

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 23.11.2016

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

1. Thermische Auslegung eines Erdkabels (24 Punkte)

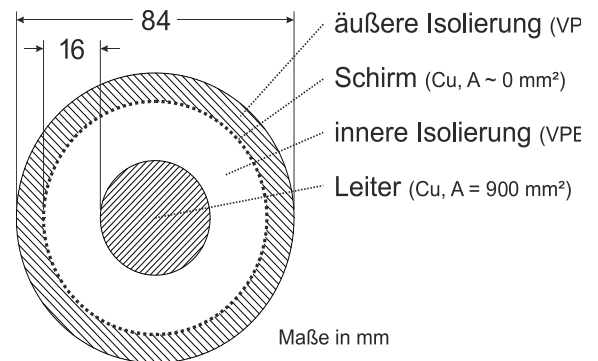
Gegeben ist ein 220kV Kupferkabel mit einem Aufbau gemäß Abbildung rechts.

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

Die spezifischen thermischen Widerstände betragen

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

$$\rho_{W, \text{Erdreich}} = 2,0 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}}$$



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

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

- (6) Wie groß ist der **spezifische thermische Gesamtwiderstand**? Zeichnen Sie das thermische **Ersatzschaltbild** für den Wärmestrom.
- (3) Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 75C?
- (3) Wie groß ist die bezogene **Betriebskapazität** des Kabels ($\epsilon_{r, VPE} = 2,4$)?

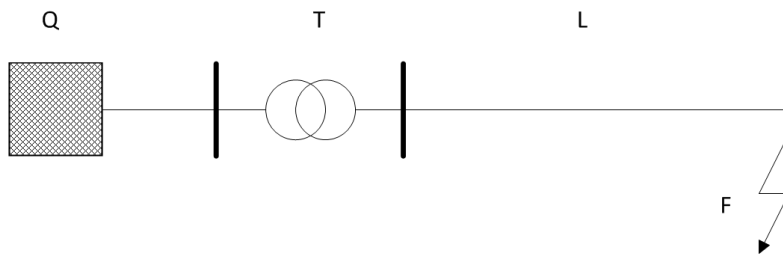
Hinweis: Die folgenden Teilaufgaben können unabhängig von den oben stehenden Teilaufgaben bearbeitet werden.

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 1,5 kA beträgt und die bezogene Betriebskapazität 200 nF/km beträgt.

- (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** dieses Dreiphasensystems.
- (6) Wie groß sind der **bezogene Ladestrom** und die **bezogene Ladeleistung** dieses Dreiphasensystems?
- (3) Das Dreiphasensystem habe eine Länge von 45km. 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 betriebe

2. Dreipoliger Kurzschluss (24 Punkte)



Die **Netzeinspeisung** (50Hz) weist folgende Kenndaten auf:

$$U_{N,Q} = 110 \text{ kV}, S''_{kQ} = 4,5 \text{ GVA (bei } c = 1,1), R_Q / X_Q = 0,2$$

Der **Transformator** weist folgende Kenndaten auf:

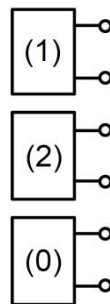
$$\text{YNd5}, U_1/U_2 = 110/30 \text{ kV}, S_N = 40 \text{ MVA}, u_k = 16\%, P_k = 150 \text{ kW}$$

Die **Leitung** weist folgende Kenndaten auf:

$$R'_{(1)} = 0,2 \text{ Ohm/km}, L'_{(1)} = 0,75 \text{ mH/km}, l = 40 \text{ km}$$

Am Ende der Leitung ereignet sich ein **3-poliger Kurzschluss ohne Erdberührung**.

- (3) Berechnen Sie die **Netzimpedanz** (Resistanz und Reaktanz) bezogen auf die Kurzschlussseite (Leitung).
- (6) Berechnen Sie die **Leitungslängsimpedanz** (Resistanz und Reaktanz) und die **Transformatorimpedanz** bezogen auf die Kurzschlussseite (Leitung).
- (3) Zeichnen Sie die korrekte **Verschaltung** der **Komponentensysteme** am Kurzschlussort für den angegebenen Kurzschlussfall in das **untenstehende Diagramm** ein.



Berechnen Sie die folgenden vier Teilaufgaben mit den Werten $Z_{(1)} = Z_{(2)} = 8 \Omega + j13 \Omega$ und

$$Z_{(0)} = 10 \Omega - j 250 \Omega, c = 1,1.$$

- (4) Berechnen Sie den **Strom** im **Mitsystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.
- (1) Berechnen Sie den **Strom** im **Gegensystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.
- (1) Berechnen Sie den **Strom** im **Nullsystem** für den angegebenen Kurzschlussfall.
- (6) Berechnen Sie die drei **Phasenströme** am **Kurzschlussort**.

3. Barwertvergleich (24 Punkte)

In einem Verbundsystem soll ein Kraftwerk zur Erzeugung von Spitzenleistung mit einer Anschlussleistung von 220 MW_{el} und einer jährlichen Einspeisung von 370 GWh errichtet werden.

