

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 09.10.2018

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

1. Leitungsgleichungen (24 Punkte)

Auf einem Mast ist ein 380 kV-Drehstromfreileitungssystem bestehend aus Dreierbündel mit den folgenden geometrischen Daten der Aufhängung aufgezo-gen (Koordinatenursprung = Mastfußpunkt):

Leiter A: $x = -7\text{m}, y = 18\text{m}$

Leiter B: $x = +6\text{m}, y = 20\text{m}$

Leiter C: $x = -2\text{m}, y = 22\text{m}$

Der gegenseitige Abstand der Einzelleiter a im Dreierbündel beträgt 20 cm. Der Querschnitt eines Einzelleiters beträgt $187,233\text{ mm}^2$. Die Leitung ist 400 km lang und verdreht. Die thermische Dauerstrombelastbarkeit eines Einzelleiters im Bündel beträgt 346 A. Die Leitung soll für alle Berechnungen als verlustlose Leitung betrachtet werden. ($R' = 0 \frac{\Omega}{\text{km}}, G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$).

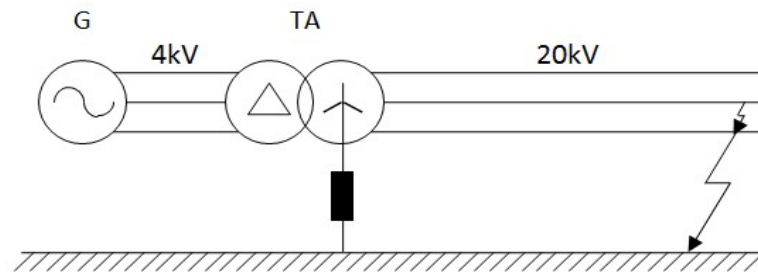
- a. (3) Zeichnen Sie eine schematische **Skizze der Leiteraufhängung**, beschriften Sie die Leiter und bemaßen Sie die Leiterabstände in beiden Koordinatenachsen.
- b. (6) Wie groß ist die längenbezogene symmetrische **Betriebsinduktivität** und **Betriebskapazität** der Leitung?
- c. (3) Wie groß ist der **Wellenwiderstand der Leitung**?
- d. (3) Die Leitung wird im Leerlauf betrieben. Wie groß ist die **Spannung am Ende** der Leitung?
- e. (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** der Leitung.

Die Leitung wird an ihrem Ende mit einer dreiphasigen, ohmsch-induktiven Last abgeschlossen (siehe Bild rechts) und am Leitungsanfang mit Nennspannung betrieben.



- f. (2) Wie groß ist die Mitimpedanz der ohmsch-induktiven Last?
- g. (4) Wie groß ist die **die Eingangsimpedanz Z_1** der verlustlosen Leitung?

2. Zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung (24 Punkte)



Generator:

$U_N = 4\text{kV}, S_N = 10\text{MVA}, x_d'' = 14\%$

Transformator:

YNd5, $U_1/U_2 = 20/4, S_N = 10\text{ MVA}, u_k = 12\%$, (Annahme $P_k = 0\text{ kW}$), $X_{(0)} = 14\ \Omega$ (auf 20kV Seite) Sternpunkt **exakt kompensiert** („gelöschtes Netz“)

Freileitung:

$X'_{(1)} = 0,4\ \text{Ohm/km}, X'_{(0)} = 0,9\ \text{Ohm/km}, C'_E = 8\ \text{nF/km}, l = 20\ \text{km}$

Am Ende der Freileitung ereignet sich im 50Hz-Netz ein **zweipoliger Kurzschluss** zwischen den Phasen b und c **mit Erdberührung**.

- a. (6) Zeichnen Sie die **Ersatzschaltung** im Mit-, Gegen- und Nullsystem mit korrekter Verschaltung der drei Systeme für den dargestellten Kurzschlussfall.
- b. (4) Berechnen Sie die wirksamen **Impedanzen** des **Generators**, des **Transformators** und der **Leitung** (in Ohm) am Kurzschlussort.
- c. (2) Berechnen Sie die Mit-, Gegen und Nullimpedanz.
- d. (4) Wie groß ist die im Sternpunkt verwendete **Petersenspule**, sodass die Leitungskapazitäten exakt kompensiert werden?
- e. (4) Wie groß sind die drei **Komponentenströme** $I_{(0)}, I_{(1)}$ und $I_{(2)}$ am Kurzschlussort?
- f. (4) Wie groß sind die drei **Phasenströme** $I_{(a)}, I_{(b)}$ und $I_{(c)}$ am Kurzschlussort?

