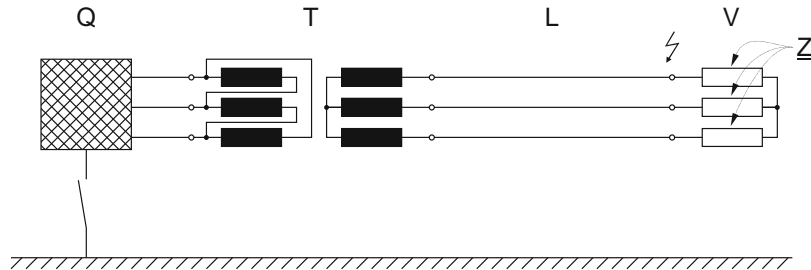


Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 22.01.2015

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

1. Unbekannter Fehler in einem isoliert betriebenen Drehstromsystem (24 Punkte)



Netzeinspeisung Q $U_N = 10 \text{ kV}$; $S_k = 1 \text{ MVA}$; $c = 1,1$; $R/X = 0$; alle Sternpunkte offen

Transformator T DY5 ; $U_1/U_2 = 10 \text{ kV}/0,4 \text{ kV}$; $S_N = 500 \text{ kVA}$; $P_k = 0 \text{ W}$; $u_k = 7 \%$; $X_{T(0)} = 8 \Omega$; Sternpunkt offen

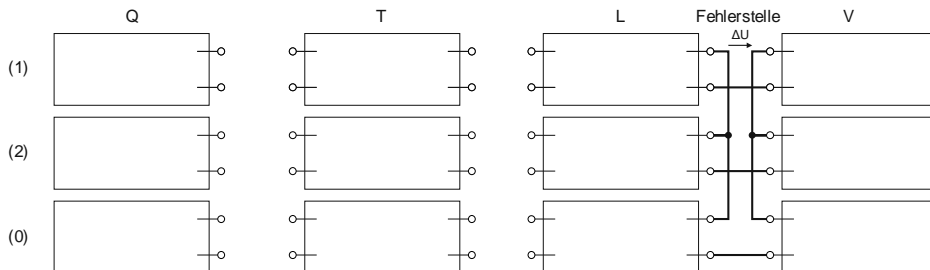
Leitung L Länge = 0,2 km; $R' = 0 \Omega/\text{km}$; $X_{(1)}' = 0,1 \Omega/\text{km}$;

Verbraucher V 3-mal \underline{Z} (in Stern) mit $\underline{Z} = jX = j5 \Omega$

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

Im System tritt eine Störung am Ende der Leitung auf. Das Schaltbild des Fehlers in symmetrischen Komponenten ist in der unteren Abbildung bereits eingezeichnet.

- b. (4) **Vervollständigen** Sie die untere **Abbildung**. Geben Sie die **allgemeinen Fehlerbedingungen** für die Komponentenspannungen $\Delta\underline{U}_{(1)}$, $\Delta\underline{U}_{(2)}$ und $\Delta\underline{U}_{(0)}$ an.

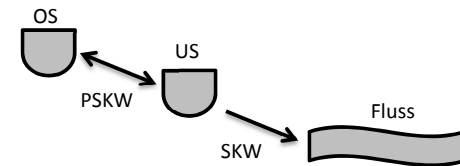


- c. (4) Berechnen Sie die **Komponentenspannungen** $\Delta\underline{U}_{(1)}$, $\Delta\underline{U}_{(2)}$ und $\Delta\underline{U}_{(0)}$.
- d. (4) Bestimmen Sie die **Komponentenströme** $\underline{I}_{(0)}$, $\underline{I}_{(1)}$ und $\underline{I}_{(2)}$.
- e. (4) Wie groß sind die **Phasenströme** \underline{I}_a , \underline{I}_b und \underline{I}_c ?
- f. (2) Um welchen **Fehlerfall** handelt es sich?

2. Wasserkraftwerk (24 Punkte)

Der **Obersee (OS)** ist über ein **Pumpspeicherkraftwerk (PSKW)** mit dem **Untersee (US)** verbunden. Mit je einem Pump- und Turbinensatz können die Wassermengen zwischen Ober- und Untersee bewegt werden.

