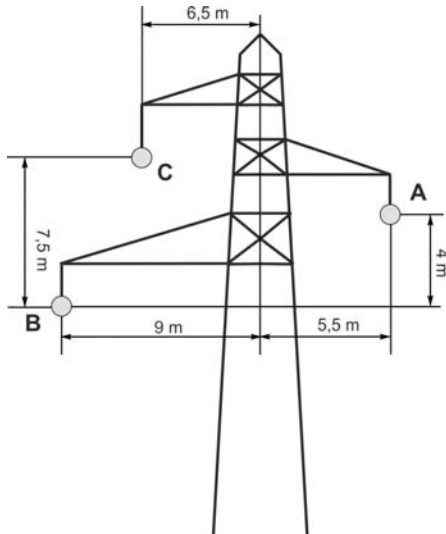


Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 10.10.2017

Name/Vorname: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Matr.-Nr./Knz.: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

1. Betriebsparameter einer 380kV-Leitung (24 Punkte)



Für eine 380 kV-Leitung in einem 50 Hz Netz mit **3er-Bündeln** und einem Mastbild wie in der Abbildung sollen verschiedene Betriebsparameter ermittelt werden. Es wird angenommen, dass die Leitung über ihre Länge **verdrillt** und damit symmetriert wird.

Querschnitt Einzelleiter: 242,5 mm<sup>2</sup>  
 Leiterabstand a im Bündel: 30 cm  
 Anzahl Leiter im Bündel: 3  
 Länge der Leitung: 127 km

Dauerstrombelastbarkeit (Einzelleiter): 585 A  
 Gleichstromwiderstand (Einzelleiter): 0,1373 Ω/km  
 Stromverdrängungsfaktor bei 50 Hz:  $k_v = 1,2$

Abbildung nicht maßstäblich!

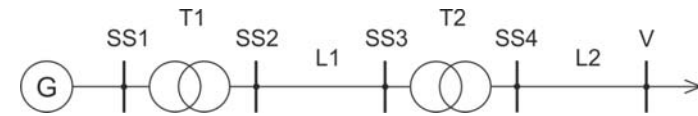
- Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebsinduktivität** der Leitung?
- Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebskapazität** der Leitung?
- Wie groß ist die komplexe **Ausbreitungskonstante  $\underline{y}$**  unter der zusätzlichen Annahme, dass  $G' = 0 \frac{S}{km}$ ? Verwenden Sie die Näherung für die Dämpfungs- und Phasenkonstante ( $R' \ll \omega L', G' \ll \omega C'$ ):

$$\alpha \approx \frac{R'}{2} \sqrt{\frac{C'}{L'}} + \frac{G'}{2} \sqrt{\frac{L'}{C'}} \quad \beta = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda} \approx \omega \sqrt{L'C'}$$

- Wie groß ist die **natürliche Leistung** der Leitung, wenn sie als verlustlose Leitung betrachtet wird ( $R' = 0 \Omega/km, G' = 0 S/km$ )?
- Die verlustlose Leitung sei mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen. Welcher **Spannungsbetrag** stellt sich am Ende der Leitung ein, wenn sie am Beginn mit Nennspannung betrieben wird?

2. Lastfluss- und Kurzschlussbetrachtung (24 Punkte)

Gegeben sei folgende Anordnung:



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

Lastflussberechnungen:

- 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  $x_d$ .
- Die Spannung an Sammelschiene SS4 wird auf 100% konstant gehalten. Bestimmen sie die **Spannung im Verknüpfungspunkt V** in Prozent, wenn am Verknüpfungspunkt V 3 Lasten  $R_{L12} = R_{L23} = R_{L31} = 6 \Omega$  in Dreieckschaltung angeschlossen sind.

Kurzschlussberechnungen:

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

- Berechnen sie die wirksame **Gesamtipedanz 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.
- Berechnen Sie den **dreiphasigen Anfangs-Kurzschlussstrom** mit dem Sicherheitsfaktor  $c = 1,1$ , wenn der Kurzschluss auf der Sammelschiene SS1 auftritt!

