

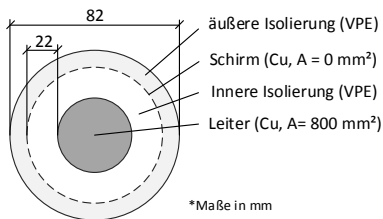
Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 21.06.2017

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

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

$$\rho_{W, VPE} = 3,5 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}} \quad \rho_{W, \text{Erdreich}} = 2,0 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}} \quad r_{\text{Erdreich}} = 50\text{cm}$$

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

- a. (6) Wie groß ist der **spezifische thermische Gesamtwiderstand**? Zeichnen Sie das thermische **Ersatzschaltbild** für den Wärmestrom.
- b. (4) Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 72C°?
- c. (2) Wie groß ist die bezogene **Betriebskapazität** des Kabels ($\epsilon_r, VPE = 2,34$)?

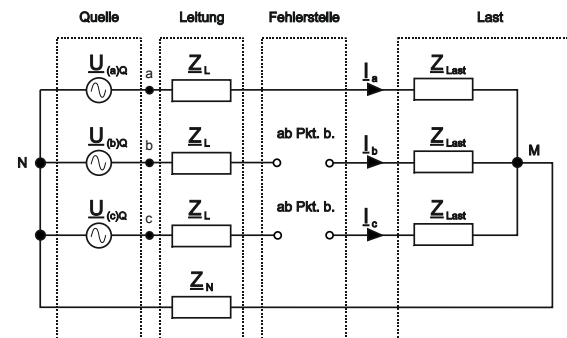
Hinweis: Die folgenden Teilaufgaben können unabhängig von den oben stehenden Teilaufgaben bearbeitet werden.

Mit dem Kabel aus den obigen Punkten wird ein 220kV-Dreiphasensystem mit drei (3) Einleiter-Kabel aufgebaut, die sich thermisch nicht beeinflussen. Gehen Sie dabei davon aus, dass die Dauerstrombelastung 1,4 kA beträgt und die bezogene Betriebskapazität 150 nF/km beträgt.

- d. (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** dieses Dreiphasensystems.
- e. (5) Wie groß sind der **bezogene Ladestrom** und die **bezogene Ladeleistung** dieses Dreiphasensystems?
- f. (4) Das Dreiphasensystem habe eine Länge von 50km. Wie groß ist die kapazitive **Blindleistung** des leerlaufenden Systems? Dieser Wert soll auf 45% reduziert werden. Wie groß ist die dafür notwendige **Induktivität**?

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

2. Leitungsunterbrechung (24 Punkte)



Gegeben ist folgendes Drehstromsystem:

Spannungsquelle (sym.):

$$U_N = 400 \text{ V verkettert}$$

Leitung:

$$Z_L = (2 + j \cdot 1) \Omega$$

$$Z_N = (2 + j \cdot 1) \Omega$$

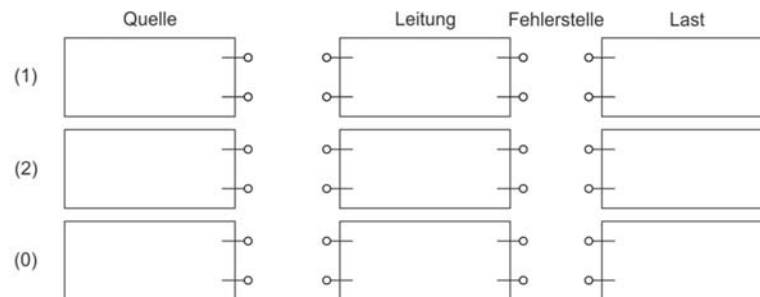
Last:

$$Z_{\text{Last}} = (20 + j \cdot 5) \Omega$$

- a. (4) Ermitteln Sie **Null-, Mit- und Gegenimpedanzen** ($Z_{(0)}, Z_{(1)}, Z_{(2)}$) von Leitung und Last.

Durch einen Fehler tritt eine Phasenunterbrechung zwischen Leiter und Last in Phase b und Phase c auf.

- b. (3) Geben Sie allgemein die **Phasenströme und Phasenspannungsdifferenzen** an der Fehlerstelle an.
Hinweis: der Fehlerfall ist bereits in obiger Abbildung eingezeichnet!
- c. (3) Leiten Sie die **Fehlerbedingung** für die **Komponentenströme** her.
- d. (5) Vervollständigen Sie das **Schaltbild für die Komponentendarstellung**, zeichnen Sie **alle Komponenten** (Ersatzspannungsquellen und Impedanzen) ein und schreiben Sie die **Fehlerbedingung der Differenzen der Komponentenspannungen** an.