Zusätzlich besteht über ein **Speicherkraftwerk (SKW)** die Möglichkeit den Inhalt des **Untersees (US)** in Richtung **Fluss** hin abzarbeiten. Dieses abgelassene Wasser kann aus dem Fluss nicht mehr hochgepumpt werden.



Kenndaten des **PSKW**s zwischen Obersee (OS) und Untersee (US):

| | | |
|--------------------------------------|---------------|------------------------|
| Volumen Obersee | V_{OS} | 20 Mio. m ³ |
| Volumen Untersee | V_{US} | 20 Mio. m ³ |
| mittlere Fallhöhe | h | 150 m |
| Nenndurchfluss | Q_N | 25 m ³ /s |
| Gesamtwirkungsgrad - Turbinenbetrieb | η_{Turb} | 93 % |
| Gesamtwirkungsgrad - Pumpbetrieb | η_{Pump} | 85 % |

Das **SKW**s zwischen Untersee (US) und Fluss weist folgende Kenndaten auf:

| | | |
|--------------------------------------|---------------|----------------------|
| mittlere Fallhöhe | h | 564 m |
| Nenndurchfluss | Q_N | 35 m ³ /s |
| Gesamtwirkungsgrad - Turbinenbetrieb | η_{Turb} | 90 % |

- a. (6) Welche **elektrische Energie** kann (in einem Zyklus) maximal **verpumpt** werden? Welchen **Anfangs-** und **Endfüllstand** müssen hierzu **Ober-** und **Untersee** aufweisen?
- b. (6) Welche **elektrische Energie** kann in Summe über das Pumpspeicherkraftwerk und das Speicherkraftwerk im **Turbinenbetrieb** entnommen werden? Welchen **Anfangs-** und **Endfüllstand** müssen hierzu **Ober-** und **Untersee** aufweisen?
- Hinweis:* Die Wassermengen sollen zur Gänze hinunter zum Fluss abgearbeitet werden.
- c. (4) Welche **elektrischen Verluste** entstehen durch einen vollständigen Umwälz-Zyklus des Pumpspeichervorgangs?
- d. (4) Wie lange **dauert** der **Pumpvorgang** aus a.)?
- e. (4) Wie lange **dauert** die **vollständige Abarbeitung** der Wassermengen aus Punkt b.)?

3. Auslegung eines Erdkabels

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

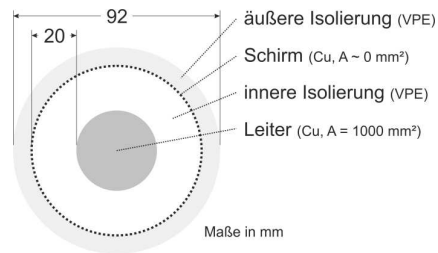
Die Ableitungsverluste in der Isolierung sollen vernachlässigt werden. Auch wird der Schirm für die thermische Auslegung nicht berücksichtigt.

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 $\rho_{\text{Cu}} = 0,0178 \frac{\Omega\cdot\text{mm}^2}{\text{m}}$, der Stromverdrängungsfaktor für die Nennfrequenz sei 1,25.

- (6) Wie groß ist der **thermische Gesamtwiderstand**? Zeichnen Sie den **Ersatzschaltplan** für den Wärmestrom.
- (3) Welche **Dauerstrombelastung** des Innenleiters darf nicht überschritten werden bei einem maximal zulässigen Temperaturunterschied zur Umgebung des Innenleiters von 70°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:

- (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** dieses Dreiphasensystems.
- (5) Wie groß sind der **bezogene Ladestrom** und die **bezogene Ladeleistung** dieses Dreiphasensystems?
- (4) Welche **Länge des Kabels** darf nicht überschritten werden damit überhaupt noch eine Übertragung elektrischer Energie möglich ist?

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

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

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 22.01.2015

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

5. Theoriefragen (24 Punkte)

Richtige Antwort bitte deutlich markieren.Hinweis: Es ist jeweils eine Antwort richtig!

-
1. Wie bezeichnet man Vorkommen, die noch nicht wirtschaftlich zu fördern sind oder die noch nicht sicher ausgewiesen sind, aber aufgrund geologischer Indikatoren erwartet werden?

