

**Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik
am 23.01.2017**

Name/Vorname: _____/_____ Matr.-Nr./Knz.: _____/_____

1. Asynchrongenerator als Einspeiser (33 Punkte)

Ein Asynchrongenerator soll über ein Kabel in ein 400V-Niederspannungs-Netz mit einer Kurzschlussleistung von 1 MVA ($c = 1,1$) einspeisen, der Winkel des Netzes beträgt 87° .

Daten des Asynchrongenerators:

$$S_N = 50 \text{ kVA} \quad \frac{I_A}{I_N} = 5,5 \quad \frac{R_M}{X_M} = 0,05 \quad \cos(\varphi_E) = 0,9$$

Daten des Kabels:

$$R_L = 0,72 \frac{\Omega}{\text{km}} \quad X_L = 0,08 \frac{\Omega}{\text{km}} \quad \ell_L = 500 \text{ m}$$

- a. (7) Wie groß ist die Kurzschlussleistung und Netzwinkel im Anschlusspunkt des Motors ($c = 1$)?
- b. (6) Wie hoch ist die schaltbedingte Spannungsänderung im Moment des Zuschaltens des Generators? Ist diese zulässig?
- c. (3) Wie hoch ist die stationäre Spannungsanhebung? Ist diese zulässig?
- d. (6) Durch einen Drehstromsteller kann der Anlaufstrom des Generators beschränkt werden. Welcher Anlaufstrom ist maximal einzustellen, damit die schaltbedingte Spannungsänderung innerhalb des zulässigen Bereichs bleibt? Ist dies überhaupt möglich?
- e. (6) 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)? Ist dies überhaupt möglich?
- f. (5) Durch Kondensatoren wird die Blindleistung des Generators kompensiert. Wie groß muss der sich ergebende Leistungsfaktor $\cos(\varphi_{\text{Motor+Kondensatoren}})$ mindestens sein, damit die stationäre Spannungsanhebung im zulässigen Bereich bleibt?

2. Kurzschlussstrom (33 Punkte)

In einem 50Hz-Mittelspannungs-Netz mit Nennspannung 20 kV ist von einem maximalen dreipoliger Kurzschlusswechselstrom von $I''_{k3p} = 23,356 \text{ kA}$ (@ $c = 1,1$) auszugehen. Die Impedanz der gesamten Fehlerschleife ist hierbei $R = 0,248 \Omega$, $X = 0,484 \Omega$.

Der Kurzschluss wird innerhalb von 200 ms abgeschaltet. Der Kurzschlusswechselstrom klingt innerhalb von einer Sekunde auf 25% seines Anfangswertes ab ($I_{k3p} = 0,25 I''_{k3p}$).

Das VPE-Kabel, über das der Kurzschlussstrom fließt, hat einen Querschnitt von $A = 35 \text{ mm}^2$. Nehmen Sie für das VPE-Kabel mit Kupferleitern eine Bemessungs-Kurzzeitstromdichte von $S_{thr} (1s) = 176 \text{ A/mm}^2$ an.

- a. (3) Bestimmen Sie den **Stoßfaktor κ** .

