

Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik
am 21.01.2016

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

1. Kurzschlussstrom(33 Punkte)

In einem 50Hz-Mittelspannungs-Netz ist von einem maximalen dreipoliger Kurzschlusswechselstrom von $I''_{k3p} = 20 \text{ kA}$ auszugehen. Die Impedanz der gesamten Fehlerschleife ist hierbei $R = 0,05 \Omega$, $X = 0,44 \Omega$.

Der Kurzschluss wird innerhalb von 100 ms abgeschaltet. Der Kurzschlusswechselstrom klingt innerhalb von einer Sekunde auf 50% seines Anfangswertes ab ($I_{k3p} = 0,5 I''_{k3p}$).

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.

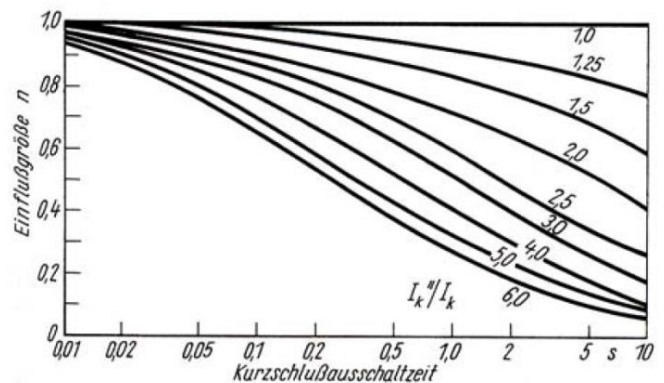
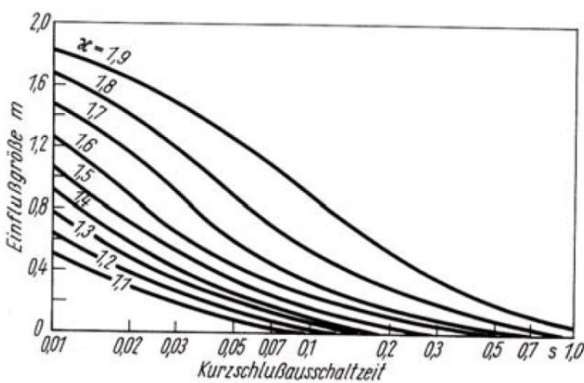
- a. (3) Bestimmen Sie den **Stoßfaktor** κ .

Hinweis: $\kappa = 1 + e^{-tR/L}$

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.



- c. (3) Wie groß ist der **thermische Kurzzeitstrom** (100 ms)?
- d. (3) Welche **thermische Stromdichte** (100 ms) ergibt sich?
- e. (3) Würde das verwendete Kabel diesen Kurzschluss **zerstörungsfrei überstehen**?
- f. (5) Was wäre, wenn der Kurzschluss bereits nach **50 ms** abgeschaltet wird? Ist in diesem Fall das Kabel **thermisch überlastet**?
- g. (5) Wie groß muss der **Kabelquerschnitt** mindestens sein, damit das Kabel bei einer Abschaltzeit von 100 ms **nicht thermisch überlastet** wird?

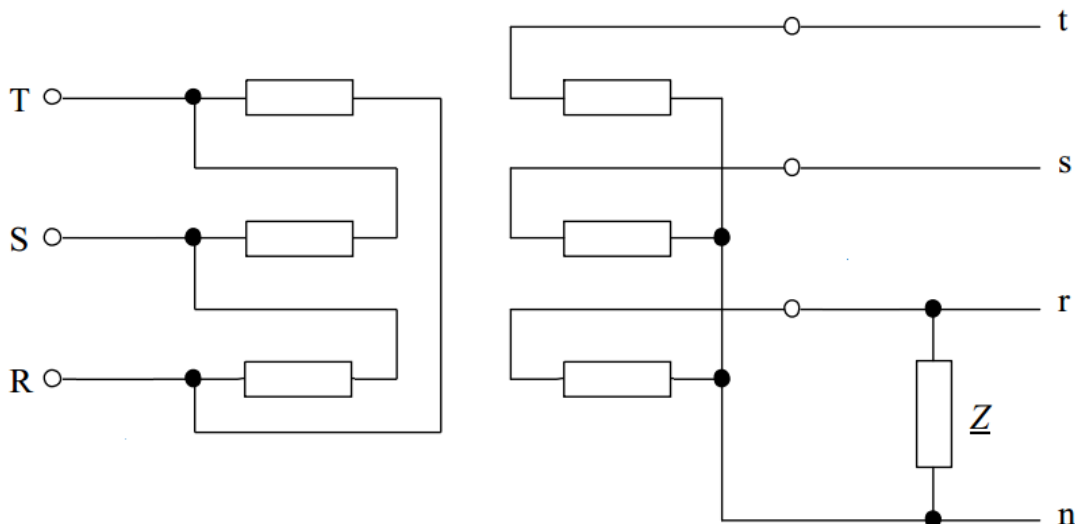
2. Symmetrischer und unsymmetrischer Anschluss von Lasten (33 Punkte)

