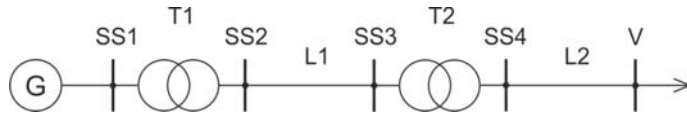


Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 21.01.2016

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

1. 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 Resistenzen 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 SS4 wird auf 100% konstant gehalten. Bestimmen sie die **Spannung im Verknüpfungspunkt V** in Prozent, wenn am Verknüpfungspunkt V eine symmetrische 3-phasige Last mit $R_L = 7,5 \Omega$ pro Phase in Sternschaltung angeschlossen ist.

Kurzschlussberechnungen:

Hinweis: Für die folgenden Punkte sind die Berechnungen aus den Punkten b. bis c. nicht notwendig. (Die Werte aus dem Punkt a. können teilweise herangezogen werden):

- c. (6) Berechnen sie die wirksame **Gesamtimpedanz im Fall eines dreipoligen Kurzschlusses** und **Kurzschlussleistung** im Verknüpfungspunkt V. Verwenden Sie für den Ersatz-Generator die bezogene subtransiente Reaktanz x_d'' . Der Sicherheitsfaktor ist mit $c = 1,0$ anzunehmen.
- d. (3) Berechnen Sie den **dreiphasigen Anfangs-Kurzschlussstrom** mit dem Sicherheitsfaktor $c = 1,1$, wenn der Kurzschluss im Verknüpfungspunkt V auftritt!

2. Betriebsparameter einer 380kV-Leitung

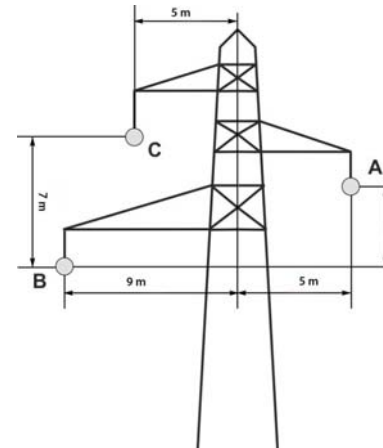


Abbildung nicht maßstäblich!

Für eine 380 kV-Leitung in einem 50 Hz Netz mit **3er-Bündeln** und einem Mastbild wie in der Abbildung sollen verschiedene Betriebsparameter ermittelt werden. Es wird angenommen, dass die Leitung über ihre Länge **verdrillt** und damit symmetriert wird.

- Querschnitt Einzelleiter: 300 mm^2
- Leiterabstand a im Bündel: 40 cm
- Anzahl Leiter im Bündel: 3
- Länge der Leitung: 150 km
- Gleichstromwiderstand (Einzelleiter): $0,1 \Omega/\text{km}$
- Stromverdrängungsfaktor bei 50 Hz: $k_{sf} = 1,2$

- a. (6) Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebsinduktivität** der Leitung?
- b. (3) Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebskapazität** der Leitung?
- c. (3) Wie groß ist die **komplexe Ausbreitungskonstante $\underline{\gamma}$** unter der zusätzlichen Annahme, dass $G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$? Verwenden Sie die Näherung für die Dämpfungs- und Phasenkonstante ($R' \ll \omega L', G' \ll \omega C'$):

$$\alpha \approx \frac{R'}{2} \sqrt{\frac{C'}{L'}} + \frac{G'}{2} \sqrt{\frac{L'}{C'}} \quad \beta = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda} \approx \omega \sqrt{L'C'}$$

- d. (3) Leiten Sie für die leerlaufende und verlustlose Leitung ($R' = 0 \frac{\Omega}{\text{km}}, G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$) **allgemein** die Scheinleistung am Leitungsanfang als Funktion $\underline{S}_1 = f(U_1, Z_w, \text{Länge})$ her.
- e. (3) Skizzieren Sie qualitativ das **Zeigerdiagramm** der leerlaufenden Leitung im Verbraucherzählpfeilsystem (Strom & Spannung am Anfang der Leitung) und begründen Sie Ihre Darstellung.
- f. (3) Wie groß ist die **thermische Dauerstrombelastbarkeit** eines Einzelleiters I_{th} , wenn angenommen wird, dass die natürliche Leistung der verlustlosen Leitung der thermisch übertragbaren Scheinleistung entspricht?
- g. (3) Wie groß ist der induktive Anteil der **Blindleistung** der Leitung wenn die verlustlose Leitung mit I_{th} belastet wird?