**3. Barwertvergleich von Leitungssystemen (24 Punkte)**

Für die Anbindung eines Windparks an das öffentliche Netz soll der Netzbetreiber eine Leitungsanbindung auswählen. Nach der Erfüllung der technischen Anschlussbedingungen von zwei unterschiedlichen Leitungssystemen soll nun die Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Zur Auswahl stehen eine Freileitung und ein Kabel mit folgenden Kenndaten:

Leistungsdaten

Länge	30 km
Lebensdauer	25 a (Jahre)
Zinssatz	5%

	<u>110kV Freileitung</u>	<u>110kV Kabel</u>
Errichtungskosten	200 000 €/km	380 000 €/km
Jährliche Wartungskosten	2 000 €/(km a)	600 €/(km a)

Verluste:

Max. auftretende Verlustleistung	380 W/m	110 W/m
Leistungspreis	125 €/(kW a)	125 €/(kW a)
Jährliche Energieverluste (Arbeitskomponente)	942,576 kWh/m	259,296 kWh/m

Der Netzbetreiber muss jährlich Aufwendungen für die Wartung und Verluste zahlen. Die Verlustkosten setzen sich aus der Leistungskomponente und Arbeitskomponente (Energiekomponente) zusammen. Die Energieverluste werden in den ersten 9 Jahren des Betrachtungszeitpunkts mit einem Arbeitspreis von 9,1 ct/kWh verrechnet und in den restlichen 16 Jahren mit 6,2 ct/kWh.

Hinweis: Die Investitionskosten fallen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Leitungssystems an.

- (2) Wie groß sind die **jährlichen Energieverluste** für beide Leitungssysteme?
- (3) Wie groß sind die **jährlichen Aufwendungen** für den leistungsabhängigen Anteil der Verlustkosten für beide Leitungssysteme?
- (6) Wie groß sind die **jährlichen Zahlungen** für den Betrieb beider Leitungssysteme in den ersten 9 Jahren und in den restlichen 16 Jahren?
- (8) Wie groß ist der **Barwert der 110kV Freileitung** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme?
- (3) Wie groß ist der **Barwert des 110kV Kabels** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme?
- (2) Welches Leitungssystem ist **wirtschaftlich günstiger**?

**4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)**

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

- \_\_\_ Spannungsfreiheit allpolig feststellen
- \_\_\_ Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)
- \_\_\_ Erden und kurzschließen
- \_\_\_ Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- \_\_\_ 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 bezeichnet man die sicher nachgewiesenen und mit bekannter Technologie wirtschaftlich gewinnbaren Vorkommen fossiler Energieträger in der Erdkruste?

- Reserven  
 Ressourcen  
 statische Reichweite

2. Welche Wasserturbine kann auch als Pumpe verwendet werden?

- Die Kaplan turbine  
 Die Francisturbine  
 Die Peltonturbine

3. 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)

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

- Im Siedewasserreaktor  
 Im Druckwasserreaktor  
 In keinem der beiden Reaktortypen

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

- Transformierbarkeit  
 Keine Blindleistung  
 Konstante Augenblicksleistung

6. 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  $110\text{kV}/\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}$

7. 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

8. 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

9. Welche Größen sind bei der Lastflussrechnung am Slackknoten vorgegeben?

- Spannung U und Spannungswinkel  $\delta$   
 Wirkleistung P und Blindleistung Q  
 Wirkleistung P und Spannung U

10. 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

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

- Die leistungsabhängigen Kosten  
 Die arbeitsabhängigen Kosten  
 Die Brennstoffkosten

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

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

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. Welche Form der Energiewandlung verwendet keine rotierenden elektrischen Maschinen zur Erzeugung elektrischer Energie?

- Die Photovoltaik
- Die Wasserkraft
- Die Kraft-Wärme-Kopplung in Blockheizkraftwerken

15. 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

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

- Wenn der Strom der Spannung  $90^\circ$  voraus- oder nacheilt
- Wenn Strom und Spannung gleiche Phasenlage haben
- Wenn der Strom der Spannung  $180^\circ$  voraus- oder nacheilt

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

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

18. Die Generatoren eines Kraftwerkes, das an ein 50Hz-Netz angeschlossen ist, haben eine Polpaarzahl von 10. Welche synchrone Drehzahl haben die Generatoren?

- 300 Umdrehungen/min
- 500 Umdrehungen/min
- 600 Umdrehungen/min

19. Was ist in etwa der typische Wert für die Volllaststunden einer Photovoltaikanlage in Österreich?

- 1000 h/a
- 2500 h/a
- 4000 h/a
- 8760 h/a

20. Welcher Anteil der in einem Windstrom enthaltenen kinetischen Leistung kann durch einen Konverter entnommen werden (Betz'scher Wert)?

- 16,3%
- 50%
- 59,3%

21. Um welchen Winkel sind die Primär- und Sekundärspannungen eines Dy11-Transformators gegeneinander verdreht?

- Um  $11^\circ$
- Um  $330^\circ$
- Gar nicht. Nur die Ströme werden verdreht.

22. 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