

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 22.06.2016

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

1. Leitungsgleichung (24 Punkte)

Gegeben ist eine 380 kV-Drehstromfreileitung in einem 50 Hz-Netz mit Viererbündel und der Länge 400 km mit folgenden Parametern:

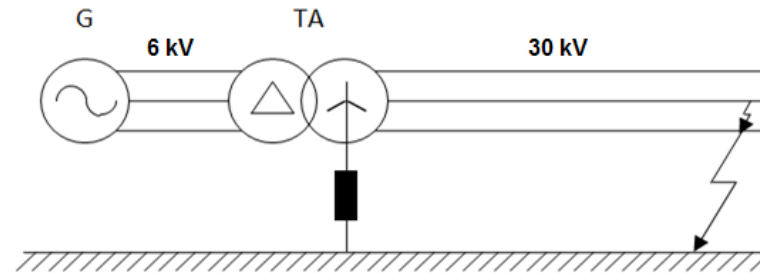
$$R' = 0; \frac{\Omega}{\text{km}}; X' = 0,30 \frac{\Omega}{\text{km}}; G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}; C' = 20 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

- (3) Wie groß ist die **komplexe Ausbreitungskonstante** $\underline{\gamma}$ der Freileitung?
- (3) Welche Spannung stellt sich am Ende der leerlaufenden Leitung ein, wenn am Anfang Nennspannung herrscht?
- (5) Berechnen sie die **Kompensationsimpedanz**, welche am **Ende der leerlaufenden Leitung** zugeschaltet werden muss, damit sich am Ende der Leitung ein Spannungsanstieg von **105% der Nennspannung** einstellt.
- (3) Für welche Scheinleistung muss die Kapazität bzw. Induktivität des **Bauelements für die Kompensation** der Leitung nach Punkt c. dimensioniert werden?
- (2) Wie sollte diese Impedanz mit der **Leitung verschaltet** werden (mit Begründung)?

Die folgenden Teilaufgaben können ohne Lösung der Teilaufgaben b-e bearbeitet werden. Verwenden Sie ab hier folgenden Wert für die Kompensationsimpedanz: $X = j950 \Omega$.

- (3) Berechnen Sie die **Spannung am Leitungsende** nach dem Kompensationsvorgang, wenn am Anfang der Leitung Nennspannung herrscht.
- (3) Die thermisch zulässige Leistung dieser Leitung soll der doppelten natürlichen Leistung entsprechen. Wie groß ist in diesem Fall der **zulässige Strom eines Einzeleleiters**?
- (2) Wie groß ist die **Blindleistung am Anfang** der Leitung, wenn diese mit dem **Wellenwiderstand** abgeschlossen ist?

2. Zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung (24 Punkte)

Generator:

$U_N = 6 \text{ kV}$, $S_N = 7 \text{ MVA}$, $x_d'' = 15\%$

Transformator:

YNd5, $U_1/U_2 = 30/6$, $S_N = 8 \text{ MVA}$, $u_k = 16\%$, (Annahme $P_k = 0 \text{ kW}$), $X_{(0)} = 15 \Omega$ (auf 30kV Seite)
Sternpunkt **exakt kompensiert („gelöschtes Netz“)**

Freileitung:

$X'_{(1)} = 0,3 \text{ Ohm/km}$, $X'_{(0)} = 0,9 \text{ Ohm/km}$, $C'_E = 7 \text{ nF/km}$, $l = 20 \text{ km}$

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

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

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich GuD-KW und LKW (24 Punkte)

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

	GuD-Kraftwerk	Laufwasserkraftwerk
spezifische Errichtungskosten	500 €/kW _{el}	2800 €/kW _{el}
Zinssatz	6 %	5 %
Ausbauleistung	250 MW _{el}	250 MW _{el}
leistungsabhängige Kosten	95 €/kW _{el} a	87 €/kW _{el} a
Brennstoffkosten	0,30 €/m ³ Erdgas	0 €/kWh
Gesamtwirkungsgrad	60 %	88 %
betriebsabhängige Kosten	0,001 €/kWh _{el}	0 €/kWh
Volllaststundenzahl	5000 h/a	4000 h/a
Nutzungsdauer	25 a	40 a

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

- (9) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **GuD-Kraftwerk**?
- (7) 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 5000 Volllaststunden) produzieren zu können?
- (3) **Zeichnen** Sie qualitativ richtig die beiden **Stromgestehungskosten in Abhängigkeit der Volllaststunden**. Achsenbeschriftung nicht vergessen!