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich Vergleich GuD und LWKW (24 Punkte)

In einem Energieversorgungsnetz werden zusätzliche Kraftwerke gebaut. Die folgenden zwei Kraftwerkstypen sind zu vergleichen:

	GuD-Kraftwerk	Laufwasserkraftwerk
spezifische Errichtungskosten	500 €/kW _{el}	2500 €/kW _{el}
Zinssatz	6 %	5 %
Ausbauleistung	250 MW _{el}	250 MW _{el}
leistungsabhängige Kosten	95 €/kW _{el} a	80 €/kW _{el} a
Brennstoffkosten	0,30 €/m ³ Erdgas	0 €/kWh
Gesamtwirkungsgrad	60 %	88 %
betriebsabhängige Kosten	0,001 €/kWh _{el}	0 €/kWh
Volllaststundenzahl	3000 h/a	4000 h/a
Nutzungsdauer	25 a	40 a

Hinweis: Heizwert von Erdgas $H_u = 35,8 \text{ MJ/m}^3$

- (8) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **GuD-Kraftwerk**?
- (5) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **Laufwasserkraftwerk**?
- (5) Bedingt durch sehr kalte Winter und unerwartete Reparaturen erreicht das Laufwasserkraftwerk nicht seine Sollstundenanzahl von 4000 h/a. **Unter welche Volllaststundenzahl** darf das Laufkraftwerk **nicht sinken** um noch günstiger als das GuD-KW (dieses bleibt bei 3000 h/a Volllaststunden) produzieren zu können?
- (3) **Zeichnen** Sie qualitativ richtig (mit min. drei Stützpunkten) die beiden **Stromgestehungskosten in Abhängigkeit** der **Volllaststunden**. Achsenbeschriftung nicht vergessen!
- (3) Der Preis für Grundlast soll bei 0,065 €/kWh liegen. **Welches der Kraftwerke** wäre basierend auf diesem Preis und für die gegebene Nutzungsdauer **wirtschaftlicher** (kurze Begründung)?

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

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

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. Was ist ein Vorteil von symmetrischen Drehstromsystemen gegenüber Gleichspannungssystemen?

- Transformierbarkeit
 Keine Blindleistung
 Konstante Augenblicksleistung

3. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

4. Welche Leistung wird maßgeblich durch die Spannungsregelung eines Synchrongenerators beeinflusst?

- Die Wirkleistung
 Die Blindleistung

5. Wann tritt praktisch kein Gleichglied im Kurzschlussstromverlauf auf?

- Wenn der stationäre Fehlerstrom im Zeitpunkt des Fehlereintritts gerade seinen Nulldurchgang hätte
 Wenn der stationäre Fehlerstrom im Zeitpunkt des Fehlereintritts gerade seinen maximalen Wert hätte
 Wenn der Strom unmittelbar vor Fehlereintritt gerade seinen maximalen Wert hatte

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

- Der Regelzonenführer
 Der Netzbetreiber
 Der Bilanzgruppenkoordinator

7. 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

8. Wie hoch ist die Nennfrequenz im österreichischen elektrischen Energiesystem?

- 50Hz
 60Hz
 100Hz

9. 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

10. Bei welcher Phasenlage zwischen sinusförmigem Strom- und Spannungsverlauf wird der Betrag der Wirkleistung minimal?

- Wenn der Strom der Spannung 90° voraus- oder nacheilt
 Wenn Strom und Spannung gleiche Phasenlage haben
 Wenn der Strom der Spannung 180° voraus- oder nacheilt

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

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

12. Welche Wasserturbine ist in diesem Bild dargestellt?

- Eine Kaplan-turbine
 Eine Francis-turbine
 Eine Pelton-turbine



13. Um welchen Winkel sind die Primär- und Sekundärspannungen eines Dy11-Transformators gegeneinander verdreht?

- Um 11°
 Um 330°
 Gar nicht. Nur die Ströme werden verdreht.

14. Welcher Fehler tritt im elektrischen Energiesystem am häufigsten auf?

- Der einpolige Fehler
- Der zweipolige Fehler
- Der dreipolige Fehler

15. Vereinfachend dargestellt ist die Prognoseabweichung einer Regelzone

- Regelenergie
- Ausgleichsenergie
- Netzverlustenergie

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

- 2m³/s
- 2,5m³/s
- 20m³/s

17. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt der Wechselstromanteil ab?

- Beim generatornahen Kurzschluss
- Beim generatorfernen Kurzschluss
- Beim Dauerkurzschluss

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

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

19. 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

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

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

21. Die Generatoren eines Wasserkraftwerkes in Österreich sollen eine synchrone Drehzahl von 200 U/min aufweisen. Welche Polpaarzahl haben die Generatorläufer?

- 10 Polpaare
- 15 Polpaare
- 30 Polpaare

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

23. Welche Regelung führt die Frequenz nach einer Frequenzabweichung wieder auf die Sollfrequenz zurück?

- Die Primärregelung
- Die Sekundärregelung
- Die Tertiärregelung

24. Bei welchem Erregersystem werden Schleifringe verwendet, um den Erregerstrom auf den Rotor des Generatorläufers zu übertragen?

- Beim statischen Erregersystem
- Beim dynamischen Erregersystem
- Beim bürstenlosen Erregersystem