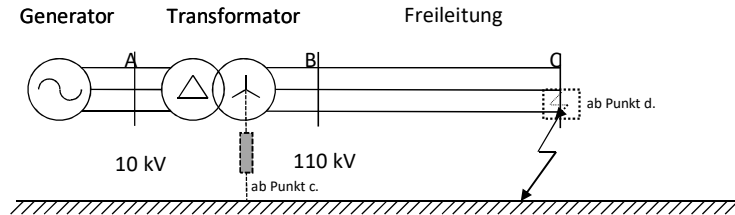


Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 27.06.2018

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

1. Ein- und zweipoliger Fehler (24 Punkte)



Generator:

$U_N = 10 \text{ kV}$; $S_N = 22 \text{ MVA}$; $x_d'' = 14 \%$; $R/X = 0$; Annahme: $X_{(1)} = X_{(2)}$

Transformator:

$U_A/U_B = 10/110$; $S_N = 42 \text{ MVA}$; $u_k = 15\%$ (Annahme $P_k = 0$);
 $X_0 = 30 \Omega$ (auf 110 kV Seite)

Freileitung:

$R'_{(1)} = 0$; $L'_{B(1)} = 1,2 \text{ mH/km}$; $C'_E = 9,2 \text{ nF/km}$; $l = 52 \text{ km}$
 $R'_{(0)} = 0$; $L'_{B(0)} = 0$

Der Sternpunkt des Transformators ist zunächst offen. An der Sammelschiene C ereignet sich ein metallischer einpoliger Erdschluss:

- a. (3) Zeichnen Sie das **Ersatzschaltbild** dieses Fehlerfalls im Komponentensystem (Spannungen, Ströme, alle Impedanzen).
- b. (6) Wie groß ist der **Erdschlussstrom** ($c = 1,1$)?

Zur Begrenzung des einpoligen Fehlerstromes wird auf der 110kV-Seite des Transformators im Sternpunkt eine Petersenspule angeschlossen (siehe Bild):

- c. (6) Welchen **Induktivitätswert** muss die Petersenspule bei idealer Kompensation aufweisen?

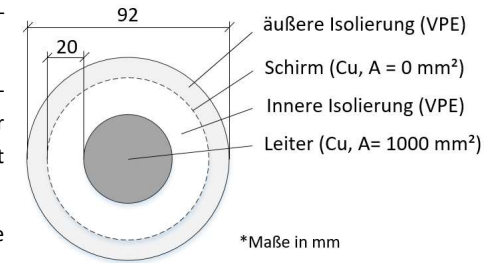
Der einpolige Erdschluss geht in einen zweipoligen Kurzschluss mit Erdberührung über. Das Netz bleibt durch die Petersenspule aus Punkt c.) ideal kompensiert.

- d. (3) Zeichnen Sie das **Ersatzschaltbild** dieses Fehlerfalls im Komponentensystem (Spannungen, Ströme, Impedanzen).
- e. (6) Wie groß ist der **zweipolige Kurzschlussstrom** ($c = 1,1$)?

2. Thermische Auslegung eines Erdkabels (24 Punkte)

Gegeben ist ein 110 kV Kupferkabel mit einem Aufbau gemäß Abbildung rechts.

Die Ableitungsverluste in der Isolierung sollen vernachlässigt werden. Auch wird der Schirm für die thermische Auslegung nicht berücksichtigt.



Die spezifischen thermischen Widerstände

betragen $\rho_{W, VPE} = 3,5 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}}$
 $\rho_{W, \text{Erdrreich}} = 2,0 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}}$ → *Hinweis*: Das umgebende, trockene Erdrreich wird bis zu einem Radius von 60 cm betrachtet!

Der spezifische elektrische Widerstand von Kupfer beträgt $\rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega\cdot\text{mm}^2}{\text{m}}$, der Stromverdrängungsfaktor für die Nennfrequenz sei 1,32.

- a. (2) Zeichnen Sie das thermische **Ersatzschaltbild** für den Wärmestrom.
- b. (4) Wie groß ist der **spezifische thermische Gesamtwiderstand**?
- c. (3) Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 90°C?
- d. (3) Wie groß ist die längenbezogene **Betriebskapazität** des Kabels ($\epsilon_r, VPE = 2,4$)?

Hinweis: Die folgenden Teilaufgaben können unabhängig von den obenstehenden Teilaufgaben bearbeitet werden.

Mit dem Kabel aus den obigen Punkten wird ein 110 kV-Dreiphasensystem mit drei (3) Einleiter-Kabel aufgebaut, die sich thermisch nicht beeinflussen. Gehen Sie dabei davon aus, dass die Dauerstrombelastung 1,688 kA und die bezogene Betriebskapazität 177,6 nF/km betragen.

- e. (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** dieses Dreiphasensystems.
- f. (6) Wie groß sind der längenbezogene **Ladestrom** und die **längenbezogene Ladleistung** dieses Dreiphasensystems?
- g. (3) Das Dreiphasensystem habe eine Länge von 30km. Wie groß ist die kapazitive **Blindleistung** des leerlaufenden Systems? Dieser Wert soll mithilfe einer dreiphasigen Kompensationsdrossel auf 50% reduziert werden. Wie groß ist die dafür notwendige Induktivität der Kompensationsdrossel?

Hinweis: Die Drosseln sitzen am Anfang der Kabel und wird daher mit Nennspannung betrieben

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.

- (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:

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

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

- Reserven
 Ressourcen
 statische Reichweite

3. Welche Wasserturbine ist in diesem Bild dargestellt?

- Eine Kaplan turbine
 Eine Francisturbine
 Eine Peltonturbine



4. Welche Wasserturbine kann auch als Pumpe verwendet werden?

- Die Kaplan turbine
 Die Francisturbine
 Die Peltonturbine

5. Auf welche Drehzahl beschleunigt eine Peltonturbine, wenn der zugehörige Generator vom Netz getrennt und vollständig entlastet wird?

- Gar nicht
 Maximal auf die doppelte Nenndrehzahl
 Unendlich (bis zur Zerstörung der Turbine)

6. Eine Wasserkraftanlage kann mit einer Wassermenge Q von $50\text{m}^3/\text{s}$ eine elektrische Leistung von 40MW erzeugen. Welche Höhendifferenz arbeitet die Turbine ungefähr ab?

- 8m
 80m
 100m
 200m

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

- Im Siedewasserreaktor
 Im Druckwasserreaktor
 In keinem der beiden Reaktortypen

8. 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

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

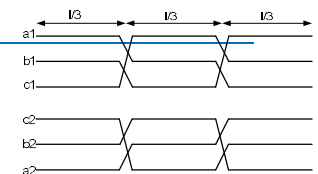
- Transformierbarkeit
 Keine Blindleistung
 Konstante Augenblicksleistung

10. Welche Betriebsmittel verhalten sich im Mit- und Gegensystem gleich?

- Transformatoren
 Motoren
 Generatoren

11. Auf welche Art ist die dargestellte Doppelleitung verdreht?

- α -Verdrillung
 β -Verdrillung
 γ -Verdrillung

12. 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 $110\text{kV}/\sqrt{3}\cdot\sqrt{2}$

13. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

14. 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 $\sqrt{3}$

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

- Wie eine Kapazität
 Wie eine Induktivität
 Wie ein Widerstand

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

- Die Wirkleistung
 Die Blindleistung

17. 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

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

- Die Primärregelung
 Die Sekundärregelung
 Die Tertiärregelung

19. 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

20. Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?

- Trennschalter
 Lastschalter
 Leistungsschalter

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

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

22. 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

23. 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

24. 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