

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 21.01.2019

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

1. Thermische Auslegung eines Erdkabels (24 Punkte)

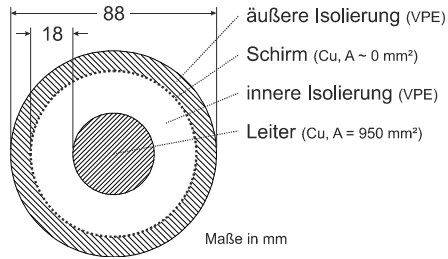
Gegeben ist ein 220kV Kupferkabel mit einem Aufbau gemäß Abbildung rechts.

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

Die spezifischen thermischen Widerstände betragen

$$\rho_{W, VPE} = 3,5 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}}$$

$$\rho_{W, \text{Erdreich}} = 2,0 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}} \rightarrow \text{Hinweis: Das umgebende, trockene Erdreich wird bis zu einem Radius von 50 cm betrachtet!}$$



Der spezifische elektrische Widerstand von Kupfer beträgt $\rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, der Stromverdrängungsfaktor für die Nennfrequenz (50Hz) sei 1,25.

- a. (6) Wie groß ist der **spezifische thermische Gesamtwiderstand**? Zeichnen Sie das thermische **Ersatzschaltbild** für den Wärmestrom.
- b. (3) Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 70°C?
- c. (3) Wie groß ist die bezogene **Betriebskapazität** des Kabels ($\epsilon_r, VPE = 2,4$)?

Mit dem Kabel aus den obigen Punkten wird ein 220kV-Dreiphasensystem mit drei (3) Einleiter-Kabel aufgebaut, die sich thermisch nicht beeinflussen:

- d. (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** dieses Dreiphasensystems.
- e. (6) Wie groß sind der **bezogene Ladestrom** und die **bezogene Ladeleistung** dieses Dreiphasensystems?
- f. (3) Das Dreiphasensystem habe eine Länge von 50km. Wie groß ist die kapazitive **Blindleistung** des leerlaufenden Systems? Dieser Wert soll auf 40% reduziert werden. Wie groß ist die dafür notwendige **Induktivität**?

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

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:

$$U_1/U_2 = 110 \text{ kV}/20 \text{ kV}, S_N = 5 \text{ MVA}, P_k = 0,07 \text{ MW}, u_k = 7 \%$$

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:

$$l = 10 \text{ km}, R' = 0,7 \Omega/\text{km}, X' = 0,4 \Omega/\text{km}$$

Kabel L2:

$$l = 0,5 \text{ km}, R' = 0,3 \Omega/\text{km}, X' = 0,1 \Omega/\text{km}$$

Lastflussberechnungen:

- a. (10) Berechnen sie alle **relevanten Resistanzen 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 .
- b. (5) Die Spannung an Sammelschiene SS3 wird auf 100% konstant gehalten. Bestimmen sie die **Spannung im Verknüpfungspunkt V** in Prozent, wenn am Verknüpfungspunkt V eine symmetrische 3-phasige Last mit $R_L = 7,5 \Omega$ jeweils zwischen den Phasen in **Dreieckschaltung** angeschlossen ist.

Kurzschlussberechnungen:

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

- c. (4) Berechnen Sie die wirksame **Gesamtimpedanz im Fall eines dreipoligen Kurzschlusses** im Verknüpfungspunkt V. Verwenden Sie für den Ersatz-Generator die bezogene subtransiente Reaktanz x_d'' .
- d. (2) Berechnen Sie die **Kurzschlussleistung** im Verknüpfungspunkt V mit der wirksamen Gesamtimpedanz aus dem Punkt c. Der Sicherheitsfaktor ist mit $c = 1,1$ anzunehmen.
- e. (3) Berechnen Sie den **dreiphasigen Anfangs-Kurzschlusswechselstrom** mit dem Sicherheitsfaktor $c = 1,1$, wenn der Kurzschluss auf der Sammelschiene SS2 auftritt. Bei der Berechnung der wirksamen Gesamtimpedanz können die Resistanzen vernachlässigt werden.

