

2. Lastfluss- und Kurzschlussbetrachtung (24 Punkte)

Gegeben sei folgende Anordnung:



<u>Ersatz-Generator:</u>	$U_N = 110 \text{ kV}$, $S_N = 500 \text{ MVA}$, $x_d = 150 \%$, $x_d'' = 26 \%$,
<u>Transformator T1:</u>	$U_1/U_2 = 110 \text{ kV}/20 \text{ kV}$, $S_N = 5 \text{ MVA}$, $P_k = 0,07 \text{ MW}$, $u_k = 7 \%$
<u>Transformator T2:</u>	$U_1/U_2 = 20 \text{ kV}/0,4 \text{ kV}$, $S_N = 630 \text{ kVA}$, $P_k = 10 \text{ kW}$, $u_k = 6 \%$
<u>Freileitung L1:</u>	$l = 10 \text{ km}$, $R' = 0,7 \Omega/\text{km}$, $X' = 0,4 \Omega/\text{km}$
<u>Kabel L2:</u>	$l = 0,5 \text{ km}$, $R' = 0,3 \Omega/\text{km}$, $X' = 0,1 \Omega/\text{km}$

Lastflussberechnungen:

- (10) Berechnen sie alle **relevanten Resistenzen und Reaktanzen** aller Elemente der obigen Netzkonfiguration bezogen auf die Spannungsebene im Verknüpfungspunkt V. Verwenden Sie für den Ersatz-Generator die bezogene stationäre Reaktanz x_d .
- (5) Die Spannung an Sammelschiene SS4 wird auf 100% konstant gehalten. Bestimmen sie die **Spannung im Verknüpfungspunkt V** in Prozent, wenn am Verknüpfungspunkt V eine symmetrische 3-phasige Last mit $R_L = 7,5 \Omega$ pro Phase in Sternschaltung angeschlossen ist.

Kurzschlussberechnungen:

Hinweis: Für die folgenden Punkte können die Berechnung aus Punkt a teilweise herangezogen werden):

- (6) Berechnen sie die wirksame **Gesamtimpedanz im Fall eines dreipoligen Kurzschlusses** und **Kurzschlussleistung** im Verknüpfungspunkt V. Verwenden Sie für den Ersatz-Generator die bezogene subtransiente Reaktanz x_d'' . Der Sicherheitsfaktor ist mit $c = 1,0$ anzunehmen.
- (3) Berechnen Sie den **dreiphasigen Anfangs-Kurzschlussstrom** mit dem Sicherheitsfaktor $c = 1,1$, wenn der Kurzschluss auf der Sammelschiene SS1 auftritt!

3. Wirtschaftlichkeitsrechnung (24 Punkte)

Für eine Photovoltaikanlage soll von einer jährlichen Volllaststundenzahl von $T_m = 950 \text{ h/a}$ ausgegangen werden. Die jährlichen leistungsabhängigen **Betriebskosten** werden mit **1%** der spezifischen Investitionskosten angesetzt.

Für Kleinanlagen liegt laut des Förderprogrammes in **Deutschland** im Jahr 2017 der Vergütungssatz bei **12,3 ct/kWh**. Diese Förderung wird über **20 Jahre** ausbezahlt.

- a. (6) Berechnen Sie die **maximalen Investitionskosten pro kW**, sodass die Anlage über den Förderzeitraum eine Rendite von 7% erzielt.

In **Österreich** werden Photovoltaikanlagen mit **7,91 ct/kWh** über einen Zeitraum von **13 Jahren** im Jahr 2017 gefördert und für die Errichtung der Anlage ein Investitionszuschuss in Höhe von **375 €/kW** gewährt.

- b. (6) Berechnen Sie die **maximalen Investitionskosten pro kW** in Österreich, sodass die Anlage über den Förderzeitraum eine Rendite von 7% erzielt.
- c. (3) In welchem Land, Deutschland oder Österreich, ist die Fördersituation im Jahr 2017 besser? (mit Begründung)

An guten Standorten wird im Jahr 2017 **Windkraft** in den **ersten fünf Jahren** mit **8,95 ct/kWh** gefördert. Ab dem sechsten bis in das 20. Jahr wird die Grundvergütung von **5,02 ct/kWh** bezahlt. Die Investitionskosten betragen **800 €/kW**. Die Betriebskosten der Windkraftanlagen sollen hier nicht berücksichtigt werden.

- d. (9) Wie hoch muss die **Volllaststundenzahl** einer Windkraftanlage sein, damit die Windkraftanlage ebenfalls die gleiche Rendite von 7% wie eine Photovoltaikanlage erzielt.

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
- Erden und kurzschließen
- Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)
- 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 Fehlereintrittes 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 Francisturbine
- Eine Peltonturbine



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