

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

Allgemeine Hinweise: Kennzeichnen Sie Ihre Ergebnisse eindeutig. Ergebnisse müssen aus **Zahlenwert** und **Einheit** bestehen und bei Wechselstromsystemen in **komplexer Form** (Komponenten- oder Polardarstellung) angegeben werden, wenn nicht anders gefragt ist.

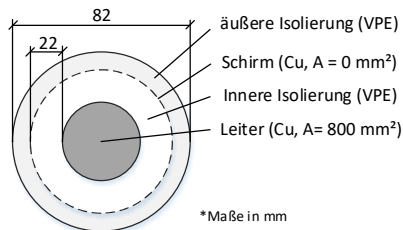
1. Thermische Auslegung eines Erdkabels (26 Punkte)

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.

Spezifische thermische Widerstände:

$$\rho_{W, VPE} = 3,5 \frac{K \cdot m}{W}, \rho_{W, Erdreich} = 2,0 \frac{K \cdot m}{W}$$



Hinweis: Das umgebende, trockene Erdreich wird bis zu einem Radius von 50 cm betrachtet!

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

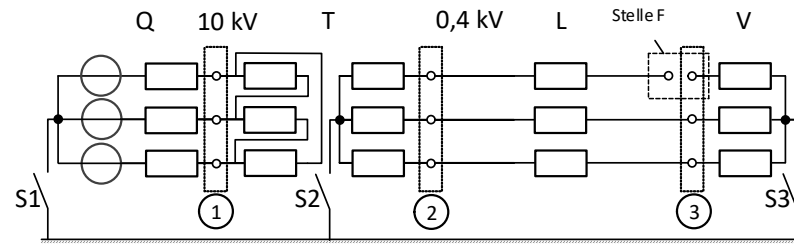
- (2) Zeichnen Sie das **thermische Ersatzschaltbild** für den Wärmestrom vom Leiter ins Erdreich.
- (5) Wie groß ist der **spezifische thermische Gesamt Widerstand**?
- (4) Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 81C°?
- (2) Wie groß ist der **längenbezogene Kapazitätsbelag** (Betriebskapazität) des Kabels ($\epsilon_r, VPE = 2,34$)?

Hinweis: Die folgenden Teilaufgaben können unabhängig von den obenstehenden 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 Betriebskapazität 150 nF/km beträgt.

- (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** dieses Dreiphasensystems.
- (3) Wie groß ist der **längenbezogene Ladestrom** eines Einzelleiters?
- (2) Wie groß ist die **längenbezogene Ladeleistung** dieses Dreiphasensystems?
- (5) Das Dreiphasensystem soll eine Länge von 45km haben. 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 des Kabels und werden daher mit Nennspannung betrieben

2. Einphasige Leitungsunterbrechung in einem isoliert betriebenen Drehstromsystem (26 Punkte)



Netzspeisung Q $U_N = 10 \text{ kV}; S_k = 1,2 \text{ MVA}; c_{S_k}'' = 1,1; R/X = 0$; alle Sternpunkte offen; $c = 1$; Spannungen sind symmetrisch

Transformator T DY5 ; $U_1/U_2 = 10 \text{ kV}/0,4 \text{ kV}$; $S_N = 500 \text{ kVA}$; $P_k = 0 \text{ W}$; $u_k = 6 \%$; $X_{T(0)} = 7,5 \Omega$; Sternpunkt offen

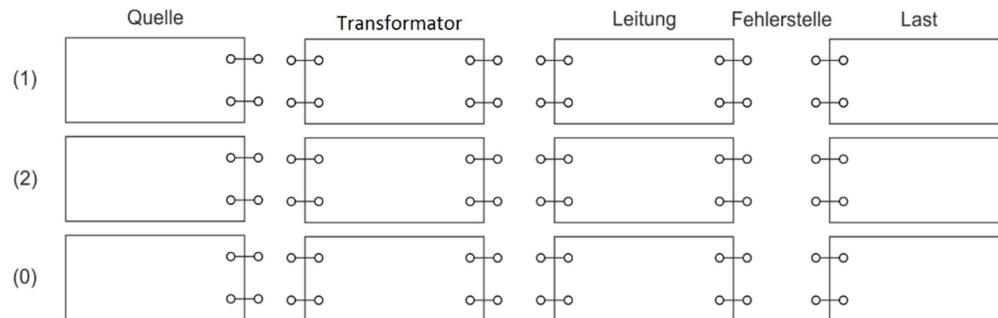
Leitung L Länge = 0,5 km; $R_{(1)}' = 0,4 \Omega/\text{km}$; $X_{(1)}' = 0,1 \Omega/\text{km}$;

Verbraucher V 3-mal \underline{Z} (in Stern) mit $\underline{Z} = jX = j4,5 \Omega$

- (6) Bestimmen Sie die **Elemente der Ersatzschaltung** im Mit-, Gegen- und Nullsystem bezogen auf die Spannungsebene des Verbrauchers V.

