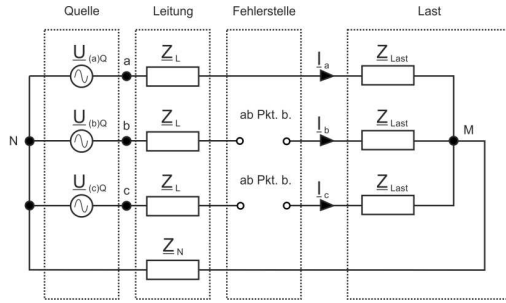


Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 24.06.2015

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

1. Zweiphasige Leitungsunterbrechung (24 Punkte)



Gegeben ist folgendes Drehstromsystem:

Spannungsquelle (sym.):

$$\underline{U}_N = 400 \text{ V}$$

Leitung:

$$\underline{Z}_L = 1 \Omega$$

$$\underline{Z}_N = 1 \Omega$$

Last:

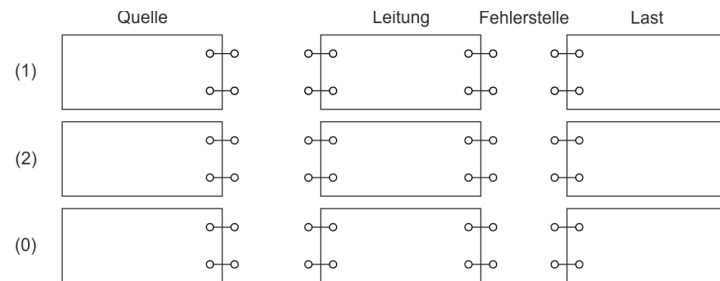
$$\underline{Z}_{\text{Last}} = 21 \Omega$$

- a. (3) Ermitteln Sie für die einzelnen Elemente (Leitungen, Last) die **Null-, Mit- und Gegenimpedanzen** ( $\underline{Z}_{(0)}$ ,  $\underline{Z}_{(1)}$ ,  $\underline{Z}_{(2)}$ ).

Durch einen Fehler tritt eine Phasenunterbrechung zwischen Leiter und Last in Phase b und Phase c auf.

- b. (5) Leiten Sie die **Fehlerbedingung** für die **Komponentenströme** her. Abbildung nicht maßstäblich!

- c. (5) Vervollständigen Sie das **Schaltbild für die Komponentendarstellung**, zeichnen Sie **alle Komponenten** ein und schreiben Sie die **Fehlerbedingung der Differenzen der Komponentenspannungen** an.



- d. (3) Wie groß sind die drei **Komponentenströme**  $\underline{I}_{(0)}$ ,  $\underline{I}_{(1)}$  und  $\underline{I}_{(2)}$ ?

Verwenden Sie für die folgenden Punkte die Komponentenströme  $\underline{I}_{(0)} = \underline{I}_{(1)} = \underline{I}_{(2)} = 3,34 \text{ A}$

- e. (5) Berechnen Sie die **Komponentenspannungen am fehlerseitigen Leitungsende**  $\underline{U}_{\text{FSLtg}(0)}$ ,  $\underline{U}_{\text{FSLtg}(1)}$  und  $\underline{U}_{\text{FSLtg}(2)}$  und transformieren Sie diese in das **Phasensystem**.

- f. (3) Wie groß sind die Differenzspannungen der einzelnen Phasen an der Fehlerstelle? (**Komplexe Darstellung und Betrag**) wenn die Spannungen an den Lasten:  $\underline{U}_{\text{aLast}} = 210,86 \text{ V}$  und  $\underline{U}_{\text{bLast}} = \underline{U}_{\text{cLast}} = 0 \text{ V}$ .