3. Wasserkraft (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.

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

| | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------------|
| Volumen Obersee | V_{OS} | 70 Mio. m ³ |
| Volumen Untersee | V_{US} | 35 Mio. m ³ |
| Füllstand Obersee (des Volumens) | | 50 % |
| Füllstand Untersee (des Volumens) | | 60 % |
| mittlere Fallhöhe | h | 200 m |
| Nenndurchfluss | Q_N | 115 m ³ /s |
| Hydraulischer Wirkungsgrad | η_H | 93 % |
| Turbinenwirkungsgrad | η_T | 91 % |
| Pumpenwirkungsgrad | η_P | 88 % |
| Generatorwirkungsgrad | η_{Gen} | 96 % |
| Eigenbedarfsfaktor | ε | 2 % |

- (3) Welche **potenzielle Energie** weist der **Speicherinhalt** des **Oberbeckens** gegenüber dem Unterbecken auf?
- (5) Wie hoch ist die **elektrische Pumpleistung** P_{el} des Pumpspeicherkraftwerks, um einen Durchfluss von $Q = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ im **Pumpbetrieb** zu erzielen?
- (5) **Wie lange** kann unter den gegebenen Füllständen und dem Durchfluss aus Punkt (b) das Kraftwerk im **Pumpbetrieb** gefahren werden?
Hinweis: es finden keine weiteren Zu- oder Abflüsse aus Ober- und Untersee statt.
- (4) Welche **elektrische Energie** wird in dem Zeitraum aus Punkt (c) aufgenommen?
- (3) Um wie viel erhöht sich dabei die **potenzielle Energie** des Wassers im Pumpspeicherkraftwerk?
- (4) Wie groß ist der **Durchmesser D der Wasserturbine**, wenn diese einen Generator mit 12 Polpaaren ($2p = 24$) antreibt, der in ein 50 Hz Netz einspeist?

Hinweis: $n = \frac{f \cdot 60 \text{ s/min}}{p}$ $D = 60 \text{ s/min} \frac{\sqrt{2g\Delta h}}{2\pi n}$

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

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

5. Theoriefragen (24 Punkte)

Richtige Antwort bitte deutlich markieren.

Hinweis: Es ist jeweils eine Antwort richtig!

1. Wie hoch ist die Nennfrequenz im österreichischen elektrischen Energiesystem?

- 50Hz
 60Hz
 103,8Mhz

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

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

3. Mit welcher Frequenz pulsiert die Augenblicksleistung in einem symmetrischen 50Hz-Drehstromsystem?

- Mit 50Hz
 Mit 100Hz
 Gar nicht

4. Die Generatoren eines Kraftwerkes, das an ein 50Hz-Netz angeschlossen ist, haben eine synchrone Drehzahl von 300 Umdrehungen/min. Welche Polpaarzahl haben die Generatoren?

- 6
 10
 20

5. Wie verhält sich eine Freileitung, die oberhalb der natürlichen Leistung betrieben wird, gegenüber dem Energiesystem?

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

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

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

7. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

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

- Wie eine Kapazität
 Wie eine Induktivität
 Wie ein Widerstand

9. Was sollte beim Parallelschalten von Transformatoren berücksichtigt werden?

- Die Leistungen sollten ähnlich groß sein
 Der Aufstellungsort sollte gleich sein
 Die Anzahl der Windungen auf der Primär- und Sekundärseite sollten jeweils gleich sein

10. Eine Wasserkraftanlage kann mit einer Wassermenge Q von $25\text{m}^3/\text{s}$ eine elektrische Leistung von 5MW erzeugen. Welche Höhendifferenz arbeitet die Turbine ungefähr ab?

- 5m
 20m
 25m

11. Bei welchem Kernreakortyp trennt ein Wärmetauscher den Primärkreislauf vom Sekundärkreislauf?

- Beim Siedewasserreaktor
 Beim Druckwasserreaktor
 Bei keinem der beiden Reaktortypen

12. 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

13. Welcher Anteil der in einem Windstrom enthaltenen kinetischen Leistung kann durch einen Konverter entnommen werden (Betz'scher Wert)?

- 16,3%
 50%
 59,3%

14. Welcher Turbinentyp kann auch als Pumpe eingesetzt werden?

- Die Kaplan turbine
- Die Francis turbine
- Die Pelton turbine

15. Welcher Turbinentyp wird insbesondere in Laufwasserkraftwerken mit kleiner Fallhöhe und großen Wassermengen eingesetzt?

- Die Kaplan turbine
- Die Francis turbine
- Die Pelton turbine

16. In welchem Wertebereich kann der Stoßfaktor κ liegen?

- Von 0 bis 1
- Von 1 bis 2
- Von 0 bis 2

17. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt der Wechselstromanteil nicht ab?

- Beim generatornahen Kurzschluss
- Beim generatorfernen Kurzschluss
- Beim Dauerkurzschluss

18. Um welchen Faktor erhöhen sich die Leiter-Erde-Spannungen der beiden gesunden Phasen während eines einpoligen Erdschlusses in Netzen mit isoliertem Sternpunkt?

- Um den Faktor $\sqrt{2}$
- Um den Faktor $\sqrt{3}$
- Um den Faktor 2

19. Welche Art von Schaltern kann keine Lastströme ausschalten?

- Trennschalter
- Lastschalter
- Leistungsschalter

20. Welche Größen sind bei der Lastflussrechnung an einem PV-Knoten vorgegeben?

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

21. In einem Verbundsystem, das aus den drei Regelzonen A, C und D 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 sinkt nur in der Regelzone A ab
- Die Frequenz sinkt nur in den Regelzonen C und D ab
- Die Frequenz sinkt in allen drei Regelzonen ab

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

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