- Reserven
 Ressourcen
 statische Reichweite

-
2. Welchen Effektivwert haben die Leiter-Erde-Spannungen in einem symmetrischen 10kV-Netz?

- Etwa 10kV
 Etwa $10\text{kV}/\sqrt{2}$
 Etwa $10\text{kV}/\sqrt{3}$
 Etwa $10\text{kV}/\sqrt{3}\cdot\sqrt{2}$

-
3. Was ist ein Vorteil von Wechselstromsystemen gegenüber Gleichstromsystemen?

- Transformierbarkeit
 Keine Blindleistung
 Konstante Augenblicksleistung

-
4. Welche Spannungen werden als Nennspannungen im Drehstromsystem angegeben?

- Mitsystemspannungen
 Leiter-Erde-Spannungen
 Verkettete Spannungen

-
5. Die Generatoren eines Wasserkraftwerkes in Österreich sollen eine synchrone Drehzahl von 250 U/min aufweisen. Welche Polpaarzahl haben die Generatorläufer?

- 12 Polpaare
 18 Polpaare
 24 Polpaare

-
6. Wie verhält sich eine Leitung, die unterhalb der natürlichen Leistung betrieben wird, gegenüber dem Energiesystem?

- Eher wie eine Induktivität
 Eher wie eine Kapazität
 Eher wie ein Widerstand

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

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

-
8. Was muss beim Parallelschalten von Transformatoren berücksichtigt werden?

- Die Transformatoren müssen das gleiche Isolationsmedium verwenden
 Das komplexe Übersetzungsverhältnis muss gleich sein
 Die Anzahl der Windungen auf der Primär- und Sekundärseite muss jeweils identisch sein

-
9. An einem möglichen Standort für eine Wasserkraftanlage kann eine Wassermenge Q von $0,5\text{m}^3/\text{s}$ über eine Höhendifferenz von 4 Metern genutzt werden. Wie groß wäre ungefähr die elektrische Leistung des Generators in der Anlage?

- 4 kW
 16 kW
 20 kW
 20 MW

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

- Im Siedewasserreaktor
 Im Druckwasserreaktor
 In keinem der beiden Reaktortypen

-
11. 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

12. Welche Wasserturbine kann auch als Pumpe verwendet werden?

- Die Kaplan-turbine
- Die Francisturbine
- Die Peltonturbine

13. Wie verhält sich die Geschwindigkeit des Wasserstrahls auf eine Peltonturbine, wenn die Leistung durch Erhöhen des Volumenstroms gesteigert wird.

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

14. Bei welcher Art der Regelung einer Windkraftanlage können die einzelnen Rotorflügel nicht verstellt werden?

- Bei der Pitch-Regelung
- Bei der Stall-Regelung
- Bei der Widerstands-Regelung

15. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt das Wechselglied nicht ab?

- Beim generatorfernen Kurzschlussstromverlauf
- Beim generatornahen Kurzschlussstromverlauf
- Beim Stoßkurzschlussstrom

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

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

17. Bei welcher Art der Sternpunktbehandlung treten üblicherweise die größten Erd-schlussströme auf?

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

18. Welcher Fehlerstrom ist üblicherweise größer?

- Der zweipolige Fehlerstrom
- Der dreipolige Fehlerstrom

19. Wann tritt das maximale 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 minimalen Wert hatte

20. Welche Regelung stabilisiert die Frequenz nach einem Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch?

- Die Primärregelung
- Die Sekundärregelung
- Die Tertiärregelung

21. Innerhalb welcher Zeitspanne soll die Sekundärregelung abgeschlossen sein?

- 15 Sekunden
- 30 Sekunden
- 15 Minuten

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

- Der Regelzonenführer
- Der Netzbetreiber
- Der Bilanzgruppenkoordinator

23. Vereinfachend dargestellt ist die Prognoseabweichung einer Regelzone

- Regelenergie
- Ausgleichsenergie
- Netzverlustenergie

24. Was ist in etwa der typische Wert für die Volllaststunden einer Windkraftanlage in Österreich?

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