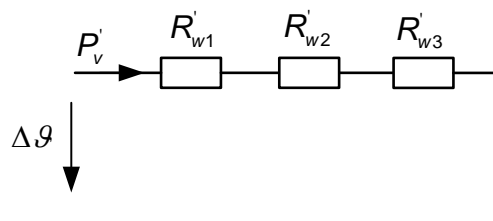
Hinweis: Bei den Berechnungen wurden alle Zwischenergebnisse in der technischen Notation¹ (Format ENG) dargestellt und auf drei Nachkommastellen gerundet. Für die weitere Rechnung wurde das gerundete Ergebnis verwendet.

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

1. Thermische Auslegung eines Erdkabels

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

$$R'_w = R'_{w1} + R'_{w2} + R'_{w3} = 1,322 \frac{\text{K} \cdot \text{m}}{\text{W}}$$



- b. Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 72°C?

$$I_{therm} = 1399 \text{ A}$$

- c. Wie groß ist die bezogene **Betriebskapazität** des Kabels ($\epsilon_r, \nu_{PE} = 2,34$)?

$$C'_B = 0,150 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}}$$

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

$$S_{therm} = 533.28 \text{ MVA}$$

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

$$I'_C = 5.995 \frac{\text{A}}{\text{km}}$$

$$Q'_C = 2284 \frac{\text{kVar}}{\text{km}}$$

- 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**?

$$Q_C = 114.216 \text{ MVar}$$

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

$$L = 2,452 \text{ H}$$

2. Leitungsunterbrechung

a. Ermitteln Sie **Null-, Mit- und Gegenimpedanzen** ($\underline{Z}_{(0)}$, $\underline{Z}_{(1)}$, $\underline{Z}_{(2)}$) von Leitung und Last.

$$\underline{Z}_{(0),\text{Leitung}} = (8 + j4) \Omega$$

$$\underline{Z}_{(1),\text{Leitung}} = (2 + j1) \Omega$$

$$\underline{Z}_{(2),\text{Leitung}} = (2 + j1) \Omega$$

$$\underline{Z}_{(0),\text{Last}} = (20 + j5) \Omega$$

$$\underline{Z}_{(1),\text{Last}} = (20 + j5) \Omega$$

$$\underline{Z}_{(2),\text{Last}} = (20 + j5) \Omega$$

b. Geben Sie allgemein die **Phasenströme** und die **Phasenspannungsdifferenzen** an der Fehlerstelle an.

$$I_a =$$

$$I_b = 0$$

$$I_c = 0$$

$$\Delta U_a = 0$$

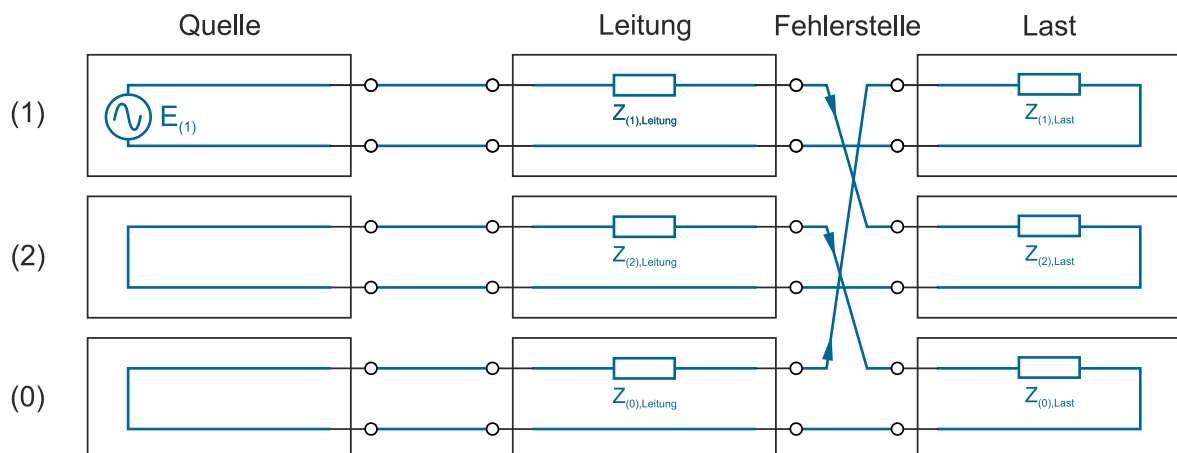
$$\Delta U_b =$$

$$\Delta U_c =$$

c. Leiten Sie die **Fehlerbedingung** für die **Komponentenströme** her.

$$I_{(0)} = I_{(1)} = I_{(2)} = \frac{1}{3} \cdot I_{af}$$

d. Vervollständigen Sie das **Schaltbild für die Komponentendarstellung**, zeichnen Sie **alle Komponenten** (Ersatzspannungsquellen und Impedanzen) ein und schreiben Sie die **Fehlerbedingung der Differenzen der Komponentenspannungen** an.



$$\Delta U_{(0)} + \Delta U_{(1)} + \Delta U_{(2)} = 0$$

e. Wie groß sind die drei **Komponentenströme** $\underline{I}_{(0)}$, $\underline{I}_{(1)}$ und $\underline{I}_{(2)}$?