- e. (3) Wie groß sind die drei **Komponentenströme** $I_{(0)}, I_{(1)}$ und $I_{(2)}$? (**komplexe Darstellung**)

Verwenden Sie für die folgenden Punkte die Komponentenströme

$$I_{(0)} = I_{(1)} = I_{(2)} = (2,96 - j \cdot 0,86) \text{ A}$$

- f. (3) Wie groß sind die drei **Phasenströme** I_a, I_b und I_c ? (**komplexe Darstellung**)
- g. (3) Wie groß sind die die **Differenzen der Komponentenspannungen** $\Delta U_{(0)}, \Delta U_{(1)}$ und $\Delta U_{(2)}$? (**komplexe Darstellung**)

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich Vergleich GUD und LKW (24 Punkte)

In einem Energieversorgungsnetz werden zusätzliche Kraftwerke gebaut. Die folgenden zwei Kraftwerkstypen sind zu vergleichen:

	GuD-Kraftwerk	Laufwasserkraftwerk
spezifische Errichtungskosten	500 €/kW _{el}	2800 €/kW _{el}
Zinssatz	6 %	5 %
Ausbauleistung	250 MW _{el}	250 MW _{el}
leistungsabhängige Kosten	95 €/kW _{el} a	87 €/kW _{el} a
Brennstoffkosten	0,30 €/m ³ Erdgas	0 €/kWh
Gesamtwirkungsgrad	60 %	88 %
betriebsabhängige Kosten	0,001 €/kWh _{el}	0 €/kWh
Volllaststundenzahl	5000 h/a	4000 h/a
Nutzungsdauer	25 a	40 a

Hinweis: Heizwert von Erdgas $H_u = 35,8 \text{ MJ/m}^3$

- (7) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **GuD-Kraftwerk**?
- (6) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **Laufwasserkraftwerk**?
- (5) Bedingt durch sehr kalte Winter und unerwartete Reparaturen erreicht das Laufwasserkraftwerk nicht seine Sollstundenanzahl von 4000 h/a. **Unter welche Volllaststundenzahl** darf das Laufkraftwerk **nicht sinken** um noch günstiger als das GuD-KW (dieses bleibt bei 5000 h/a Volllaststunden) produzieren zu können?
- (3) **Zeichnen** Sie qualitativ richtig (mit min. drei Stützpunkten) die beiden **Stromgestehungskosten in Abhängigkeit** der **Volllaststunden**. Achsenbeschriftung nicht vergessen!
- (3) Der Preis für Grundlast soll bei 0,065 €/kWh liegen. **Welches der Kraftwerke** wäre basierend auf diesem Preis und für die gegebene Nutzungsdauer **wirtschaftlicher** (kurze Begründung)?

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

- Im Siedewasserreaktor
 Im Druckwasserreaktor
 In keinem der beiden Reaktortypen

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

- Transformierbarkeit
 Keine Blindleistung
 Konstante Augenblicksleistung

5. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

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

- Die Wirkleistung
 Die Blindleistung

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

- Die Primärregelung
 Die Sekundärregelung
 Die Tertiärregelung

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 an einem PV-Knoten vorgegeben?

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

10. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt das Wechselglied ab?

- Beim generatorfernen Kurzschlussstromverlauf
 Beim generatornahen Kurzschlussstromverlauf
 Beim Stoßkurzschlussstrom

11. 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

12. 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

13. 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

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

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

15. 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

16. In einem Verbundsystem, das aus den drei Regelzonen A, B und C besteht, kommt es in der Regelzone A zu einem ungeplanten Ausfall eines Kraftwerkes, das zuvor mit voller Leistung eingespeist hat.

Wie verhält sich die Frequenz im Verbundsystem?

- Die Frequenz steigt an
- Die Frequenz sinkt ab
- Die Frequenz bleibt konstant

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Primärregelung?

- Nur die Regelzone A
- Nur die Regelzonen B und C
- Alle Regelzonen gemeinsam

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Sekundärregelung?

- Nur die Regelzone A
- Nur die Regelzonen B und C
- Alle Regelzonen gemeinsam

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

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

18. 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

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

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

20. 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

21. Wie verhält sich die Geschwindigkeit des Wasserstrahls auf eine Peltonturbine, wenn die Leistung durch Reduzieren des Volumenstroms gesenkt wird.

- Die Geschwindigkeit wird kleiner
- Die Geschwindigkeit bleibt gleich
- Die Geschwindigkeit wird höher

22. Bei welcher Art der Sternpunktbehandlung treten üblicherweise die größten Erdschlussströme auf?

- Bei isoliertem Sternpunkt
- Bei kompensiertem Sternpunkt
- Bei geerdetem Sternpunkt