

Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik  
am 21.06.2017

Name/Vorname: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Matr.-Nr./Knz.: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

1. 380kV-Einfachleitung (33 Punkte)

Gegeben ist ein 380kV-Drehstromfreileitungssystem in einem 50Hz-Netz der Länge 450 km mit folgenden Parametern:

$$R_b' = 0,03 \frac{\Omega}{\text{km}}; L_b' = 0,8 \frac{\text{mH}}{\text{km}}; G_b' = 0,02 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}}; C_b' = 14 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

- a. (3) Wie groß ist der **Wellenwiderstand** der Leitung ?
- b. (3) Wie groß ist die **natürliche Leistung** der Leitung?

Die Leitung wird mit einer Last  $\underline{S} = (600 + j100)$  MVA unter Nennspannung belastet (d.h. die Spannung am Leitungsende entspricht der Nennspannung).

Hinweis: Verwenden Sie für die folgenden Unterpunkte:

$$\cosh(\gamma l) = (0,913 + j0,0106)$$

$$\sinh(\gamma l) = (0,024 + j0,408)$$

- c. (3) Berechnen den **Strom** am **Ende** der Leitung.
- d. (6) Berechnen Sie die **Spannung** und **Strom** am **Anfang** der Leitung.
- e. (3) Berechnen Sie die **Leistung** am **Anfang** der Leitung.
- f. (3) Berechnen Sie die **Übertragungsverluste**.
- g. (3) Berechnen Sie den **Wirkungsgrad** der Leistungsübertragung.

Die Leitung wird mit ihrer natürlichen Leistung unter Nennspannung belastet.

- h. (3) Berechnen Sie den **Strom** am **Ende** der Leitung.
- i. (6) Wie hoch sind die Übertragungsverluste, wenn der **Wirkungsgrad** der Leistungsübertragung 96,5% beträgt?

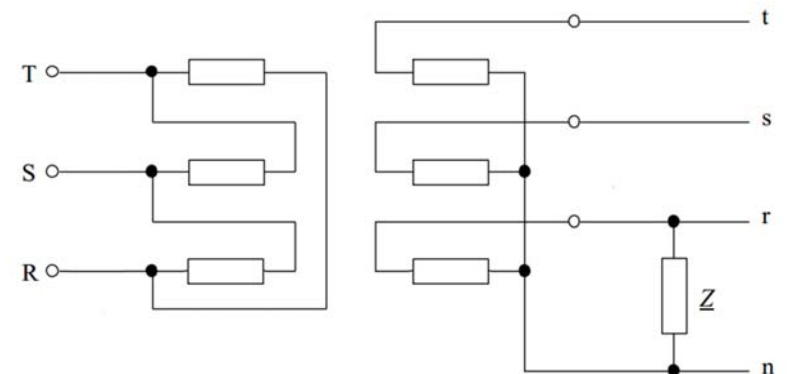
2. Symmetrischer und unsymmetrischer Anschluss von Lasten (33 Punkte)

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.)

- a. (6) Der Ofen wird zwischen dem Leiter r und dem Neutralleiter n des Drehstromsystems angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung  $S_1$** , den **Leistungsfaktor  $\lambda_1$**  und die **Blindleistung  $Q_1$** .
- b. (6) Der Ofen wird als symmetrischer Drehstromabnehmer angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung  $S_2$** , die **Blindleistung  $Q_2$**  und den **Leistungsfaktor  $\lambda_2$** .
- c. (6) Der Ofen wird zwischen den Leitern s und t des Drehstromsystems angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung  $S_3$** , den **Leistungsfaktor  $\lambda_3$**  und die **Blindleistung  $Q_3$** .
- d. (3) Wählen Sie die **wirtschaftlichste Variante** aus und **begründen** Sie diese.
- e. (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?



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

**3. Fragen Hochspannungstechnik (34 Punkte)**

- a. (3) Wie lauten die fünf Sicherheitsregeln der Hochspannungstechnik?
- b. An einem Zylinderkondensator mit den folgenden Abmessungen  $r_1=1$  cm,  $r_2=5$  cm liegt eine Spannung von 60 kV. Er ist mit Luft isoliert.
  - i. (3) Wie groß ist die elektrische Feldstärke an dem Innenleiter?
  - ii. (3) Bei welchem Verhältnis von  $r_2/r_1$  ergibt sich die höchste Durchschlagsspannung?
  - iii. (5) Der Zylinderkondensator soll als Durchführung verwendet werden. Hierzu werden vier koaxiale zylindrische Isolierkörper übereinander geschoben. Die Dielektrizitätskonstante der Isolierkörper ist verschieden. Wie sind die Dielektrizitätskonstanten der Zylinder 1, 2, 3 und 4 (von innen gezählt) zu wählen, damit die maximale Feldstärke an der Innenseite der koaxialen Zylinder jeweils gleich bleibt?
- c. (4) Wie können innere und äußere Vorentladungen durch Teilentladungsmessung unterschieden werden? (Skizze der Messanordnung und grafische Darstellung der Impulse relativ zur angelegten Hochspannung).
- d. (4) Welche Durchschlagsprozesse gibt es in festen Isolierstoffen und in welchen zeitlichen Beanspruchungsbereichen entstehen diese?
- e. (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  $\epsilon_r$  verwendet werden. Wie muss die Schichtung ausgeführt werden, damit über den Radius die Feldstärke gleichmäßiger wird?
- f. (6) In einem Prüffeld soll die 50%-Stoßdurchschlagsfestigkeit eines Isolators ermittelt werden. Wie kann dies durch Versuche mit Spannungssteigerung und Auswertung mit dem Wahrscheinlichkeitsnetz erfolgen (Skizze und Erläuterung)?