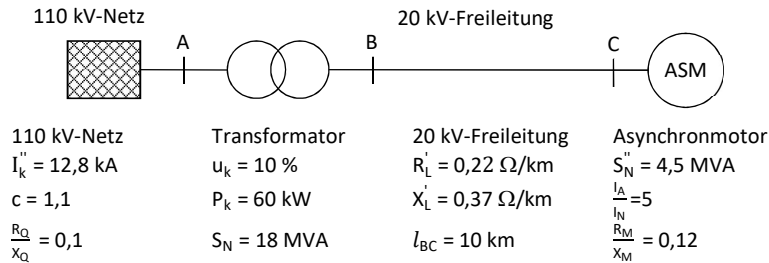


Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik
am 24.04.2018

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

1. Schutz eines Motors und einer Freileitung (33 Punkte)



Ein Distanzschutz soll wahlweise für Überstromanregung oder für Unterimpedanzanregung ausgelegt und parametrisiert werden.

- a. (2) Wie groß ist die **Kurzschlussleistung** des Ersatznetzes?
- b. (9) Wie hoch ist der **größte Anlaufstrom** des Motors ($c=1,1$)?
Hinweis: nicht den Strom aus den Motordaten verwenden!
- c. (3) Wie hoch ist der **kleinste dreipolige Kurzschlussstrom** im Netzknoten C ($c=1,0$)?
- d. (3) Wie hoch ist der **kleinste zweipolige Kurzschlussstrom ohne Erdberührung** im Netzknoten C ($c=1,0$)?
- e. (3) In welchem **Bereich** sollte sich die Einstellung einer **Überstromanregung** bewegen?
- f. (5) Wie groß ist der **Spannungseinbruch bei Motoranlauf** am Leitungsanfang bei höchster Netzspannung?
- g. (5) Wie groß ist der **Spannungseinbruch** am Leitungsanfang bei dreipoligem Kurzschluss (ohne Erdberührung) am Leitungsende?
- h. (3) In welchem Bereich darf sich die **Einstellung** der Anregungsspannung für eine **Unterimpedanzanregung** bewegen?

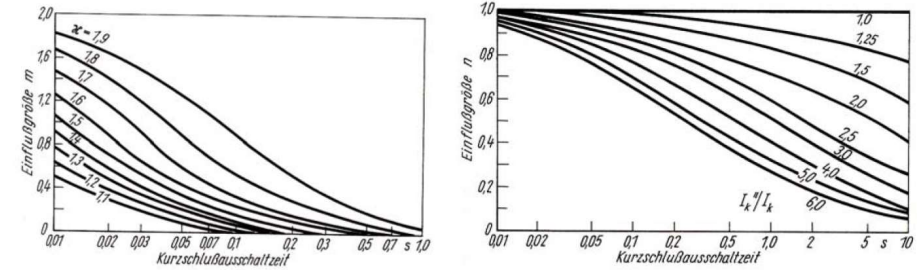
2. Kurzschlussstrom (33 Punkte)

In einem 50Hz-Mittelspannungs-Netz mit Nennspannung 20 kV ist von einem maximalen dreipoligen Kurzschlusswechselstrom von $I''_{k3p} = 28.81 \text{ kA}$ (@ $c = 1,1$) auszugehen. Die Impedanz der gesamten Fehlerschleife ist hierbei $R = 0,05 \Omega$, $X = 0,438 \Omega$.

Der Kurzschluss wird innerhalb von 50 ms abgeschaltet. Der Kurzschlusswechselstrom klingt innerhalb von einer Sekunde auf 40% seines Anfangswertes ab ($I_{k3p} = 0,4 I''_{k3p}$).

Das VPE-Kabel, über das der Kurzschlussstrom fließt, hat einen Querschnitt von $A = 50 \text{ mm}^2$. Nehmen Sie für das VPE-Kabel mit Kupferleitern eine Bemessungs-Kurzzeitstromdichte von $S_{thr}(1s) = 144 \text{ A/mm}^2 \text{ an.}$

- a. (3) Bestimmen Sie den **Stoßfaktor κ** .
Hinweis: $\kappa = 1 + e^{-\frac{R}{L}t}$ wobei $t=10 \text{ ms}$
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** (50 ms)?
- d. (5) Welche **thermische Stromdichte** (50 ms) ergibt sich?
- e. (5) Würde das verwendete Kabel diesen Kurzschluss **zerstörungsfrei überstehen**?
- f. (6) Was wäre, wenn der Kurzschluss bereits nach **30 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 50 ms **nicht thermisch überlastet** wird?

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

3. Fragen Hochspannungstechnik (34 Punkte)

- a. (3) Wie lauten die fünf Sicherheitsregeln der Hochspannungstechnik?
- b. An einem Kugelkondensator mit den folgenden Abmessungen $r_1=3$ cm, $r_2=5$ cm liegt eine Spannung von 20 kV. Er ist mit Luft isoliert.
 - i. (4) Wie groß ist die elektrische Feldstärke am Innenleiter?
 - ii. (3) Wie groß ist der Homogenitätsgrad (Ausnutzungsfaktor) nach Schwaiger?
 - iii. (3) Der Hohlraum des Kugelkondensators ist mit einem Dielektrikum gefüllt $\epsilon_r = 4$. Am Innenleiter ist ein kleiner Luftspalt. Wie groß ist die Feldstärke in diesem Spalt?
 - iv. (3) Wie groß muss das Verhältnis der Radien sein, damit in einem Kugelkondensator am Innenleiter (ohne Luftspalt) die geringste Feldstärke auftritt?
- c. (4) Erläutern Sie das Paschen-Gesetz für Luft und SF6 (Formel, grafisch und verbal).
- d. (3) Welche Durchschlagsprozesse gibt es in festen Isolierstoffen und in welchen zeitlichen Beanspruchungsbereichen entstehen diese?
- e. (5) Skizzieren Sie die Wicklungsschaltung einer dreistufigen Wechselspannungskaskade. Wie sind jeweils die Leistungen der einzelnen Erregerwicklungen und Hauptwicklungen, wenn die Anlage insgesamt 3P aufnimmt?
- f. (6) In einer Hochspannungsdurchführung soll eine zylindrische Schichtung zur Feldsteuerung angebracht werden (Innenradius R_1 , Außenradius R_2). Es soll ein Dielektrikum mit konstanter Dielektrizitätszahl ϵ_r verwendet werden. Wie muss die Schichtung ausgeführt werden, damit über den Radius die Feldstärke gleichmäßiger wird?