3. Wirtschaftlichkeitsrechnung eines Solarkraftwerks (24 Punkte)

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

Ges. Nennleistung:	375 MW
jährlicher Energieertrag:	1.076 GWh/a
jährliche Lohnzahlungen:	5,5 Mio. \$/a
jährliche Erhaltungskosten:	2,3 Mio. \$/a
Errichtungskosten:	2.220 Mio. \$

Von den Errichtungskosten werden 1.620 Mio. \$ durch einen Förderkredit des US-Energieministeriums mit einem Zinssatz von 2,5% und einer Laufzeit von 25 Jahren gedeckt. Das Errichtungskonsortium rechnet mit einem Gesamtgewinn von 3.050 Mio. \$ bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 5%.

- (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: Der Barwert der kumulierten jährlichen Erträge bezogen auf das Ende der Laufzeit muss dem Barwert der Aufwendungen am Ende der Laufzeit aus Punkt c entsprechen.

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

- ___ Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)
- ___ Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- ___ Gegen Wiedereinschalten sichern
- ___ 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. Wie hoch ist die Nennfrequenz im österreichischen elektrischen Energiesystem?

- 50Hz
 60Hz
 100Hz

3. Welche Wasserturbine ist in diesem Bild dargestellt?

- Eine Kaplan turbine
 Eine Francisturbine
 Eine Peltonturbine



4. Auf welche Drehzahl beschleunigt eine Peltonturbine, wenn der Generator vom Netz getrennt wird?

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

5. 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

6. 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

7. Was ist ein Vorteil von symmetrischen Drehstromsystemen gegenüber einphasigen Wechselstromsystemen?

- Transformierbarkeit
 Keine Blindleistung
 Konstante Augenblicksleistung

8. Welche Betriebsmittel verhalten sich im Mit- und Gegensystem deutlich unterschiedlich?

- Leitungen
 Transformatoren
 Generatoren

9. Welchen Effektivwert haben die Leiter-Leiter-Spannungen in einem symmetrischen 110kV -Netz?

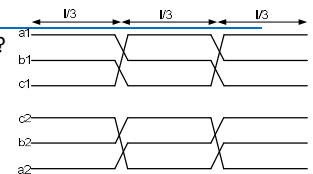
- Etwa $110\text{kV} \cdot \sqrt{2}$
 Etwa 110kV
 Etwa $110\text{kV}/\sqrt{3}$
 Etwa $110\text{kV}/\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}$

10. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

11. Auf welche Art ist die dargestellte Doppelleitung verdreht?

- α -Verdrillung
 β -Verdrillung
 γ -Verdrillung



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. Welche Art von Schaltern kann Lastströme ausschalten?

- Nur Trennschalter
 Nur Lastschalter
 Nur Leistungsschalter
 Last- und Leistungsschalter

14. 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

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

- Spannung U und Spannungswinkel δ
 Wirkleistung P und Blindleistung Q
 Wirkleistung P und Spannung U

16. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt das Wechselglied ab?

- Beim generatorfernen Kurzschlussstromverlauf
 Beim generatornahen Kurzschlussstromverlauf
 Beim Stoßkurzschlussstrom

17. 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 $\sqrt{3}$

18. Wie verhält sich ein untererregter Synchrongenerator bezüglich seiner Blindleistung?

- Wie eine Kapazität
 Wie eine Induktivität
 Wie ein Widerstand

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

- Die Wirkleistung
 Die Blindleistung

20. 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

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

- Die Primärregelung
 Die Sekundärregelung
 Die Tertiärregelung

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

- Der Regelzonenführer
 Der Netzbetreiber
 Der Bilanzgruppenkoordinator

23. 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

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

- Die leistungsabhängigen Kosten
 Die arbeitsabhängigen Kosten
 Die Brennstoffkosten