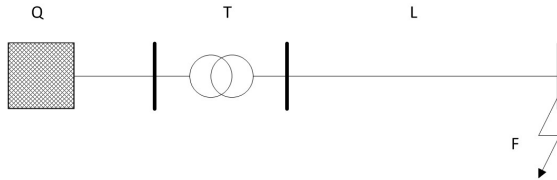


Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 30.04.2019

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

1. Dreipoliger Kurzschluss (24 Punkte)



Die **Netzeinspeisung** (50Hz) weist folgende Kenndaten auf:

$U_{N,Q} = 110 \text{ kV}$, $S''_{kQ} = 4,6 \text{ GVA}$ (bei $c = 1,1$), $R_Q / X_Q = 0,1$

Der **Transformator** weist folgende Kenndaten auf:

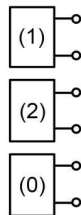
YNd5, $U_1 / U_2 = 110 / 30 \text{ kV}$, $S_N = 40 \text{ MVA}$, $u_k = 16\%$, $P_k = 150 \text{ kW}$

Die **Leitung** weist folgende Kenndaten auf:

$R'_{(1)} = 0,22 \text{ Ohm/km}$, $L'_{(1)} = 0,75 \text{ mH/km}$, $l = 20 \text{ km}$

Am Ende der Leitung ereignet sich ein **3-poliger Kurzschluss ohne Erdberührung**.

- Berechnen Sie die **Netzimpedanz** (Resistanz und Reaktanz) bezogen auf die Kurzschlussseite (Leitung).
- Berechnen Sie die **Leitungslängsimpedanz** (Resistanz und Reaktanz) und die **Transformatorimpedanz** bezogen auf die Kurzschlussseite (Leitung).
- Zeichnen Sie die korrekte **Verschaltung der Komponentensysteme** am Kurzschlussort für den angegebenen Kurzschlussfall in das **untenstehende Diagramm** ein.



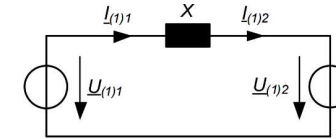
Berechnen Sie die folgenden vier Teilaufgaben mit den Werten $Z_{(1)} = Z_{(2)} = 8 \Omega + j13 \Omega$ und

$Z_{(0)} = 10 \Omega - j 250 \Omega$, $c = 1,1$.

- Berechnen Sie den **Strom im Mitsystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.
- Berechnen Sie den **Strom im Gegensystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.
- Berechnen Sie den **Strom im Nullsystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.
- Berechnen Sie die drei **Phasenströme** am **Kurzschlussort**.

2. Übertragbare Leistung (24 Punkte)

Betrachtet wird ein stark vereinfachtes, symmetrisches Energieversorgungssystem, in dem zwei Netze über eine Leitung miteinander verbunden sind. Die Spannung $\underline{U}_{(1)1}$ sei als konstant anzunehmen (Spannungsregler):



Die Winkel werden auf die Seite 2 bezogen, d.h. $\underline{U}_{(1)2} = U_2$ und $\underline{U}_{(1)1} = U_1 \cdot e^{j\delta}$.

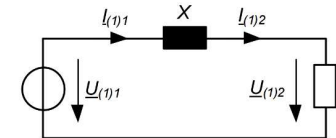
- Ermitteln Sie einen Ausdruck für die **Scheinleistung S_2** auf Seite 2 des Systems als Funktion von U_1 , U_2 , X und δ her.

Hinweise:
$$\underline{S} = 3 \cdot \underline{U} \cdot \underline{I}^* \quad \left(\frac{1}{j}\right)^* = \left(-\frac{1}{j}\right) = \left(j^2 \cdot \frac{1}{j}\right) = j$$

$$e^{j\delta} = \cos(\delta) + j \cdot \sin(\delta)$$

- Ermitteln Sie die **Wirk- und Blindleistung** (P_2 und Q_2) auf Seite 2 des Systems.
- Wann** wird die Wirkleistung aus Punkt b. maximal?

Auf Seite 2 wird nun keine Netzeinspeisung, sondern ein ohmscher Verbraucher modelliert:



- Stellen Sie die Maschengleichung ($\sum U = 0$) auf und ermitteln Sie daraus mit Hilfe eines Koeffizientenvergleichs von Real- und Imaginärteil einen Ausdruck für U_2 als Funktion von U_1 und δ .

Hinweise:
$$e^{j\delta} = \cos(\delta) + j \cdot \sin(\delta)$$

- Leiten Sie einen Ausdruck für die **Wirkleistung P_2** auf Seite 2 als Funktion von U_1 , X und δ her.

Hinweise:
$$P_2 = 3 \frac{U_1 U_2}{X} \sin(\delta) \quad \sin(2\delta) = 2 \cdot \sin(\delta) \cdot \cos(\delta)$$

- Wann** wird die Wirkleistung aus Punkt e. maximal?