Ein Widerstandsofen soll an ein Energieversorgungsnetz angeschlossen werden und hat folgende Daten:

Nenn-Wirkleistung $P = 150 \text{ kW}$
 Ohm'sch induktive Heizelemente mit $X = \omega L = 0,12 \cdot R$

Das speisende Energieversorgungsnetz wird als ideal und starr angenommen (d.h. Leerlaufspannungen am Anschlusspunkt bilden ein Mitsystem und der Innenwiderstand des Netzes ist unendlich klein.)

- (6) Der Ofen wird zwischen dem Leiter r und dem Neutralleiter n des Drehstromsystems angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung S_1** , den **Leistungsfaktor λ_1** und die **Blindleistung Q_1** .
- (6) Der Ofen wird als symmetrischer Drehstromabnehmer angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung S_2** , die **Blindleistung Q_2** und den **Leistungsfaktor λ_2** .
- (6) Der Ofen wird zwischen den Leitern s und t des Drehstromsystems angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung S_3** , den **Leistungsfaktor λ_3** und die **Blindleistung Q_3** .
- (3) Wählen Sie die **wirtschaftlichste Variante** aus und **begründen** Sie diese.
- (6) Welchen **Einfluss** hat ein Netztransformator Dy auf die Leistungsverhältnisse bei der Anschlussvariante **gem. unterer Abbildung**, wenn die Leistungsmessung auf der Mittelspannungsseite (Dreieck-Wicklung) durchgeführt wird?



- (6) Könnte das **Niederspannungsnetz** nach Punkt c. **kompensiert** betrieben werden? Könnte das **Mittelspannungsnetz** nach Punkt c. **kompensiert** betrieben werden? Begründen Sie dies!

3. Fragen Hochspannungstechnik (34 Punkte)

- a. (3) Wie lauten die fünf Sicherheitsregeln der Hochspannungstechnik?
- b. (4) Geben Sie den Zusammenhang der elektrischen Feldgrößen D und E an Grenzflächen an, die parallel zu den Feldlinien stehen, wenn der eine Halbraum aus Luft und der andere aus einem Dielektrikum mit $\epsilon_r = 3$ besteht.
- c. (5) Eine Kugelelektrode einer Hochspannungsanlage mit einer maximalen Betriebsspannung von $U_m = 1.100 \text{ kV}$ 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?
- d. (4) Skizzieren Sie ein Influenz-Elektrometer. Wovon hängt der messbare Strom $i(t)$ ab?
- e. Wie hängt der Verlustfaktor $\tan\delta$ vom Wassergehalt und der Feldstärke ab (Skizze)?
 - i. (4) Welchen Einfluss hat der Wassergehalt auf die Isolierfestigkeit von Transformatorölen?
 - ii. (4) Was ist bei der Inbetriebnahme von alten Transformatoren zu beachten?
- f. (5) Welche genormten Prüfspannungen für Hochspannungsisolationen gibt es und wie unterscheiden sich diese?
- g. (5) Wie kann der Verlustfaktor von Isolierstoffen mit der Scheringbrücke gemessen werden (Skizze der Brückenschaltung, Ableitung der Abgleichbedingungen und des $\tan\delta$)?