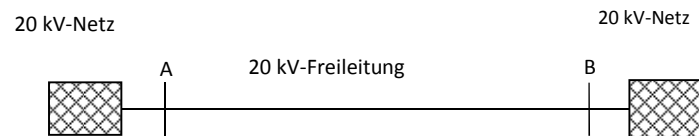


Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik  
am 02.10.2014

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.



$\underline{U}_A = 20 e^{+j35^\circ} \text{ kV}$

20 kV-Freileitung  
 $R' = 0,12 \Omega/\text{km}$   
 $L' = 1,30 \text{ mH}/\text{km}$   
 $G' = 40 \text{ nS}/\text{km}$   
 $C' = 9,4 \text{ nF}/\text{km}$   
 $l_{AB} = 35 \text{ km}$

$\underline{U}_B = 20 \text{ kV}$

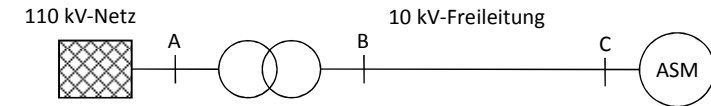
a. (6) Wie groß ist die **natürliche Leistung** der Leitung?

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  $\underline{U}_{zu1} = 1 e^{+j10^\circ} \text{ kV}$  in Punkt B eingespeist. Berechnen Sie nun die **übertragene Wirkleistung  $P_B$** .
- e. (7) Mittels eines Static Synchronous Series Compensator (SSSC) wird eine Spannung mit  $\underline{U}_{zu2} = 1 e^{-j20^\circ} \text{ kV}$  in Punkt B eingespeist. Bestimmen sie nun die **übertragene Wirkleistung  $P_B$** .
- f. (5) **Welcher Kompensationseinrichtung** würden Sie den **Vorzug geben** (inkl. Begründung!).

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



110 kV-Netz	Transformator	10 kV-Freileitung	Asynchronmotor
$S_N = 2500 \text{ MVA}$	$u_k = 12 \%$	$R_L = 0,23 \Omega/\text{km}$	$S_M = 5 \text{ MVA}$
$c = 1,1$	$P_k = 70 \text{ kW}$	$X_L = 0,35 \Omega/\text{km}$	$\frac{I_A}{I_N} = 5$
$\frac{R_Q}{X_Q} = 0,1$	$S_N = 20 \text{ MVA}$	$l_{BC} = 12 \text{ km}$	$\frac{R_M}{X_M} = 0,1$

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

- a. (8) Wie hoch ist der **größte Anlaufstrom** des Motors?  
Hinweis: nicht den Strom aus den Motordaten verwenden!
- b. (5) Wie hoch ist der **kleinste dreipolige Kurzschlussstrom** im Netzknoten C ( $c = 1,0$ )?
- c. (4) In welchem **Bereich** sollte sich die Einstellung einer **Überstromanregung** bewegen?
- d. (7) Wie groß ist der **kleinste Spannungseinbruch** am Leitungsanfang bei Kurzschluss am Leitungsende (Sicherheitsfaktor  $c = 1,0$ )?
- e. (5) Wie groß ist der **Spannungseinbruch bei Motoranlauf** am Leitungsanfang bei höchster Netzspannung (Sicherheitsfaktor  $c = 1,1$ )?
- f. (4) In welchem Bereich darf sich die **Einstellung** der Anregungsspannung für eine **Unterimpedanzanregung** bewegen?

### 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  $SF_6$  (Formel, grafisch und kurze textliche Erläuterung).
- e. (3) Beschreiben Sie Gleitentladungen an Isolieroberflächen. Bei welchen Isolieranordnungen sind diese besonders stark?
- f. (3) Wie können innere und äußere Vorentladungen durch Teilentladungsmessung unterschieden werden? (Skizze der Messanordnung und grafische Darstellung der Impulse relativ zur angelegten Hochspannung).
- g. (5) In einem Prüffeld soll die 50%-Stoßdurchschlagsfestigkeit eines Isolators ermittelt werden. Wie kann dies durch Versuche mit Spannungssteigerung und Auswertung mit der up-down-Methode erfolgen (Skizze, Formeln und Erläuterung)?