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich GuD und LWKW (24 Punkte)

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

	GuD-Kraftwerk	Laufwasserkraftwerk
spezifische Errichtungskosten	600 €/kW _{el}	3000 €/kW _{el}
Jährliche Stromerzeugung	1500 GWh	1200 GWh
Ausbauleistung	300 MW _{el}	300 MW _{el}
Zinssatz	4 %	4 %
leistungsabhängige Kosten	90 €/kW _{el,a}	80 €/kW _{el,a}
Brennstoffkosten	0,40 €/m ³ Erdgas	0 €/kWh
Gesamtwirkungsgrad	60 %	88 %
betriebsabhängige Kosten	0,002 €/kWh _{el}	0 €/kWh
Nutzungsdauer	25 a	40 a

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

- (1) Wie hoch sind die **Volllaststunden** für das **GuD-Kraftwerk**?
- (6) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **GuD-Kraftwerk**?
- (1) Wie hoch sind die **Volllaststunden** für das **Laufwasserkraftwerk**?
- (5) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **Laufwasserkraftwerk**?
- (5) Bedingt durch sehr kalte Winter und unerwartete Reparaturen erreicht das Laufwasserkraftwerk nicht seine Sollstundenanzahl. **Unter welche Volllaststundenzahl** darf das Laufkraftwerk **nicht sinken** um noch günstiger als das GuD-KW (dieses bleibt bei seiner Soll-Volllaststundenzahl) produzieren zu können?
- (3) **Zeichnen** Sie qualitativ richtig (mit min. drei Stützpunkten) die **Abhängigkeit der Stromgestehungskosten von den Volllaststunden** für beide Kraftwerke. Achsenbeschriftung und aktuelle errechnete Stützpunkte in Unterpunkten a.-d. nicht vergessen!
- (2) Der mittlere Energiepreis lag für Jahr 2018 bei 28 ct/kWh_{el}. Welche **Volllaststunden** sollen die Kraftwerke mindesten aufweisen um bei dem Energiepreis wirtschaftlich zu sein? Diese können aus dem Grafik aus dem Punkt f. abgelesen werden.
- (1) Beide Kraftwerke haben im Jahr 2018 eine Volllaststundenzahl von 1200 h/a aufgewiesen. **Welches der Kraftwerke** war basierend auf dem Energiepreis aus Punkt g. **wirtschaftlicher** (kurze Begründung)?

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge und streichen Sie die nicht existierende Sicherheitsregel:

- Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Sternpunkt isolieren
- 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 Spannungen werden als Nennspannungen im Drehstromsystem angegeben?

- Mitsystemspannungen
 Leiter-Erde-Spannungen
 Verkettete Spannungen

 4. Welche Netzebene des elektrischen Netzes wird in Österreich als Netzebene 1 bezeichnet?

- Das Niederspannungsnetz
 Mittelspannungsnetze
 Das Höchstspannungsnetz

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

- Wie eine Kapazität
 Wie eine Induktivität
 Wie ein Widerstand

 6. Welche Wasserturbine kann auch als Pumpe verwendet werden?

- Die Kaplan turbine
 Die Francisturbine
 Die Peltonturbine

 7. 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

 8. Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?

- Trennschalter
 Lastschalter
 Leistungsschalter

 9. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt das Wechselglied ab?

- Beim generatorfernen Kurzschlussstromverlauf
 Beim generatornahen Kurzschlussstromverlauf
 Beim Stoßkurzschlussstrom

 10. 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

 11. Welcher Fehlerstrom ist üblicherweise größer?

- Der zweipolige Fehlerstrom
 Der dreipolige Fehlerstrom

 12. 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

 13. 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

14. 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

15. Um welchen Faktor erhöhen sich die Leiter-Erde-Spannungen der beiden gesunden Phasen während eines einpoligen Erdschlusses in Netzen mit Erdschlusslöschspule im Sternpunkt?

- Gar nicht
- Um den Faktor $\sqrt{2}$
- Um den Faktor $\sqrt{3}$

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

- Bei isoliertem Sternpunkt
- Bei kompensiertem Sternpunkt
- Bei geerdetem Sternpunkt

17. 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

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. Welcher Turbinentyp wird insbesondere bei sehr hohen Fallhöhen eingesetzt?

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

20. 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

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

- Der Regelzonenführer
- Der Netzbetreiber
- Der Bilanzgruppenkoordinator

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

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

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

- Die Primärregelung
- Die Sekundärregelung
- Die Tertiärregelung

24. Welcher Anteil der Stromgestehungskosten wird maßgeblich durch die Kosten für die Errichtung eines Kraftwerkes beeinflusst?

- Die leistungsabhängigen Kosten
- Die arbeitsabhängigen Kosten
- Die Brennstoffkosten