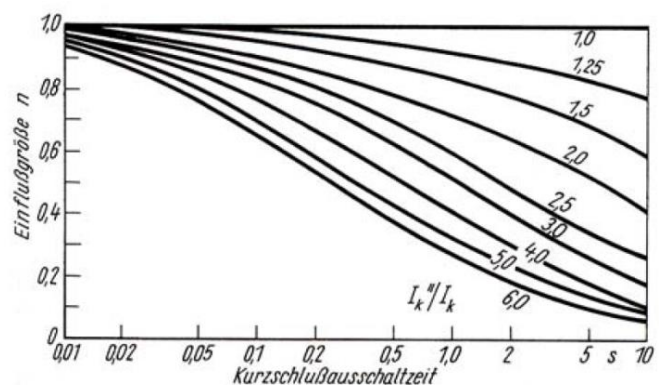
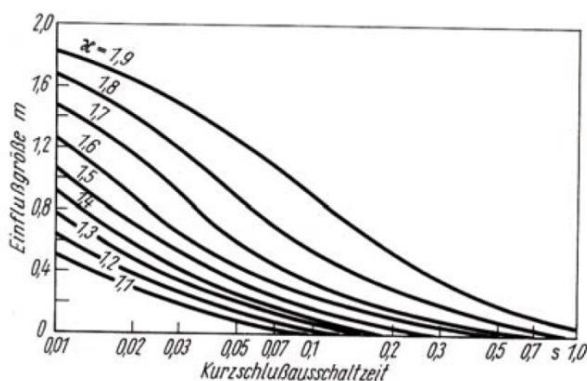
Hinweis: $\kappa = 1 + e^{-t \frac{R}{L}}$

Der Stoßfaktor beschreibt den Zusammenhang zwischen dem maximalen Stoßkurzschlussstrom und dem Anfangskurzschlusswechselstrom

- b. (3) Wie groß sind die **Faktoren m , n** ?

Entnehmen Sie die Werte den unteren Abbildungen UND zeichnen Sie in den Abbildungen ein, wo Sie die Werte abgelesen haben.

Hinweis: Der Faktor m kann auch den Wert 0 annehmen!



- c. (5) Wie groß ist der **thermische Kurzzeitstrom** (200 ms)?
- d. (5) Welche **thermische Stromdichte** (200 ms) ergibt sich?
- e. (5) Würde das verwendete Kabel diesen Kurzschluss **zerstörungsfrei überstehen**?
- f. (6) Was wäre, wenn der Kurzschluss bereits nach **50 ms** abgeschaltet wird? Ist in diesem Fall das Kabel **thermisch überlastet**?
- g. (6) Wie groß muss der **Kabelquerschnitt** mindesten sein, damit das Kabel bei einer Abschaltzeit von 200 ms **nicht thermisch überlastet** wird?

3. Fragen Hochspannungstechnik (34 Punkte)

- a. (3) Wie lauten die fünf Sicherheitsregeln der Hochspannungstechnik?
- b. (5) Eine Kugelelektrode einer Hochspannungsanlage mit einer maximalen Betriebsspannung von $U_m = 1.100$ kV soll dimensioniert werden. Wie groß ist der Radius der Kugel zu wählen, damit die Feldstärke an der Oberfläche unter 15 kV/cm bleibt? Bei welcher Feldstärke ist in Luft mit einem Durchbruch zu rechnen?
- c. (6) Erläutern Sie das Verhalten Erläutern Sie das Verhalten von Gasisolierungen bei mittleren Beanspruchungszeiten (Skizze der Stoßkennlinie) durch Schaltstoßspannung. Wie ist der Verlauf der Durchschlagsspannung über der Beanspruchungszeit bei großen Schlagweiten?
- d. (6) Wie kann der Verlustfaktor von Isolierstoffen mit der Scheringbrücke gemessen werden (Skizze der Brückenschaltung, Ableitung der Abgleichbedingungen und des $\tan\delta$)?
- e. (5) Welche genormten Prüfspannungen für Hochspannungsisolationen gibt es und wie unterscheiden sich diese?
- f. (3) Wie können innere und äußere Vorentladungen durch Teilentladungsmessung unterschieden werden? (Skizze der Messanordnung und grafische Darstellung der Impulse relativ zur angelegten Hochspannung).
- g. (6) In einer Hochspannungsdurchführung soll eine zylindrische Schichtung zur Feldsteuerung angebracht werden (Innenradius R_1 , Außenradius R_2). Es sollen Dielektrika mit variabler Dielektrizitätszahl ϵ_{ri} geschichtet werden. Wie muss die Dielektrizitätszahl in Abhängigkeit vom Radius verändert werden, damit über den Isolierbereich die Feldstärke gleichmäßiger wird