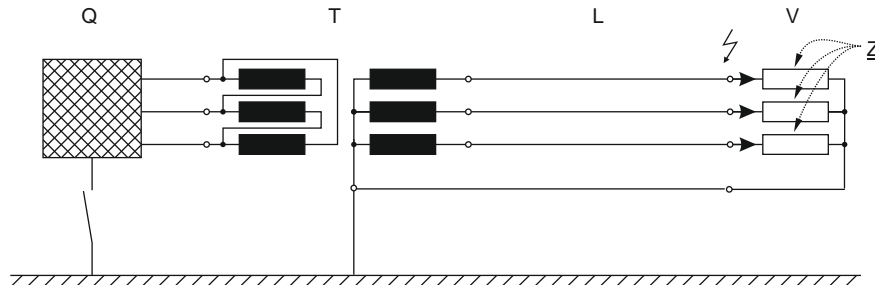


Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 10.10.2016

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

1. Unbekannter Fehler in einem Drehstromsystem mit Neutralleiter (24 Punkte)



Netzeinspeisung Q $U_N = 10 \text{ kV}$; $S_k = 200 \text{ kVA}$; $c = 1$; $R/X = 0$; alle Sternpunkte offen

Transformator T $DY5$; $U_1/U_2 = 10 \text{ kV}/0,4 \text{ kV}$; $S_N = 400 \text{ kVA}$; $P_k = 0 \text{ W}$; $u_k = 5 \%$; $X_{T(0)} = 7 \Omega$; Sternpunkt Sekundärseite geerdet

Leitung L Kann als impedanzlos angenommen werden

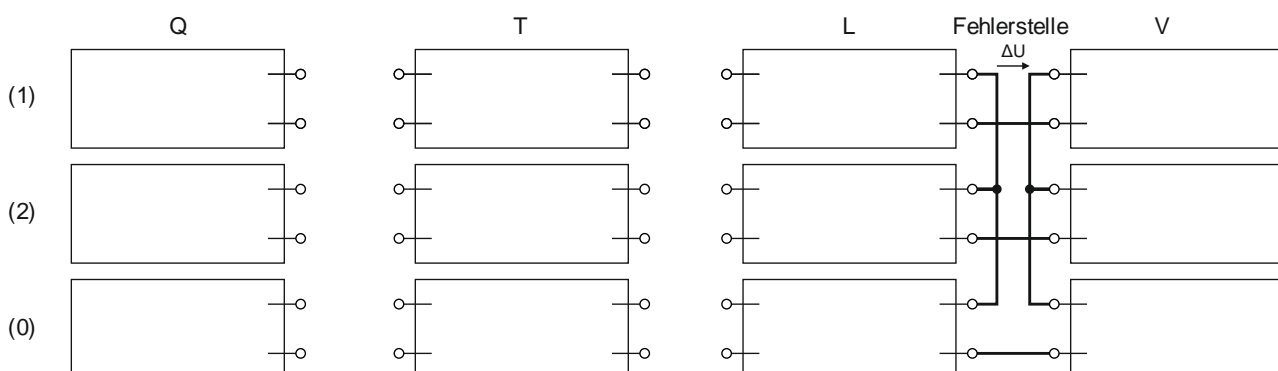
Verbraucher V 3-mal \underline{Z} (in Stern) mit $\underline{Z} = jX = j5 \Omega$

- 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.