*Hinweis: diese können nun direkt im Phasensystem berechnet werden!*

2. Betriebsparameter einer 380kV-Leitung (24 Punkte)

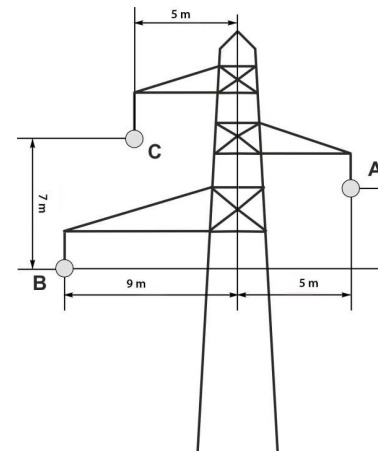


Abbildung nicht maßstäblich!

Für eine 380 kV-Leitung in einem 50 Hz Netz mit **3er-Bündeln** und einem Mastbild wie in der Abbildung sollen verschiedene Betriebsparameter ermittelt werden. Es wird angenommen, dass die Leitung über ihre Länge **verdrillt** und damit **symmetriert** wird.

- Querschnitt Einzelleiter: 320 mm<sup>2</sup>
- Leiterabstand a im Bündel: 40 cm
- Anzahl Leiter im Bündel: 3
- Länge der Leitung: 220 km
- Gleichstromwiderstand (Einzelleiter): 0,18 Ω/km
- Stromverdrängungsfaktor bei 50 Hz:  $k_{sr} = 1,2$

- a. (6) Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebsinduktivität** der Leitung?
- b. (3) Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebskapazität** der Leitung?
- c. (3) Wie groß ist die **komplexe Ausbreitungskonstante**  $\underline{\gamma}$  unter der zusätzlichen Annahme, dass  $G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$ ? Verwenden Sie die Näherung für die Dämpfungs- und Phasenkonstante ( $R' \ll \omega L'$ ,  $G' \ll \omega C'$ ):

$$\alpha \approx \frac{R'}{2} \sqrt{\frac{C'}{L'}} + \frac{G'}{2} \sqrt{\frac{L'}{C'}} \quad \beta = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda} \approx \omega \sqrt{L'C'}$$

- d. (3) Leiten Sie für die leerlaufende und verlustlose Leitung ( $R' = 0 \frac{\Omega}{\text{km}}$ ,  $G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$ ) **allgemein** die Scheinleistung am Leitungsanfang als Funktion  $\underline{S}_1 = f(\underline{U}_1, \underline{Z}_w, \text{Länge})$  her.
- e. (3) Skizzieren Sie qualitativ das **Zeigerdiagramm** der leerlaufenden Leitung im Verbraucherzählpeilsystem (Strom & Spannung am Anfang der Leitung) und begründen Sie Ihre Darstellung.
- f. (3) Wie groß ist die **thermische Dauerstrombelastbarkeit eines Einzelleiters**  $I_{\text{th}}$ , wenn angenommen wird, dass die natürliche Leistung der verlustlosen Leitung der thermisch übertragbaren Scheinleistung entspricht?
- g. (3) Wie groß sind der induktive und der kapazitive Anteil der **Blindleistung** der Leitung wenn die verlustlose Leitung mit  $I_{\text{th}}$  aus Punkt f. belastet wird?

**3. Wirtschaftlichkeitsrechnung (24 Punkte)**

Für eine Photovoltaikanlage soll von einer jährlichen Volllaststundenzahl von  $T_m = 950 \text{ h/a}$  ausgegangen werden. Die jährlichen leistungsabhängigen **Betriebskosten** werden mit **1%** der spezifischen Investitionskosten angesetzt.

Für Kleinanlagen liegt laut des Förderprogrammes in **Deutschland** der Vergütungssatz bei **12,5 ct/kWh** (Stand 2015). Diese Förderung wird über **20 Jahre** ausbezahlt.

- a. (6) Berechnen Sie die **maximalen Investitionskosten pro kW**, sodass die Anlage über den Förderzeitraum eine Rendite von 7% erzielt.