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

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

5. Theoriefragen (24 Punkte)

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

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. Welche Anforderungen müssen Energieversorgungssysteme erfüllen?

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

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. 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

4. Welche Netzebene des elektrischen Netzes wird in Österreich als Netzebene 7 bezeichnet?

- Das Niederspannungsnetz
 Mittelspannungsnetze
 Das Höchstspannungsnetz

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

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

6. Welche Amplitude haben die Leiter-Leiter-Spannungen in einem symmetrischen 110kV-Netz?

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

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

- Mit 50Hz
 Mit 100Hz
 Gar nicht

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

- Wie eine Kapazität
 Wie eine Induktivität
 Wie ein Widerstand

9. Eine Wasserkraftanlage kann mit einer Wassermenge Q von $40\text{m}^3/\text{s}$ eine elektrische Leistung von 8MW erzeugen. Welche Höhendifferenz arbeitet die Turbine ungefähr ab?

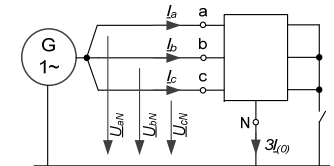
- 5m
 20m
 25m

10. Welche Komponenten des elektrischen Energiesystems verhalten sich bzgl. Mit- und Gegensystem gleich?

- Transformatoren
 Synchrongeneratoren
 Elektrische Maschinen

11. Welche Komponente der symmetrischen Komponenten wird mit dieser Schaltung bestimmt?

- Das Nullsystem
 Das Mitsystem
 Das Gegensystem
 Raumzeiger und Nullgröße



12. 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

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

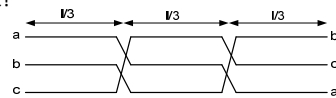
- Eine Drosselspule (Induktivität)
 Eine Kondensatorbatterie (Kapazität)
 Ein Widerstand

14. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

- Sie reduzieren die natürliche Leistung
 Sie erhöhen den Wellenwiderstand
 Sie erhöhen die natürliche Leistung

15. Auf welche Art ist die dargestellte Einfachleitung verdreht?

- α -Verdrillung
 β -Verdrillung
 γ -Verdrillung



16. 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

17. Stoßkurzschlussstrom I_p und Anfangskurzschlusswechselstrom I_k'' hängen entsprechend $I_p = \kappa \sqrt{2} I_k''$ zusammen. In welchem Wertebereich kann der Stoßfaktor κ liegen?

- Von 0 bis 1
 Von 1 bis 2
 Von 0 bis 2

18. 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

19. Welche Größen sind bei der Lastflussrechnung an einem PV-Knoten vorgegeben?

- Photovoltaikeinspeisung und Verbraucherleistung
 Wirkleistung P und Blindleistung Q
 Wirkleistung P und Spannung U

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

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

21. In welchem Kernreakortyp gibt es keinen Sekundärdampfkreislauf?

- Im Siedewasserreaktor
 Im Druckwasserreaktor
 In keinem der beiden Reaktortypen

22. Wie hängt die mögliche Leistung einer Windturbine von der **Luftdichte** ρ ab?

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

23. Was ist ein Vorteil von symmetrischen Drehstromsystemen gegenüber Wechselstromsystemen?

- Transformierbarkeit
 Keine Blindleistung
 Konstante Augenblicksleistung

24. Eine Windkraftanlage mit der Nennleistung 5MW speist in einem Jahr eine Energie von 10GWh in das Netz ein. An 80 Stunden im Jahr erreicht sie dabei ihre Nennleistung, den Rest des Jahres liegt ihre Leistung unterhalb der Nennleistung. Welche Volllaststunden weist diese Windkraftanlage auf?

- 80h
 400MWh
 2000h