Zur Auswahl stehen ein Pumpspeicherkraftwerk und ein Gasturbinenkraftwerk. Der Zufluss des Pumpspeicherkraftwerks soll vernachlässigt werden. Ebenso soll der Restwert der Kraftwerke am Ende der Nutzungsdauer vernachlässigt werden. Der Zinssatz beträgt 6 %. Folgende Kenndaten stehen Ihnen zur Verfügung:

	Pumpspeicher-KW	Gasturbinen-KW
spez. Errichtungskosten	3200 €/kW _{el}	1400 €/kW _{el}
Nutzungsdauer	50 a	35 a
Bezugskosten d. Pumpenergie	0,08 €/kWh _{el}	-
Brennstoffkosten	-	0,06 €/kWh _{thermisch}
leistungsabhängige Betriebskosten	32 €/kW _{el} a	25 €/kW _{el} a
arbeitsabhängige Betriebskosten	0,0017 €/kWh _{el}	0,003 €/kWh _{el}
Pumpenwirkungsgrad	85 %	
Turbinenwirkungsgrad	92 %	
Gesamtwirkungsgrad	-	39 %

Hinweise: Die Errichtungskosten fallen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme an und der Betrachtungszeitraum ist die jeweilige Nutzungsdauer der Kraftwerke.

- (9) Wie groß ist der **Barwert des Pumpspeicherkraftwerks** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme in Hinblick auf die Versorgungsaufgabe?
- (8) Wie groß ist der **Barwert des Gasturbinenkraftwerks** zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme in Hinblick auf die Versorgungsaufgabe?
- (5) Nach 35 Jahren wird das Gasturbinenkraftwerk um 25 Mio. € generalsaniert, sodass sich die Nutzungsdauer um weitere 15 Jahre erhöht. Wie groß ist unter diesen Umständen der **Barwert des Gasturbinen-KW zum Zeitpunkt der ursprünglichen Inbetriebnahme?**
- (2) Welches Kraftwerk ist **wirtschaftlich günstiger** bezogen auf die errechneten Barwerte für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren.

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

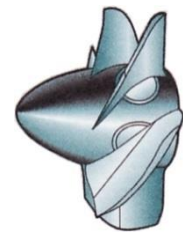
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- Freischalten (d.h. allpoliges Trennen einer elektrischen Anlage von spannungsführenden Teilen)
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit allpolig feststellen

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.

- 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
- Wie bezeichnet man die sicher nachgewiesenen und mit bekannter Technologie wirtschaftlich gewinnbaren Vorkommen fossiler Energieträger in der Erdkruste?
 - Reserven
 - Ressourcen
 - statische Reichweite
- Welche Wasserturbine ist in diesem Bild dargestellt?
 - Eine Kaplan-turbine
 - Eine Francisturbine
 - Eine Peltonturbine
- Welche Wasserturbine kann auch als Pumpe verwendet werden?
 - Die Kaplan-turbine
 - Die Francisturbine
 - Die Peltonturbine
- 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)
- 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
- In welchem Kernreakortyp wird der Primärkühlkreis direkt durch die angetriebene Dampfturbine geführt?
 - Im Siedewasserreaktor
 - Im Druckwasserreaktor
 - In keinem der beiden Reaktortypen



8. 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

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

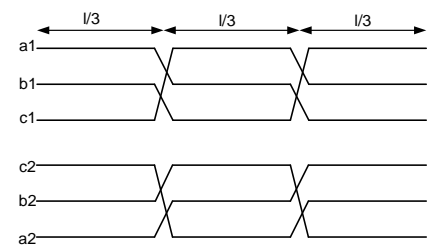
- Transformierbarkeit
- Keine Blindleistung
- Konstante Augenblicksleistung

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

- Transformatoren
- Motoren
- Generatoren

11. Auf welche Art ist die dargestellte Doppelleitung verdrillt?

- α -Verdrillung
- β -Verdrillung
- γ -Verdrillung



12. 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 $110\text{kV}/\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}$

13. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

14. 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 $\sqrt{3}$

15. Wie verhält sich ein übererregter Synchrongenerator bezüglich seiner Blindleistung?

- Wie eine Kapazität
- Wie eine Induktivität
- Wie ein Widerstand

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

- Die Wirkleistung
- Die Blindleistung

17. 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
18. Welche Regelung führt die Frequenz nach einer Frequenzabweichung wieder auf die Sollfrequenz zurück?
- Die Primärregelung
 - Die Sekundärregelung
 - Die Tertiärregelung
19. 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
20. Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?
- Trennschalter
 - Lastschalter
 - Leistungsschalter
21. Welche Größen sind bei der Lastflussrechnung an einem PV-Knoten vorgegeben?
- Photovoltaikeinspeisung und Verbraucherleistung
 - Wirkleistung P und Blindleistung Q
 - Wirkleistung P und Spannung U
22. 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
23. Die Generatoren eines Kraftwerkes, das an ein 50Hz-Netz angeschlossen ist, haben eine synchrone Drehzahl von 250 Umdrehungen/min. Welche Polpaarzahl haben die Generatoren?
- 5
 - 10
 - 12
24. 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