

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 13.03.2019

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

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

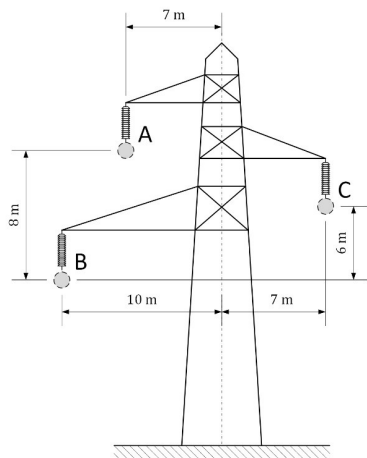


Abbildung nicht maßstäblich!

Für eine **4er-Bündel** 380 kV-Leitung in einem 50 Hz Netz und einem Mastbild laut Abbildung sollen verschiedene Betriebsparameter ermittelt werden. Es wird angenommen, dass die Leitung über ihre Länge **verdrillt** und somit **symmetrisch** ist.

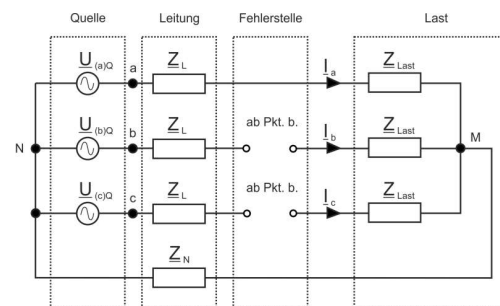
- Querschnitt Einzelleiter: 476,25 mm²
- Leiterabstand a im Bündel: 30 cm
- Anzahl Leiter im Bündel: 4
- Länge der Leitung: 250 km
- Gleichstromwiderstand (Einzelleiter): 0,18 $\frac{\Omega}{km}$
- Stromverdrängungsfaktor bei 50 Hz: $k_{sr} = 1,2$

- 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{y}** unter der zusätzlichen Annahme, dass $G' = 0 \frac{S}{km}$? 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 ($R' = 0 \frac{\Omega}{km}, G' = 0 \frac{S}{km}$) **allgemein** die Scheinleistung am Leitungsanfang als Funktion $\underline{S}_1 = f(U_1, Z_W, Länge)$ her.
- e) (3) Skizzieren Sie qualitativ das **Zeigerdiagramm** der leerlaufenden Leitung im Verbraucherzählpfeilsystem (Mitsystem-Strom u. -Spannung am Anfang der Leitung) und begründen Sie Ihre Darstellung.
- f) (3) Wie groß ist die **thermische Dauerstrombelastbarkeit eines Einzelleiters I_{th}** , wenn angenommen wird, dass die natürliche Leistung der verlustlosen Leitung der Hälfte der thermisch übertragbaren Scheinleistung entspricht?
- g) (3) Wie groß ist die übertragene **Blindleistung** der Leitung, wenn die verlustlose Leitung mit P_{Nat} belastet wird?

2. Zweiphasige Leitungsunterbrechung (24 Punkte)



Gegeben ist folgendes Drehstromsystem:

Spannungsquelle (sym.):

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

Leitung:

$\underline{Z}_L = 0,8 \Omega$

$\underline{Z}_N = 0,8 \Omega$

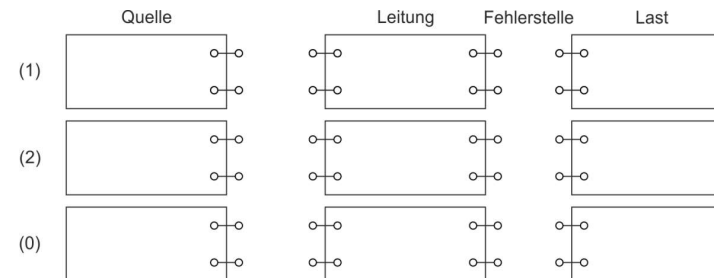
Last:

$\underline{Z}_{Last} = 23 \Omega$

- 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.
- 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 $\underline{I}_{(0)} = \underline{I}_{(1)} = \underline{I}_{(2)} = 3,2 \text{ A}$

- e. (5) Berechnen Sie die **Komponentenspannungen am fehlerseitigen Leitungsende** $\underline{U}_{FSLtg(0)}, \underline{U}_{FSLtg(1)}$ und $\underline{U}_{FSLtg(2)}$ 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: $\underline{U}_{aLast} = 215,58 \text{ V}$ und $\underline{U}_{bLast} = \underline{U}_{cLast} = 0 \text{ V}$.

Hinweis: diese können nun direkt im Phasensystem berechnet werden!

