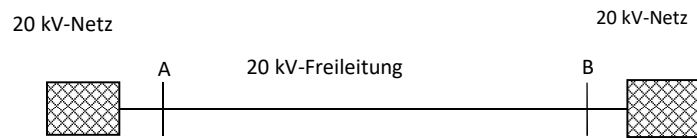


**Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik
am 10.10.2016**

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

1. Netzeinspeisung (33 Punkte)

Zwei benachbarte Netze sind über eine Freileitung miteinander verbunden. Die Spannung \underline{U}_A wird durch einen Spannungsregler konstant gehalten, alle Winkel werden auf \underline{U}_B bezogen.



$\underline{U}_A = 11,55 e^{+j35^\circ} \text{ kV}$

20 kV-Freileitung
 $R' = 0,12 \text{ } \Omega/\text{km}$
 $L' = 1,20 \text{ mH/km}$
 $G' = 40 \text{ nS/km}$
 $C' = 9,4 \text{ nF/km}$
 $l_{AB} = 35 \text{ km}$

$\underline{U}_B = 11,55 \text{ kV}$

- a. (6) Wie groß ist die **natürliche Leistung** der Leitung?

Hinweis: Für die weiteren Berechnungen werden die ohmschen Anteile, die Querkapazitäten und Querleitwerte vernachlässigt. Verwenden Sie folgende Abschätzung für die übertragbare Wirkleistung:

$$P_B = 3 \frac{U_A U_B}{X} \sin \delta$$

- b. (5) Wie groß ist die **maximal übertragbare Leistung** über die Leitung (Kippleistung)?
- c. (5) Bestimmen Sie die **übertragene Wirkleistung** für den oben dargestellten Betriebsfall.
- d. (5) Mittels eines Static VA Compensator (SVC) wird eine Serienspannung von $\underline{U}_{zu1} = 1 e^{+j0^\circ} \text{ kV}$ in Punkt B so eingespeist, dass die neue Knotenspannung $\underline{U}_{Bsvc} = \underline{U}_B + \underline{U}_{zu1}$ ist. Berechnen Sie nun die **übertragene Wirkleistung P_B** .
- e. (7) Mittels eines Static Synchronous Series Compensator (SSSC) wird eine Serienspannung mit $\underline{U}_{zu2} = 1 e^{-j20^\circ} \text{ kV}$ in Punkt B so eingespeist, dass die neue Knotenspannung $\underline{U}_{Bssc} = \underline{U}_B + \underline{U}_{zu2}$ ist. Bestimmen sie nun die **übertragene Wirkleistung P_B** .
- f. (5) Welcher Kompensationseinrichtung würden Sie den Vorzug geben (inkl. Begründung!).

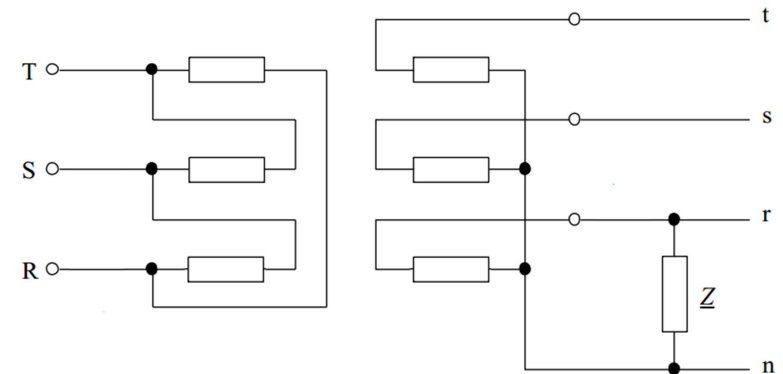
2. Symmetrischer und unsymmetrischer Anschluss von Lasten (33 Punkte)

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

Nenn-Wirkleistung $P = 170 \text{ kW}$
 Ohm'sch induktive Heizelemente mit $X = \omega L = 0,15 \cdot R$

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 als symmetrischer Drehstromabnehmer angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung S_1** , die **Blindleistung Q_1** und den **Leistungsfaktor λ_1** .
- b. (6) Der Ofen wird zwischen den Leitern s und t des Drehstromsystems angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung S_2** , den **Leistungsfaktor λ_2** und die **Blindleistung Q_2** .
- c. (6) Der Ofen wird zwischen dem Leiter r und dem Neutralleiter n des Drehstromsystems angeschlossen. Ermitteln Sie die **Scheinleistung S_3** , den **Leistungsfaktor λ_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 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. (3) Wie ist der Ausnutzungsfaktor nach Schwaiger definiert, und welche Wertebereiche hat er im stark inhomogenen Feld?
- c. An einem Kugelkondensator mit den Abmessungen $r_1=2$ cm, $r_2=6$ cm liegt eine Spannung von 30 kV. Er ist mit Luft isoliert.
 - i. (3) Wie groß ist die elektrische Feldstärke am Innenleiter?
 - ii. (2) Wie groß ist der Homogenitätsgrad (Ausnutzungsfaktor) nach Schwaiger?
 - iii. (4) Der Hohlraum des Kugelkondensators ist mit einem Dielektrikum $\epsilon_r = 3$ gefüllt. Am Innenleiter ist ein kleiner Luftspalt. Wie groß ist die Feldstärke in diesem Spalt?
 - iv. (4) Wie groß muss das Verhältnis der Radien sein, damit in einem Kugelkondensator am Innenleiter (ohne Luftspalt) die geringste Feldstärke auftritt?
- d. (4) Erläutern Sie das Paschen-Gesetz für Luft und SF6 (Formel, grafisch und verbal).
- e. (4) Erklären Sie den Polaritätseffekt bei stark inhomogenen Elektrodenanordnungen. Wann ist eine Elektrodenanordnung stark inhomogen? Bei welcher Polarität einer Spitze-Platte-Anordnung tritt ein Durchschlag bei Wechselspannungsbeanspruchung bevorzugt auf?
- f. (4) Welchen Einfluss haben Feuchte und Temperatur auf die Durchschlagfeldstärke in Transformatorölen?
- g. (3) Skizzieren und erläutern Sie die Kaskadenschaltung nach Greinacher zur Erzeugung hoher Gleichspannungen.