Im System tritt eine einphasige Leitungsunterbrechung auf am Ende der Leitung (Stelle F) auf.

- (6) Vervollständigen Sie das **Schaltbild für die Komponentendarstellung**, zeichnen Sie **alle Komponenten** ein und schreiben Sie die **Fehlerbedingung der Differenzen der Komponentenspannungen** an.



- (4) Berechnen Sie die **Komponentenspannungen** $\Delta \underline{U}_{(1)}$, $\Delta \underline{U}_{(2)}$ und $\Delta \underline{U}_{(0)}$ an der Fehlerstelle.
- (5) Bestimmen Sie die **Komponentenströme** $\underline{I}_{(0)}$, $\underline{I}_{(1)}$ und $\underline{I}_{(2)}$ an der Fehlerstelle.
- (5) Wie groß sind die **Phasenströme** I_a , I_b und I_c an der Fehlerstelle?

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich GuD-KW und LWKW (20 Punkte)

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

	GuD-Kraftwerk	Laufwasserkraftwerk
spezifische Errichtungskosten	600 €/kW _{el}	2800 €/kW _{el}
Zinssatz	5 %	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	0,0015 €/kWh _{el}	0 €/kWh
Volllaststundenzahl	5000 h/a	4000 h/a
Geplante Nutzungsdauer	25 a	40 a

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

- (6) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **GuD-Kraftwerk**?
- (6) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** für das **Laufwasserkraftwerk**?
- (3) **Zeichnen** Sie qualitativ richtig die beiden **Stromgestehungskosten in Abhängigkeit der Volllaststunden**. Achsenbeschriftung nicht vergessen!
- (5) Am Ende der geplanten Laufzeit kann das GuD-Kraftwerk noch weiter betrieben werden. Die leistungsabhängigen Kosten erhöhen sich dabei um 5 €/kW_{el}a. Zu welchem **maximalen Preis pro m³ Erdgas** produziert das beschriebene **GuD-Kraftwerk günstiger** als das Laufwasserkraftwerk?

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge und streichen Sie die nicht existierende Sicherheitsregel:

- Erden und kurzschließen
- Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Sicherungen kurzschließen (d.h. allpoliges und allseitiges Überbrücken der Sicherungen)
- 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 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. Eine Wasserkraftanlage kann mit einer Wassermenge Q von $50\text{m}^3/\text{s}$ eine elektrische Leistung von 80MW erzeugen. Welche Höhendifferenz arbeitet die Turbine ungefähr ab?

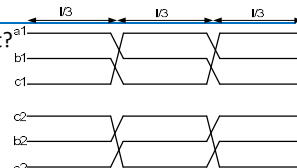
- 8m
 80m
 100m
 200m

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

- Transformatoren
 Motoren
 Generatoren

5. Auf welche Art ist die dargestellte Doppelleitung verdreht?

- α -Verdrillung
 β -Verdrillung
 γ -Verdrillung



6. 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 $\sqrt{3}$

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

- Die Wirkleistung
 Die Blindleistung

8. Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?

- Trennschalter
 Lastschalter
 Leistungsschalter

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

- Spannung U und Spannungswinkel δ
 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 1720 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. Um welchen Winkel sind die Primär- und Sekundärspannungen eines Dy11-Transformators gegeneinander verdreht?

- Um 11°
 Um 330°
 Gar nicht. Nur die Ströme werden verdreht.

12. 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

13. Welches Bauelement kann eingesetzt werden, um eine oberhalb der natürlichen Leistung betriebene Leitung zu kompensieren?

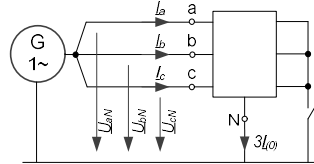
- Eine Drosselspule (Induktivität)
 Eine Kondensatorbatterie (Kapazität)
 Ein Widerstand

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. Welche Komponente der symmetrischen Komponenten wird mit dieser Schaltung bestimmt?

- Das Nullsystem
 Das Mitsystem
 Das Gegensystem
 Raumzeiger und Nullgröße



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

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

18. 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

19. Welcher Wert ist am höchsten und deswegen für die mechanische Auslegung von elektrischen Anlagen maßgebend?

- Der Anfangskurzschlusswechselstrom
 Der Dauerkurzschlusswechselstrom
 Der Stoßkurzschlussstrom

20. Welcher Fehler tritt im elektrischen Energiesystem am häufigsten auf?

- Der einpolige Fehler
 Der zweipolige Fehler
 Der dreipolige Fehler

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

- Bei isoliertem Sternpunkt
 Bei kompensiertem Sternpunkt
 Bei geerdetem Sternpunkt

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