In **Österreich** werden Photovoltaikanlagen mit **11,5 ct/kWh** über einen Zeitraum von **13 Jahren** gefördert und für die Errichtung der Anlage ein Investitionszuschuss in Höhe von **200 €/kW** gewährt.

- b. (6) Berechnen Sie die **maximalen Investitionskosten pro kW** in Österreich, sodass die Anlage über den Förderzeitraum eine Rendite von 7% erzielt.
- c. (3) In welchem Land, Deutschland oder Österreich, ist die Fördersituation besser?(mit Begründung)

An guten Standorten wird **Windkraft** in den **ersten fünf Jahren** mit **9,2 ct/kWh** gefördert. Ab dem sechsten bis in das 20. Jahr wird die Grundvergütung von **5,02 ct/kWh** bezahlt. Die Investitionskosten betragen **800 €/kW**. Die Betriebskosten der Windkraftanlagen sollen hier nicht berücksichtigt werden.

- d. (9) Wie hoch muss die **Volllaststundenzahl** einer Windkraftanlage sein, damit die Windkraftanlage ebenfalls die gleiche Rendite von 7% wie eine Photovoltaikanlage erzielt.

**4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)**

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

- Erden und kurzschließen
- Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)
- Spannungsfreiheit allpolig feststellen
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

## Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 24.06.2015

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

## 5. Theoriefragen (24 Punkte)

Richtige Antwort bitte deutlich markieren.Hinweis: Es ist jeweils eine Antwort richtig!

---

1. Wie bezeichnet man die sicher nachgewiesenen und mit bekannter Technologie wirtschaftlich gewinnbaren Vorkommen fossiler Energieträger in der Erdkruste?

- Reserven  
 Ressourcen  
 statische Reichweite

---

2. Wie setzt sich die Erzeugung elektrischer Energie in Österreich etwa zusammen?

- 60% Wasserkraft, 10% andere Erneuerbare, 30% fossil-thermische Kraftwerke  
 60% Wasserkraft, 30% andere Erneuerbare, 10% fossil-thermische Kraftwerke  
 60% fossil-thermische Kraftwerke, 30% Wasserkraft, 10% andere Erneuerbare

---

3. Welchen Effektivwert haben die Leiter-Leiter-Spannungen in einem symmetrischen 110kV-Netz?

- Etwa  $110\text{kV} \cdot \sqrt{2}$   
 Etwa 110kV  
 Etwa  $110\text{kV}/\sqrt{3}$   
 Etwa  $110\text{kV}/\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}$

---

4. Mit welcher Frequenz pulsiert die Augenblicksleistung in einem symmetrischen 50Hz-Drehstromsystem?

- Mit 60Hz  
 Mit 120Hz  
 Gar nicht

---

5. Die Generatoren eines Kraftwerkes, das an ein 50Hz-Netz angeschlossen ist, haben eine synchrone Drehzahl von 1500 Umdrehungen/min. Welche Polpaarzahl haben die Generatoren?

- 2  
 3  
 30

---

6. Wie verhält sich eine Freileitung, die oberhalb der natürlichen Leistung betrieben wird, gegenüber dem Energiesystem?

- Eher wie eine Induktivität  
 Eher wie eine Kapazität  
 Eher wie ein Widerstand

---

7. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

- Sie erhöhen die natürliche Leistung  
 Sie reduzieren die natürliche Leistung  
 Sie reduzieren die thermische Grenzleistung

---

8. Wie verhält sich ein übererregter Synchrongenerator bezüglich seiner Blindleistung?

- Wie eine Kapazität  
 Wie eine Induktivität  
 Wie ein Widerstand

---

9. Bei welcher Art der Sternpunktbehandlung treten üblicherweise die größten Erdschlussströme auf?

- Bei isoliertem Sternpunkt  
 Bei kompensiertem Sternpunkt  
 Bei geerdetem Sternpunkt

---

10. Eine Wasserkraftanlage hat eine elektrische Leistung von 200kW, bei der sie Wasser über eine Höhendifferenz von 10m abarbeitet. Welche Wassermenge fließt durch die Wasserkraftanlage?

