

**Lösungen zur schriftlichen Prüfung aus
VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik am 24.06.2015**

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. Asynchrongenerator als Einspeiser

a. Wie groß ist die **Kurzschlussleistung** und der **Netzwinkel** im Anschlusspunkt des Generators ($c = 1$)?

$$S_{KV} = 476.849 \text{ kVA} \quad (1.1)$$

$$\varphi_{\text{Netz}} = 62.858^\circ \quad (1.2)$$

b. Der Asynchrongenerator wird im Nennpunkt betrieben. Ergänzen Sie folgende Tabelle, auf Basis des jeweiligen Zählpfeilsystems das definitionsgemäß für die **schaltbedingte Spannungsänderung** bzw. die **stationäre Spannungsanhebung** verwendet wird:

Schaltbedingte Spannungsänderung			Stationäre Spannungsanhebung		
P (pos./neg.)	Q (pos./neg.)	φ (pos./neg.)	P (pos./neg.)	Q (pos./neg.)	φ (pos./neg.)
pos.	pos.	pos.	pos.	neg.	neg.

c. Wie hoch ist die **schaltbedingte Spannungsänderung** im Moment des Zuschaltens des Generators? Ist diese **zulässig**?

$$d = 21.5\% \quad (1.3)$$

Die schaltbedingte Spannungsänderung ist nicht zulässig (im Niederspannungsnetz sind max. 6% zulässig).

d. Wie hoch ist die **stationäre Spannungsanhebung**? Ist diese zulässig?

$$\Delta u = -0.427\% \quad (1.4)$$

Die stationäre Spannungsanhebung ist zulässig (im Niederspannungsnetz sind max. 3% zulässig).

e. Durch einen Drehstromsteller kann der Anlaufstrom des Generators beschränkt werden. Welcher **Anlaufstrom** ist **maximal einzustellen**, damit die schaltbedingte Spannungsänderung innerhalb des zulässigen Bereichs bleibt?

$$I_A = 45.303 \text{ A} \quad (1.5)$$

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

f. Alternativ könnte auch das Anschlusskabel verstärkt werden. Wie hoch müsste die **Kurzschlussleistung** im Anschlusspunkt des Motors nach der Verstärkung sein, damit die schaltbedingte Spannungsänderung innerhalb des zulässigen Bereichs bleibt (die Netzwinkel bleiben unverändert)?

$$S_{KV} = 1.709 \text{ MVA} \quad (1.6)$$

g. Welche **Parameter** ($R'_{L, \text{neu}}$ und $X'_{L, \text{neu}}$) müsste das verstärkte Kabel aufweisen, um die Kurzschlussleistung gem. Punkt e. zu erhalten (die Netzwinkel bleiben unverändert, $c = 1$)?

$$R'_{L} = 132.119 \frac{\text{m}\Omega}{\text{km}} \quad (1.7)$$

$$X'_{L} = 82.395 \frac{\text{m}\Omega}{\text{km}} \quad (1.8)$$

2. Kurzschlussstrom

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

$$\kappa = 1.7 \quad (1.9)$$

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

$$m = 0.3 \quad (1.10)$$

$$n = 0.9 \quad (1.11)$$

c. Wie groß ist der **thermische Kurzzeitstrom** (100 ms)?

$$I_{th} = 21.909 \text{ kA} \quad (1.12)$$

d. Welche **thermische Stromdichte** (100 ms) ergibt sich?

$$S_{th} = 0.626 \frac{\text{kA}}{\text{mm}^2} \quad (1.13)$$

e. Würde das verwendete Kabel diesen Kurzschluss **ohne Schaden überstehen**?

$$S_{thzul} = 0.557 \frac{\text{kA}}{\text{mm}^2} \quad (1.14)$$

Nein, das Kabel würde Schaden davontragen, da die auftretende Kurzzeitstromdichte die zulässige Kurzzeitstromdichte überschreitet.

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

$$m = 0.6 \quad (1.15)$$

$$n = 0.95 \quad (1.16)$$

$$I_{th} = 24.9 \text{ kA} \quad (1.17)$$

$$S_{th} = 0.711 \frac{\text{kA}}{\text{mm}^2} \quad (1.18)$$

$$S_{thzul} = 0.787 \frac{kA}{mm^2} \quad (1.19)$$

Nein, in diesem Fall würde das Kabel nicht thermisch überlastet werden. Die zulässige Kurzzeitstromdichte ist höher als die auftretende Kurzzeitstromdichte.

g. Wie groß muss der **Kabelquerschnitt** mindesten sein, damit das Kabel bei einer Abschaltzeit von 100 ms **nicht thermisch überlastet** wird?

$$A = 39.365 mm^2 \quad (1.20)$$

3. Fragen Hochspannungstechnik

Siehe Skriptum