3. Barwertvergleich (24 Punkte)

In einem Verbundsystem soll ein Kraftwerk zur Erzeugung von Spitzenleistung mit einer Anschlussleistung von 220 MW_{el} und einer jährlichen Einspeisung von 370 GWh errichtet werden. Zur Auswahl stehen ein Pumpspeicherkraftwerk und ein Gasturbinenkraftwerk. Der Zufluss des Pumpspeicherkraftwerks soll vernachlässigt werden. Ebenso soll der Restwert der Kraftwerke am Ende der Nutzungsdauer vernachlässigt werden. Der Zinssatz beträgt 6 %. Folgende Kenndaten stehen Ihnen zur Verfügung:

	Pumpspeicher-KW	Gasturbinen-KW
spez. Errichtungskosten	3200 €/kW _{el}	1400 €/kW _{el}
Nutzungsdauer	50 a	35 a
Bezugskosten d. Pumpenergie	0,08 €/kWh _{el}	-
Brennstoffkosten	-	0,06 €/kWh _{thermisch}
leistungsabhängige Betriebskosten	32 €/kW _{el} a	25 €/kW _{el} a
arbeitsabhängige Betriebskosten	0,0017 €/kWh _{el}	0,003 €/kWh _{el}
Pumpenwirkungsgrad	85 %	
Turbinenwirkungsgrad	92 %	
Gesamtwirkungsgrad	-	39 %

Hinweise: Die Errichtungskosten fallen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme an und der Betrachtungszeitraum ist die jeweilige Nutzungsdauer der Kraftwerke. Der Füllstand des Speichers zu Beginn und zu Ende des Jahres ist gleich.

- (9) Wie groß ist der **Barwert des Pumpspeicherkraftwerks** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme in Hinblick auf die Versorgungsaufgabe?
- (8) Wie groß ist der **Barwert des Gasturbinenkraftwerks** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme in Hinblick auf die Versorgungsaufgabe?
- (5) Nach 35 Jahren wird das Gasturbinenkraftwerk um 25 Mio. € generalsaniert, sodass sich die Nutzungsdauer um weitere 15 Jahre erhöht. Wie groß ist unter diesen Umständen der **Barwert des Gasturbinen-KW zum Zeitpunkt der ursprünglichen Inbetriebnahme**?
- (2) Welches Kraftwerk ist **wirtschaftlich günstiger** bezogen auf die errechneten Barwerte für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren.

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

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

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

5. Theoriefragen (24 Punkte)Richtige Antwort bitte deutlich markieren.

Hinweis: Es ist jeweils genau eine Antwort richtig! Nicht beantwortete Fragen geben 0 Punkte, falsch beantwortete Fragen werden als -0,5 Punkte gewertet. Maximale Punktzahl dieses Prüfungsteils ist 24 Punkte, minimale Punktzahl ist 0 Punkte.

1. Wie setzt sich die Erzeugung elektrischer Energie in Österreich in 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

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

- Mit 50Hz
 Mit 100Hz
 Gar nicht

3. Welche Anforderungen müssen Energieversorgungssysteme erfüllen?

- Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit
 Zuverlässigkeit, Vernetzung, Schnelligkeit
 Wirtschaftlichkeit, Profitabilität, Risikominimierung

4. Was ist ein Vorteil von symmetrischen Drehstromsystemen gegenüber Gleichspannungssystemen?

- Transformierbarkeit
 Keine Blindleistung
 Konstante Augenblicksleistung

5. Welche Amplitude 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 $110\text{kV}/\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}$

6. In welchem Größenbereich bewegt sich die Leistung eines Laufwasserkraftwerkes an der Donau in Österreich in etwa?

- unter 10 MW bis 100 MW
 150 MW bis 300 MW
 350 MW bis über 1000 MW

7. Welche Wasserturbine kann auch als Pumpe verwendet werden?

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

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

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

9. Vereinfachend dargestellt ist die Prognoseabweichung einer Regelzone

- Regelenergie
 Ausgleichsenergie
 Netzverlustenergie

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

- Der Regelzonenführer
 Der Netzbetreiber
 Der Bilanzgruppenkoordinator

11. 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

12. Innerhalb welcher Zeit soll die Primärregelleistung (Frequency Containment Reserve) voll aktiviert sein?

- Spätestens 15s nach Aktivierung
- Spätestens 30s nach Aktivierung
- Spätestens 15min nach Aktivierung

13. 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

14. Um welchen Winkel sind die Primär- und Sekundärspannungen eines Dy5-Transformators gegeneinander verdreht?

- Um 5°
- Um 150°
- Gar nicht. Nur die Ströme werden verdreht.

15. Die Generatoren eines Kraftwerkes, das an ein 50Hz-Netz angeschlossen ist, haben eine synchrone Drehzahl von 250 Umdrehungen/min. Welche Polpaarzahl haben die Generatoren?

- 5
- 10
- 12

16. Wie verhält sich ein Kabel, das unterhalb der natürlichen Leistung betrieben wird, gegenüber dem Energiesystem?

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

17. Welches Bauelement kann eingesetzt werden, um eine oberhalb der natürlichen Leistung betriebene Leitung zu kompensieren?

- Eine Drosselspule (Induktivität)
- Eine Kondensatorbatterie (Kapazität)
- Ein Widerstand

18. Was sollte beim Parallelschalten von Transformatoren berücksichtigt werden?

- Die Leistungen sollten ähnlich groß sein
- Der Aufstellungsort sollte gleich sein
- Die Anzahl der Windungen auf der Primär- und Sekundärseite sollten jeweils gleich sein

19. Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?

- Trennschalter
- Lastschalter
- Leistungsschalter

20. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

21. 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

22. Eine Windkraftanlage mit der Nennleistung 2MW speist in einem Jahr eine Energie von 5GWh in das Netz ein. An 172 Stunden im Jahr erreicht sie dabei ihre Nennleistung, den Rest des Jahres liegt ihre Leistung unterhalb der Nennleistung. Welche Volllaststunden weist diese Windkraftanlage auf?

- 172h
- 2500h
- 1720h