- $2\text{m}^3/\text{s}$   
  $2,5\text{m}^3/\text{s}$   
  $20\text{m}^3/\text{s}$

---

11. In welchem Kernreakortyp wird der Primärkühlkreis direkt durch die angetriebene Dampfturbine geführt?

- Im Siedewasserreaktor  
 Im Druckwasserreaktor  
 In keinem der beiden Reaktortypen

12. Wie hängt die mögliche Leistung einer Windturbine von der Windgeschwindigkeit  $v$  ab?

- Linear ( $\sim v$ )  
 Quadratisch ( $\sim v^2$ )  
 Kubisch ( $\sim v^3$ )  
 Gar nicht

13. Welcher Anteil der in einer Luftströmung enthaltenen kinetischen Leistung kann durch einen Windkonverter maximal entnommen werden (Betz'scher Wert)?

- 16,3%  
 50%  
 59,3%

14. Bei welcher Art der Regelung einer Windkraftanlage können die einzelnen Rotorflügel verstellt werden?

- Bei der Pitch-Regelung  
 Bei der Stall-Regelung  
 Bei der Widerstands-Regelung

15. Welcher Turbinentyp wird insbesondere bei sehr großen Wassermengen und sehr niedrigen Fallhöhen eingesetzt?

- Die Kaplan-turbine  
 Die Francis-turbine  
 Die Pelton-turbine

16. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt der Wechselstromanteil nicht ab?

- Beim generatornahen Kurzschluss  
 Beim generatorfernen Kurzschluss  
 Beim Dauerkurzschluss

17. Welcher Marktteilnehmer ist für die Leistungs-Frequenz-Regelung in einer Regelzone verantwortlich?

- Der Regelzonenführer  
 Der Netzbetreiber  
 Der Bilanzgruppenkoordinator

18. Vereinfachend dargestellt ist die Prognoseabweichung einer Regelzone

- Regelenergie  
 Ausgleichsenergie  
 Netzverlustenergie

19. Welchen Wert sollte die dynamische Frequenzabweichung nach einer Störung nicht unterschreiten?

- 49,82 Hz, also 180mHz weniger als die Nennfrequenz  
 49,8 Hz, also 200mHz weniger als die Nennfrequenz  
 49,2 Hz, also 800mHz weniger als die Nennfrequenz

20. In einem Verbundsystem, das aus den drei Regelzonen A, C und D besteht, kommt es in der Regelzone A zu einem ungeplanten Ausfall einer Industrieanlage, die zuvor eine große Leistung aus dem Netz bezogen hat.

Wie verhält sich die Frequenz im Verbundsystem?

- Die Frequenz steigt nur in der Regelzone A an  
 Die Frequenz sinkt nur in der Regelzone A ab  
 Die Frequenz steigt in allen drei Regelzonen an  
 Die Frequenz sinkt in allen drei Regelzonen ab  
 Die Frequenz bleibt unverändert

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Primärregelung?

- Nur die Regelzone A  
 Nur die Regelzonen C und D  
 Alle Regelzonen gemeinsam

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Sekundärregelung?

- Nur die Regelzone A  
 Nur die Regelzonen C und D  
 Alle Regelzonen gemeinsam

21. Welcher Anteil der Stromgestehungskosten wird maßgeblich durch die Kosten für den Primärenergieträger beeinflusst?

- Die leistungsabhängigen Kosten  
 Die arbeitsabhängigen Kosten  
 Die Stillstandskosten

22. Eine Photovoltaikanlage mit der Nennleistung 1MW speist in einem Jahr eine Energie von 1GWh in das Netz ein. An 20 Stunden im Jahr erreicht sie dabei ihre Nennleistung, den Rest des Jahres liegt ihre Leistung unterhalb der Nennleistung. Welche Volllaststunden weist diese Photovoltaikanlage auf?

- 20h  
 1000h  
 8610h