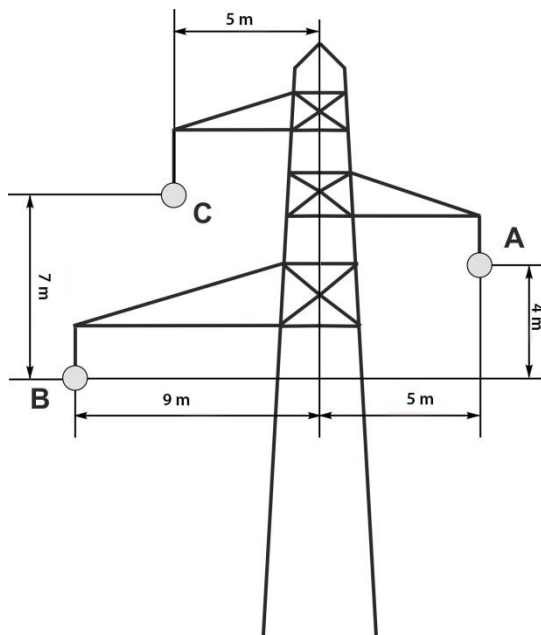
- b. (2) Um welchen Fehlerfall handelt es sich? (Hinweis: Diese Frage kann auch ohne Bearbeitung der Punkte b, c, d und e beantwortet werden)
- c. (4) **Vervollständigen** Sie die untere **Abbildung**. Geben Sie die **allgemeinen Fehlerbedingungen** für die Komponentenspannungen $\Delta \underline{U}_{(1)}$, $\Delta \underline{U}_{(2)}$ und $\Delta \underline{U}_{(0)}$ an der Fehlerstelle an.

Hinweis: Achten sie auf die Verschaltung des Transformators im Nullsystem!



- d. (4) Berechnen Sie die **Komponentenspannungen** $\Delta \underline{U}_{(1)}$, $\Delta \underline{U}_{(2)}$ und $\Delta \underline{U}_{(0)}$ an der Fehlerstelle.
- e. (4) Bestimmen Sie die **Komponentenströme** $\underline{I}_{(0)}$, $\underline{I}_{(1)}$ und $\underline{I}_{(2)}$ an der Fehlerstelle.
- f. (4) Wie groß sind die **Phasenströme** \underline{I}_a , \underline{I}_b und \underline{I}_c an der Fehlerstelle?

2. Betriebsparameter einer 380kV-Leitung (24 Punkte)



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: 320 mm²
- Leiterabstand a im Bündel: 40 cm
- Anzahl Leiter im Bündel: 3
- Länge der Leitung: 220 km
- Gleichstromwiderstand (Einzelleiter): 0,18 Ω/km
- Stromverdrängungsfaktor bei 50 Hz: $k_{sr} = 1,2$

Abbildung nicht maßstäblich!

- 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 $G' = 0 \frac{S}{km}$? 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 ($R' = 0 \frac{\Omega}{km}, G' = 0 \frac{S}{km}$) **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 sind der induktive und der kapazitive Anteil der **Blindleistung** der Leitung wenn die verlustlose Leitung mit I_{th} aus Punkt f. belastet wird?

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich – GuD oder Kohle zur Grundlastdeckung (24 Punkte)

In einem Energieversorgungssystem werden zusätzliche Kraftwerke benötigt und sollen in ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Die folgenden zwei Kraftwerkstypen sind zu vergleichen:

| | GuD-Kraftwerk | Kohlekraftwerk |
|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| spez. Errichtungskosten | 650 €/ kW _{el} | 1550 €/ kW _{el} |
| leistungsabhängige Betriebskosten | 42 €/ kW _{el} a | 110 €/ kW _{el} a |
| Brennstoffkosten | 0,25 €/m ³ Erdgas | 80 €/t Steinkohle |
| Heizwert | 30MJ/m ³ Erdgas | 30 MJ/kg Steinkohle |
| Wirkungsgrad (elektrisch) | 60% | 42% |
| arbeitsabhängige Betriebskosten | 0,001 €/ kWh _{el} | 0,005 €/ kWh _{el} |
| Zinssatz | 8,4 % | 8,4 % |
| Nutzungsdauer | 25 a | 25 a |
| Grundlastpreis (Mittelwert) | 70 €/MWh | |

