

Schriftliche Prüfung aus VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik
am 14.03.2018

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:

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

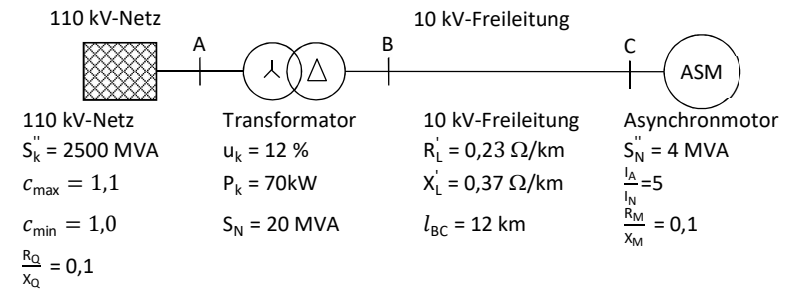
$$\sinh(\gamma l) = (0,024 + j0,408)$$

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



Ein Distanzschutz soll für das oben dargestellte Netz für eine Überstromanregung und Unterimpedanzanregung ausgelegt und parametrisiert werden.

- a. (8) Wie hoch ist der größte **Anlaufstrom** des Motors bei einer Spannung am Anschlusspunkt des Motors von 110% der Nennspannung?

Für die folgenden Punkte seien für die wirksamen Impedanzen der Betriebsmittel folgende Werte anzunehmen:

$$\underline{Z}_Q'' = (4,38 + j43,78)\text{m}\Omega, \quad \underline{Z}_T = (17,5 + j599,75)\text{m}\Omega, \quad \underline{Z}_L = (2,76 + j4,44)\Omega, \quad \underline{Z}_M'' = (0,49 + j4,42)\Omega$$

- b. Zeichnen Sie jeweils das zugehörige **Schaltbild in Komponentendarstellung** für die Fehlerfälle:
 - i. (2) **Dreipoliger** Kurzschluss im Netzknoten C.
 - ii. (2) **Zweipoliger** Kurzschluss ohne Erdberührung im Netzknoten C.
- c. (3) Wie hoch ist der **kleinste zweipolige Kurzschlussstrom ohne Erdberührung im Netzknoten C** ($c=1,0$)?
- d. (3) Ist die **Überstromanregung** anwendbar? Wenn ja: In welchem **Bereich** sollte sich die Einstellung einer **Überstromanregung** bewegen?
- e. (3) Wie hoch ist der auf die Nennspannung bezogene **Spannungseinbruch** am Leitungsanfang **bei Motoranlauf**?
- f. (2) Wie hoch ist der auf die Nennspannung bezogene **kleinste Spannungseinbruch** am Leitungsanfang **bei dreipoligem Kurzschluss** am Leitungsende?
- g. (6) Wie hoch ist der **kleinste Spannungseinbruch** in der Fehlerschleife zwischen den betroffenen Phasen am Leitungsanfang **bei zweipoligem Kurzschluss (ohne Erdberührung)** am Leitungsende ($c=1,0$)?
- h. (4) Beurteilen Sie anhand der Ergebnisse aus e., f. und g. ob grundsätzlich eine Unterimpedanzanregung eingesetzt werden kann (Begründung)?

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 $\epsilon_r = 4$ besteht.
- c. (5) Eine Kugelelektrode einer Hochspannungsanlage mit einer maximalen Betriebsspannung von $U_m = 1.200 \text{ kV}$ soll dimensioniert werden. Wie groß ist der Radius der Kugel zu wählen, damit die Feldstärke an der Oberfläche unter 13 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 $\tan\delta$)?