

**Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik
am 20.11.2018**

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

1. Asynchrongenerator als Einspeiser (33 Punkte)

Ein Asynchrongenerator soll über ein Kabel in ein 400V-Niederspannungs-Netz mit einer minimalen Kurzschlussleistung von 3 MVA einspeisen ($c = 1$), der Winkel des Netzes beträgt 87° . Die Daten des Asynchrongenerators bzw. des Kabels sind folgend zusammengefasst:

Nennbetrieb: $S_N = 25 \text{ kVA}$ $\cos(\varphi_N) = 0,85$ (induktiv)

Anlauf: $\frac{I_A}{I_N} = 4,5$ $\frac{R_M}{X_M} \Big|_{\text{Anlauf}} = 0,05$

$R'_L = 0,5 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $X'_L = 0,8 \frac{\Omega}{\text{km}}$ $\ell_L = 300 \text{ m}$

- a. (8) Wie groß ist die **Kurzschlussleistung** und der **Netzwinkel** im Anschlusspunkt des Generators?
- b. (2) Der Asynchrongenerator wird, nach dem Hochfahren, im Nennpunkt betrieben. Ergänzen Sie folgende Tabelle, auf Basis des jeweiligen Zählfeilsystems 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.		

Nachfolgende sollen die **näherungsweise Abschätzungen** verwendet werden:

- c. (6) Wie hoch ist die **schaltbedingte Spannungsänderung** im Moment des Zuschaltens des Generators? Ist diese **zulässig**?
- d. (3) Wie hoch ist die stationäre Spannungsanhebung? Ist diese zulässig?
- e. (4) Durch einen Drehstromsteller kann der Anlaufstrom des Generators beschränkt werden. Welcher **Anlaufstrom** ist **maximal einzustellen**, damit die schaltbedingte Spannungsänderung innerhalb des zulässigen Bereichs bleibt?
- f. (4) 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)?
- g. (6) Welche **Parameter** ($R'_{L, \text{neu}}$ und $X'_{L, \text{neu}}$) müsste das verstärkte Kabel aufweisen, um die Kurzschlussleistung gem. Punkt f. zu erhalten (die Netzwinkel bleiben unverändert, $c = 1$)?

2. Kurzschlussstrom (27 Punkte)

In einem 50Hz-Mittelspannungs-Netz mit Nennspannung 20 kV ist von einem maximalen dreipoligen 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 $S_{\text{thr}}(1s) = 176 \text{ A/mm}^2 \text{ an.}$

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

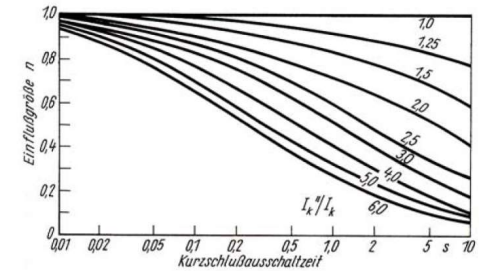
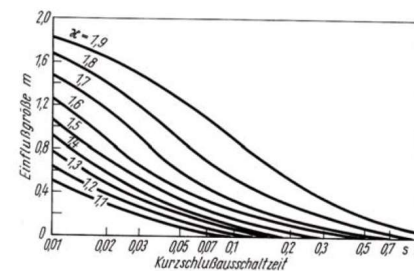
Hinweis: $\kappa = 1 + e^{-\frac{R}{L}}$

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!

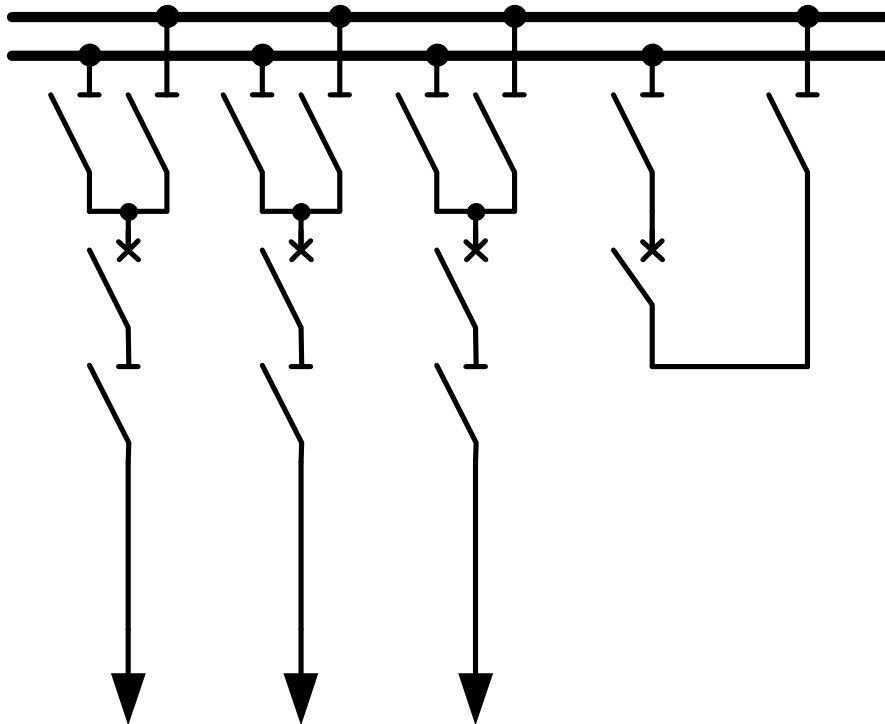


- c. (3) Wie groß ist der **thermische Kurzzeitstrom** (200 ms)?
- d. (3) Welche **thermische Stromdichte** (200 ms) ergibt sich?
- e. (3) Würde das verwendete Kabel diesen Kurzschluss **zerstörungsfrei überstehen**?
- f. (6) Was wäre, wenn der Kurzschluss bereits nach **50 ms** abgeschaltet wird? Ist 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?

Hinweis: Es wird angenommen, dass der maximale Kurzschlussstrom von der Änderung des Kabelquerschnitts unbeeinflusst bleibt.

3. Erweiterung einer Schaltanlage (6 Punkte)

Gegeben ist folgende Schaltanlage:



4. Fragen Hochspannungstechnik (34 Punkte)

- (3) Wie lauten die fünf Sicherheitsregeln der Hochspannungstechnik?
- (4) Skizzieren Sie ein Influenz-Elektrometer. Wovon hängt der messbare Strom $i(t)$ ab?
- (6) 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?
- (4) Welchen Einfluss haben Feuchte und Temperatur auf die Durchschlagfeldstärke in Transformatorölen?
- (6) Eine Wechsellspannungskaskade für 1,0 MV ist mit einer Gesamtkapazität von 400 pF belastet ($f=50$ Hz). Wie groß ist die Blindleistung, die von ihr aufgebracht werden muss?
- (6) Wie kann der Verlustfaktor von Isolierstoffen mit der Scheringbrücke gemessen werden (Skizze der Brückenschaltung, Ableitung der Abgleichbedingungen und des $\tan\delta$)?
- (5) Welche genormten Prüfspannungen werden für die Isolationskoordination verwendet, und welche davon werden bei Hochspannung und welche bei Höchstspannung bevorzugt eingesetzt und warum?

- (2) Um welche **Sammelschienenkonfiguration** handelt es sich ?
- (4) Die Schaltanlage soll um mit einer **Umgehungschiene** erweitert werden. **Zeichnen** Sie die Umgehungschiene und alle notwendigen Schalter ein.

Hinweis: Sie können direkt das obenstehende Bild erweitern.