- (9) Welche **Volllaststunden** müssten die beiden Kraftwerke mindestens pro Jahr aufweisen, um die angegebene Grundlast wirtschaftlich erzeugen zu können? Welches **Kraftwerk** wäre dafür **günstiger**?
- (6) Der Grundlastpreis sinkt um 10% auf 63 €/MWh. Berechnen Sie für das **GuD-Kraftwerk** die sich (bei sonst gleichen Rahmenbedingungen) erforderlichen **Volllaststunden** für den wirtschaftlichen Betrieb. **Interpretieren** Sie das Ergebnis!
- (6) Für spez. Errichtungskosten von 700 €/ kW_{el} kann das **GuD-Kraftwerk** zusätzlich mit einer Wärmeauskopplung ausgerüstet werden, wodurch sich der Wirkungsgrad auf 65% erhöht (der Zugewinn wird vereinfachend dem elektrischen Wirkungsgrad angerechnet). Berechnen Sie über das **kalorische Kostenäquivalent**, ab welcher Volllaststundenzahl sich diese Investition rechnet.
- (3) Ist der erhöhte Aufwand aus Punkt c. unter Berücksichtigung der Volllaststunden aus Punkt a. eine **sinnvolle Investition** (kurze Begründung)?

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

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

5. Theoriefragen (24 Punkte)

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

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 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

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

- 50Hz
- 60Hz
- 100Hz

3. Welche Wasserturbine ist in diesem Bild dargestellt?

- Eine Kaplan turbine
- Eine Francisturbine
- Eine Pelton turbine



4. Auf welche Drehzahl beschleunigt eine Pelton turbine, wenn der Generator vom Netz getrennt wird?

- Gar nicht
- Maximal auf die doppelte Nenndrehzahl
- Unendlich (bis zur Zerstörung der Turbine)

5. 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

6. 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

7. Was ist ein Vorteil von symmetrischen Drehstromsystemen gegenüber einphasigen Wechselstromsystemen?

- Transformierbarkeit
- Keine Blindleistung
- Konstante Augenblicksleistung

8. Welche Betriebsmittel verhalten sich im Mit- und Gegensystem deutlich unterschiedlich?

- Leitungen
- Transformatoren
- Generatoren

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

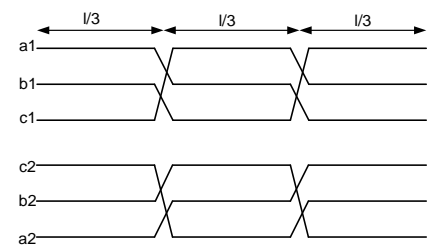
- Etwa $110\text{kV} \cdot \sqrt{2}$
- Etwa 110kV
- Etwa $110\text{kV}/\sqrt{3}$
- Etwa $110\text{kV}/\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}$

10. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

11. Auf welche Art ist die dargestellte Doppelleitung verdrillt?

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



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

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

13. Welche Art von Schaltern kann Lastströme ausschalten?

- Nur Trennschalter
- Nur Lastschalter
- Nur Leistungsschalter
- Last- und Leistungsschalter

14. 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

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

- Spannung U und Spannungswinkel δ
- Wirkleistung P und Blindleistung Q
- Wirkleistung P und Spannung U

16. Bei welchem Kurzschlussstromverlauf klingt das Wechselglied ab?

- Beim generatorfernen Kurzschlussstromverlauf
- Beim generatornahen Kurzschlussstromverlauf
- Beim Stoßkurzschlussstrom

17. 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 $\sqrt{3}$
18. Wie verhält sich ein untererregter Synchrongenerator bezüglich seiner Blindleistung?
- Wie eine Kapazität
 - Wie eine Induktivität
 - Wie ein Widerstand
19. Welche Leistung wird maßgeblich durch die Spannungsregelung eines Synchrongenerators beeinflusst?
- Die Wirkleistung
 - Die Blindleistung
20. 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
21. Welche Regelung führt die Frequenz nach einer Frequenzabweichung wieder auf die Sollfrequenz zurück?
- Die Primärregelung
 - Die Sekundärregelung
 - Die Tertiärregelung
22. Welcher Marktteilnehmer ist für die Leistungs-Frequenz-Regelung in einer Regelzone verantwortlich?
- Der Regelzonenführer
 - Der Netzbetreiber
 - Der Bilanzgruppenkoordinator
23. 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
24. Welcher Anteil der Stromgestehungskosten wird maßgeblich durch die Kosten für die Errichtung eines Kraftwerkes beeinflusst?
- Die leistungsabhängigen Kosten
 - Die arbeitsabhängigen Kosten
 - Die Brennstoffkosten