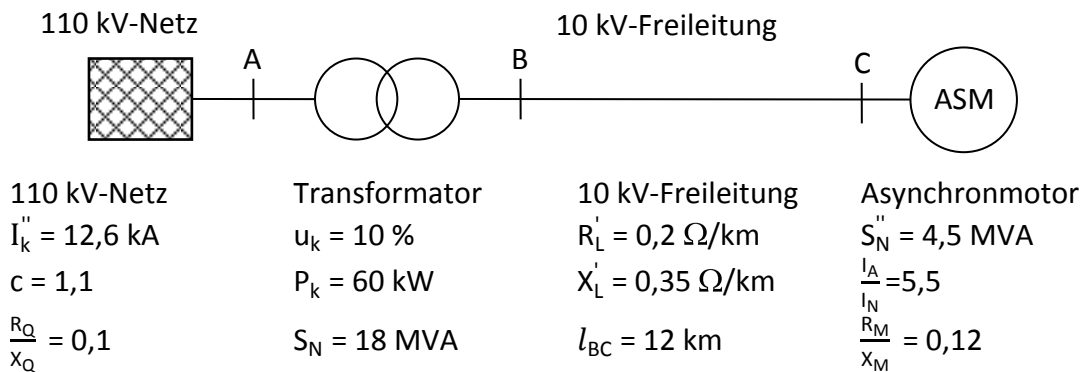


Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik  
am 22.06.2016

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

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

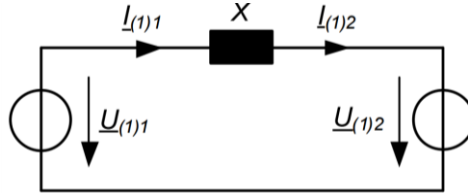


Ein Distanzschutz soll wahlweise für Überstromanregung oder für Unterimpedanzanregung ausgelegt und parametrisiert werden.

- a. (2) Wie groß ist die **Kurzschlussleistung** des Ersatznetzes?
- b. (6) Wie hoch ist der **größte Anlaufstrom** des Motors bei einer Spannung an Sammelschiene C von 105%  $U_N$ ?  
*Hinweis:* nicht den Strom aus den Motordaten verwenden!
- c. (5) Wie hoch ist der **kleinste dreipolige Kurzschlussstrom** im Netzknoten C ( $c = 1,0$ )?
- d. (4) In welchem **Bereich** sollte sich die Einstellung einer **Überstromanregung** bewegen?
- e. (7) Wie groß ist der **größte Spannungseinbruch** am Leitungsanfang bei Kurzschluss am Leitungsende?
- f. (5) Wie groß ist der **Spannungseinbruch bei Motoranlauf** am Leitungsanfang bei höchster Netzspannung?
- g. (4) In welchem Bereich darf sich die Einstellung der Anregungsspannung für eine **Unterimpedanzanregung** bewegen?

**2. Beispiel 2: Übertragbare Leistung (33Punkte)**

Betrachtet wird ein stark vereinfachtes, symmetrisches Energieversorgungssystem, in dem zwei Netze über eine Leitung miteinander verbunden sind. Die Spannung  $\underline{U}_{(1)1}$  sei als konstant anzunehmen (Spannungsregler):



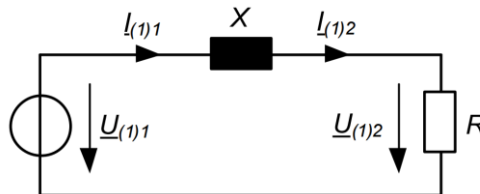
Die Winkel werden auf die Seite 2 bezogen, d.h.  $\underline{U}_{(1)2} = U_2$  und  $\underline{U}_{(1)1} = U_1 \cdot e^{j\delta}$ .

- a. (7) Ermitteln Sie einen Ausdruck für die **Scheinleistung**  $\underline{S}_2$  auf Seite 2 des Systems als Funktion von  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $X$  und  $\delta$  her.

Hinweise:  $\underline{S} = 3 \cdot \underline{U} \cdot \underline{I}^*$   $\left(\frac{1}{j}\right)^* = \left(-\frac{1}{j}\right) = \left(j^2 \cdot \frac{1}{j}\right) = j$   
 $e^{j\delta} = \cos(\delta) + j \cdot \sin(\delta)$

- b. (6) Ermitteln Sie die **Wirk- und Blindleistung** ( $P_2$  und  $Q_2$ ) auf Seite 2 des Systems.  
 c. (3) **Wann** wird die Wirkleistung aus Punkt b. maximal?

Auf Seite 2 wird nun keine Netzeinspeisung sondern ein ohmscher Verbraucher modelliert:



- d. (7) Stellen Sie die Maschengleichung ( $\sum U = 0$ ) auf und ermitteln Sie daraus mit Hilfe eines Koeffizientenvergleichs von Real- und Imaginärteil einen Ausdruck für  $U_2$  als Funktion von  $U_1$  und  $\delta$ .

Hinweis:  $e^{j\delta} = \cos(\delta) + j \cdot \sin(\delta)$

- e. (7) Leiten Sie einen Ausdruck für die **Wirkleistung**  $P_2$  auf Seite 2 als Funktion von  $U_1$ ,  $X$  und  $\delta$  her.

Hinweise:  $P_2 = 3 \frac{U_1 U_2}{X} \sin(\delta)$   $\sin(2\delta) = 2 \cdot \sin(\delta) \cdot \cos(\delta)$

- f. (3) Wann wird die Wirkleistung aus Punkt e. maximal?

## 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 senkrecht zu den Feldlinien stehen, wenn der eine Halbraum aus Luft und der andere aus einem Dielektrikum mit  $\epsilon_r = 6$  besteht.
- c. In einer Hochspannungshalle soll eine Wechselspannungsanlage für eine maximale Betriebsspannung von  $U_m = 800$  kV aufgestellt werden.
  - i. (4) Wie groß ist der Radius der Kugel der Hochspannungselektrode mindestens zu wählen?
  - ii. (4) Wie groß ist der Abstand zur Wand mindestens zu wählen?
- d. (3) Geben Sie den Zusammenhang zwischen kinetischer Energie, Temperatur und Geschwindigkeit von Teilchen in einem idealen Gas an.
- e. (6) Erklären Sie den Ionisationskoeffizienten  $\alpha$  und den Anlagerungskoeffizienten  $\eta$ . Wie ist der **effektive Ionisationskoeffizient** definiert und wie hängt er von der Feldstärke ab? Wie verhalten sich Luft und  $SF_6$  im Vergleich?
- f. (4) Skizzieren Sie die Wicklungsschaltung einer dreistufigen Wechselspannungskaskade. Wie sind jeweils die Leistungen der einzelnen Erregerwicklungen und Hauptwicklungen, wenn die Anlage insgesamt 3-P aufnimmt?
- g. (6) In einer Hochspannungsdurchführung soll eine zylindrische Schichtung zur Feldsteuerung angebracht werden (Innenradius  $R_1$ , Außenradius  $R_2$ ). Es sollen Dielektrika mit variabler Dielektrizitätszahl  $\epsilon_{ri}$  geschichtet werden. Wie muss die Dielektrizitätszahl in Abhängigkeit vom Radius verändert werden, damit über den Isolierbereich die Feldstärke gleichmäßiger wird?