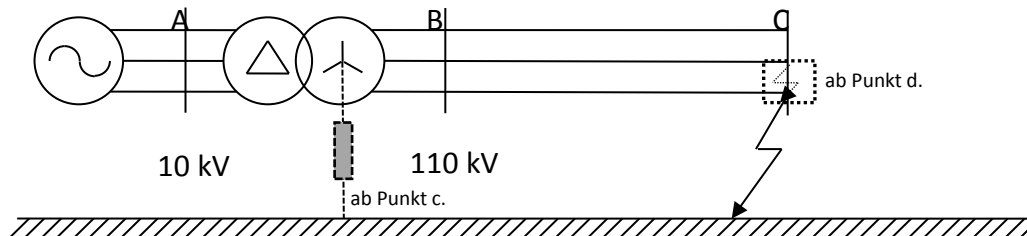


Name/Vorname: _____ / _____ Matr.-Nr./Knr.: _____ / _____

1. Ein- und zweipoliger Kurzschluss (24 Punkte)

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 23.01.2017

Generator Transformator Freileitung



Generator:

$$U_N = 10 \text{ kV}; S_N = 22 \text{ MVA}; x_d'' = 14 \%; R/X = 0$$

Transformator:

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

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 Kurzschluss gegen Erde:

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

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

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

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

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

2. Leitungsgleichungen (24 Punkte)

Gegeben ist ein 110kV-Drehstromfreileitungssystem in einem 50Hz-Netz und der Länge 200 km mit folgenden Parametern:

$$R' = 0,12 \frac{\Omega}{\text{km}}; \quad L' = 1,1 \frac{\text{mH}}{\text{km}}; \quad G' = 44 \frac{\text{nS}}{\text{km}}; \quad C' = 9,3 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

- a. (6) Berechnen Sie die **Ausbreitungskonstanten**, den **Wellenwiderstand** und die **natürliche Leistung** der Leitung.

Die Leitung wird am Ende mit einer ohmschen Last belastet, die bei Nennspannung eine Wirkleistung von 228,3 MW bezieht.

- b. (3) Berechnen Sie die angeschlossene **Resistanz** am Ende der Leitung.
 c. (4) Berechnen Sie die **Scheinleistung** (komplex) am Leitungsanfang wenn die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_1 = (76,78 + j73,45) \Omega$ beträgt.
 d. (4) Berechnen Sie für die **Spannung** am Leitungsende **Betrag** und **Winkel**. Wird eine **Kompensation benötigt** (mit Begründung)?

Hinweis: verwenden Sie

$$\cosh(\gamma l) = (0,934 + j0,0072)$$

$$\sinh(\gamma l) = (0,0188 + j0,157)$$

- e. (4) Welchen Wert müsste die **Impedanz** (komplex) des **Verbrauchers** am Leitungsende aufweisen, damit die Spannung am Leitungsende nicht mehr als 10 % vom Nennwert abweicht?
 f. (3) Begründen Sie, welche **Betriebsmittel** im Falle einer Leitungskompensation des oberen Lastzustandes verwendet werden müssten, damit die Spannung am Leitungsende genau der Nennspannung entspricht? Gehen Sie auch auf die **Ver-schaltung** der Betriebsmittel im Netz ein!

3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Solarkraftwerks

Das Sonnenwärmekraftwerk Ivanpah in der Mojave-Wüste (Kalifornien, USA) weist folgende Kenndaten auf:

Ges. Nennleistung:	377 MW
jährlicher Energieertrag:	1.079 GWh/a
jährliche Lohnzahlungen:	6 Mio. \$/a
jährliche Erhaltungskosten:	2,2 Mio. \$/a
Errichtungskosten:	2.200 Mio. \$

Von den Errichtungskosten werden 1.600 Mio. \$ durch einen Förderkredit des US-Energieministeriums mit einem Zinssatz von 5% und einer Laufzeit von 25 Jahren gedeckt. Das Errichtungskonsortium rechnet mit einem Gesamtgewinn von 3.000 Mio. \$ bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 7%.

- (3) Wie hoch sind die **Volllaststunden** für dieses Kraftwerk?
- (5) Wie hoch sind die **jährlich fälligen Zahlungen** (Rückzahlung Förderkredit + laufende Kosten)?
- (9) Wie hoch ist der **Barwert am Ende der Abschreibdauer** (der Restwert nach Laufzeitende soll vernachlässigt werden, die Anzahlung (Rest der Investitionskosten) wird zum Zeitpunkt der Errichtung getätigt)?
- (7) Wie hoch muss der **Energiepreis** (in \$/kWh) der gelieferten Energie mindestens sein, damit der erwartete Gewinn am Ende der Abschreibdauer erwirtschaftet wird?

Hinweis: es muss durch die Erträge über die Laufzeit einerseits der Gewinn als auch der Barwert erwirtschaftet werden: $E_{25} = G + B_{25}$. Die jährlichen Erträge (jährliche Energiemenge mal Energiepreis) sind wie jährliche Zahlungen zu behandeln!

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

- Reserven
- Ressourcen
- statische Reichweite

2. 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

3. 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

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

- Transformatoren
- Motoren
- Generatoren

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. Wie verhält sich ein übererregter Synchrongenerator bezüglich seiner Blindleistung?

- Wie eine Kapazität
- Wie eine Induktivität
- Wie ein Widerstand

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

- Die Primärregelung
- Die Sekundärregelung
- Die Tertiärregelung

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

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

9. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt das Wechselglied ab?

- Beim generatorfernen Kurzschlussstromverlauf
- Beim generatornahen Kurzschlussstromverlauf
- Beim Stoßkurzschlussstrom

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

- Die leistungsabhängigen Kosten
- Die arbeitsabhängigen Kosten
- Die Brennstoffkosten

11. 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

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

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

13. 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

14. 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

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

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

16. Bei welcher Phasenlage zwischen sinusförmigem Strom- und Spannungsverlauf wird die Wirkleistung maximal?

- Wenn der Strom der Spannung 90° vorseilt
- Wenn Strom und Spannung gleiche Phasenlage haben
- Wenn der Strom der Spannung 90° nacheilt

17. Kann der einpolige Fehlerstrom größer als der dreipolige Fehlerstrom sein?

- Ja
- Nein

18. 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

19. Vereinfachend dargestellt ist die Prognoseabweichung einer Regelzone

- Regelenergie
- Ausgleichsenergie
- Netzverlustenergie

20. 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

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

- Das Niederspannungsnetz
- Mittelspannungsnetze
- Das Höchstspannungsnetz

22. 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 Fehlereintrittes gerade seinen maximalen Wert hätte
- Wenn der Strom unmittelbar vor Fehlereintritt gerade seinen maximalen Wert hatte