

**Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus
VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik am 25.06.2014**

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?

$$\underline{Z}_W = (223,981 - j \cdot 12,435) \Omega \quad (1.1)$$

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

$$P_{nat} = 643,706 \text{ MW} \quad (1.2)$$

c. Berechnen den Strom am Ende der Leitung.

$$\underline{I}_{E(1)} = (911,606 - j \cdot 607,737) \text{ A} = 1095,614 \cdot e^{-j \cdot 33,69^\circ} \text{ A} \quad (1.3)$$

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

$$\begin{pmatrix} \underline{U}_{A(1)} \\ \underline{I}_{A(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (266,057 + j \cdot 83,035) \text{ kV} \\ (829,374 - j \cdot 120,449) \text{ A} \end{pmatrix} \quad (1.4)$$

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

$$\underline{S}_A = (631,977 + j \cdot 302,740) \text{ MVA} \quad (1.5)$$

f. Berechnen Sie die **Übertragungsverluste**.

$$P_{verluste} = 31,977 \text{ MW} \quad (1.6)$$

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

$$\eta = 94,94\% \quad (1.7)$$

h. Berechnen Sie den **Strom** am **Ende** der Leitung.

$$\underline{I}_{E(1)} = (976,506 + j \cdot 54,214) \text{ A} \quad (1.8)$$

i. Wie hoch sind die Übertragungsverluste, wenn der **Wirkungsgrad** der Leistungsübertragung 96% beträgt?

Im Unterpunkt b) wurde die natürliche Leistung der Leitung berechnet. In diesem Betriebsfall entspricht die Leistung am Ende der Leitung der natürlichen Leistung. Die Leistung am

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

Anfang der Leitung wird entsprechend dem Wirkungsgrad der Wirkleistungsübertragung berechnet, dementsprechend werden die Verluste wie folgt ermittelt:

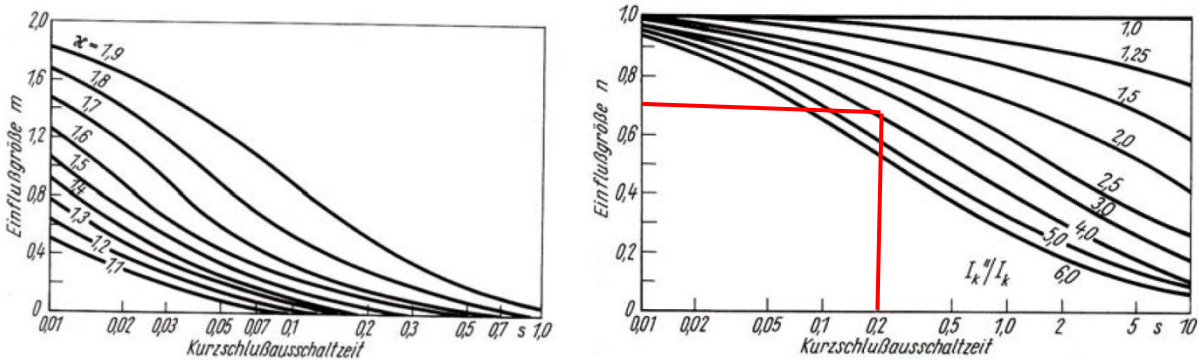
$$P_{\text{verluste}} = 26,821 \text{ MW} \quad (1.9)$$

2. Kurzschlussstrom

a. Bestimmen Sie den **Stoßfaktor κ** .

$$\kappa = 1,2 \quad (2.1)$$

b. Wie groß sind die **Faktoren m, n**?



Die Faktoren m und n ergeben sich aus den Schnittpunkten zwischen der Kurzschlusszeit und dem Stoßfaktor (m) und zwischen der Kurzschlusszeit und dem Verhältnis des Abklingens vom Wechselstromglied (n).

$$m \approx 0.7$$

$$n \approx 0.7$$

c. Wie groß ist der **thermische Kurzzeitstrom (200 ms)**?

$$I_{th} = 19,541 \text{ kA} \quad (2.2)$$

d. Welche **thermische Stromdichte (200 ms)** ergibt sich?

$$S_{th} = 558,314 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \quad (2.3)$$

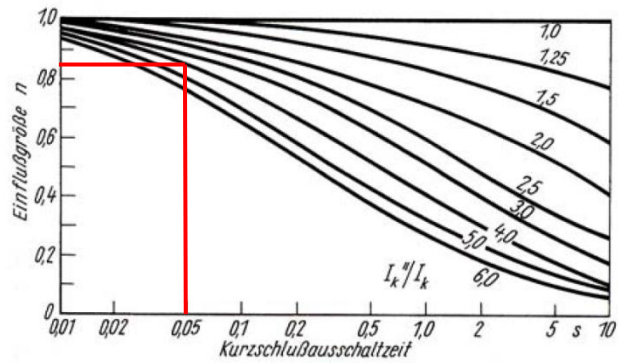
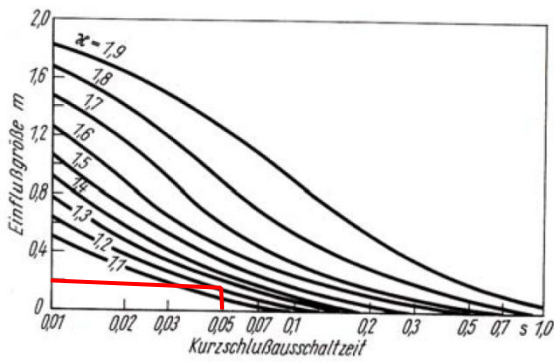
e. Würde das verwendete Kabel diesen Kurzschluss **zerstörungsfrei überstehen**?

$$S_{th,zul} = 393,548 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \quad (2.4)$$

Das Kabel würde diesen Kurzschluss nicht zerstörungsfrei überstehen, da es für die Dauer des Kurzschlusses deutlich über der zulässigen Kurzzeitstromdichte belastete wird.

f. Was wäre, wenn der Kurzschluss bereits nach **50 ms** abgeschaltet wird?
Ist in diesem Fall das Kabel **thermisch überlastet**?

Die Faktoren m und n müssen erneut bestimmt werden. Analog zum Punkt b ergeben sich bei der Kurzschlussstromdauer von 50ms folgende Faktoren:



$m \approx 0,2$
 $n \approx 0,85$

$$I_{th} = 23,933 \text{ kA} \tag{2.5}$$

$$S_{th} = 683,8 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \tag{2.6}$$

$$S_{th,zul} = 787,096 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \tag{2.7}$$

Bei einer kürzeren Kurzschlussdauer würde das Kabel den Kurzschluss zerstörungsfrei überstehen, da bei der kürzeren Kurzschlussdauer das Kabel eine höhere zulässige Kurzzeitstromdichte aufweist.

g. Wie groß muss der **Kabelquerschnitt** mindesten sein, damit das Kabel bei einer Abschaltzeit von 200 ms **nicht thermisch überlastet** wird?

$$A_{min} = 49,653 \text{ mm}^2 \tag{2.8}$$

3. Fragen Hochspannungstechnik

Siehe Skriptum