Es wird mit dem Faktor $c = 1$ gerechnet.

$$\underline{I}_{(0)} = (2,956 - j0,862) \text{ A}$$

f. Wie groß sind die drei **Phasenströme** \underline{I}_a , \underline{I}_b und \underline{I}_c ? (**komplexe Darstellung**)

$$\begin{pmatrix} \underline{I}_a \\ \underline{I}_b \\ \underline{I}_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8,868 - j2,587 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ A}$$

g. Wie groß sind die die **Differenzen der Komponentenspannungen** $\Delta \underline{U}_{(0)}$, $\Delta \underline{U}_{(1)}$ und $\Delta \underline{U}_{(2)}$? (**komplexe Darstellung**)

$$\begin{pmatrix} \Delta \underline{U}_{(0)} \\ \Delta \underline{U}_{(1)} \\ \Delta \underline{U}_{(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -90,62 - j2,56 \\ 160,66 + j1,16 \\ -70,28 + j1,16 \end{pmatrix} \text{ V}$$

Da nicht mit dem exakten Wert von $I_{(0)} = I_{(1)} = I_{(2)}$ gerechnet wird ist die Summe der Spannungen nicht genau 0.

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich Vergleich GUD und LKW

a. Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **GuD-Kraftwerk**?

$$k_{\text{GuD}} = 7,81 \frac{\text{cent}}{\text{kWh}}$$

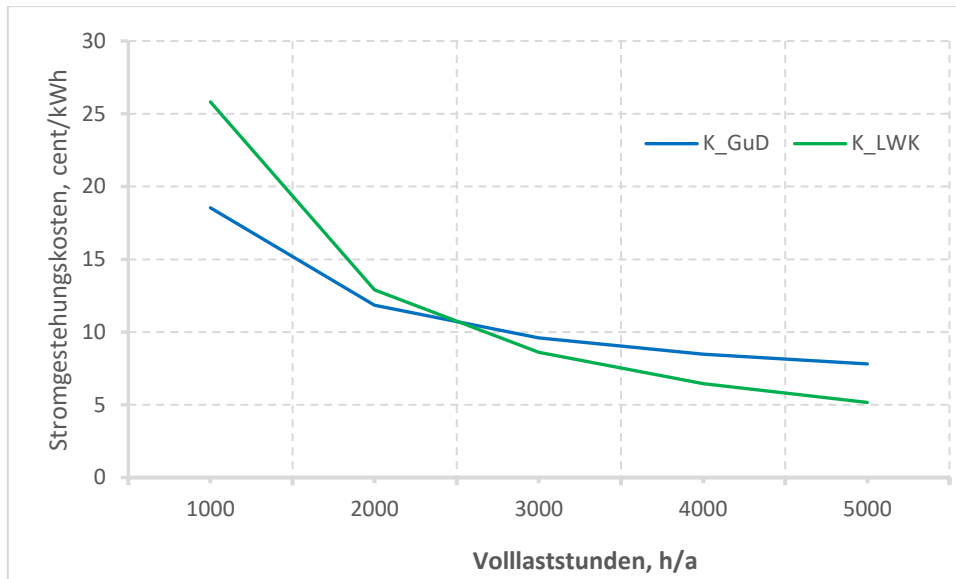
b. Wie hoch sind die Stromgestehungskosten für das Laufwasserkraftwerk?

$$k_{\text{LWK}} = 6,45 \frac{\text{cent}}{\text{kWh}}$$

c. Bedingt durch sehr kalte Winter und unerwartete Reparaturen erreicht das Laufwasserkraftwerk nicht seine Sollstundenanzahl. **Unter welche Volllaststundenzahl** darf das Laufkraftwerk **nicht sinken** um noch günstiger als das GuD-KW (dieses bleibt bei seiner Sollstundenanzahl) produzieren zu können?

$$T'_m \geq 3,203 \cdot 10^3 \text{ h}$$

d. **Zeichnen** Sie qualitativ richtig die beiden **Stromgestehungskosten in Abhängigkeit** der **Volllaststunden**. Achsenbeschriftung nicht vergessen!



- e. (3) Der Preis für Grundlast liegt derzeit bei 0,065 €/kWh. Welches der Kraftwerke wäre basierend auf diesem Preis und für die gegebene Nutzungsdauer wirtschaftlicher (kurze Begründung)?

Das Laufwasserkraftwerk, da damit ein Überschuss bei Grundlast erwirtschaftet werden kann.

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Siehe Skriptum

5. Theoriefragen

Richtige Lösungen: 1a, 2b, 3a, 4a, 5a, 6b, 7b, 8a, 9c, 10b, 11b, 12c, 13b, 14b, 15b, 16.1b, 16.2c, 16.3a, 17a, 18b, 19b, 20b, 21b, 22c.