

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 10.11.2015

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

1. Leitungsgleichungen (24 Punkte)

Auf einer Einfachleitung (Wetterfichte) ist ein 220 kV-Drehstromfreileitungssystem in einem 50 Hz-Netz bestehend aus Zweierbündeln mit den folgenden geometrischen Daten der Aufhängung aufgezogen (Koordinatenursprung = Mastfußpunkt):

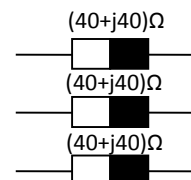
$$\text{Leiter 1: } x = 3\text{m}, \quad y = 23\text{m}$$

$$\text{Leiter 2: } x = -3\text{m}, \quad y = 20\text{m}$$

$$\text{Leiter 3: } x = 4\text{m}, \quad y = 17\text{m}$$

Der gegenseitige Abstand der Leiter a im Zweierbündel beträgt 15 cm. Der Querschnitt eines Leiterseils beträgt $117,0 \text{ mm}^2$. Die Leitung ist 100 km lang und verdreht. Die thermische Dauerstrombelastbarkeit eines Einzelleiters beträgt 365 A.

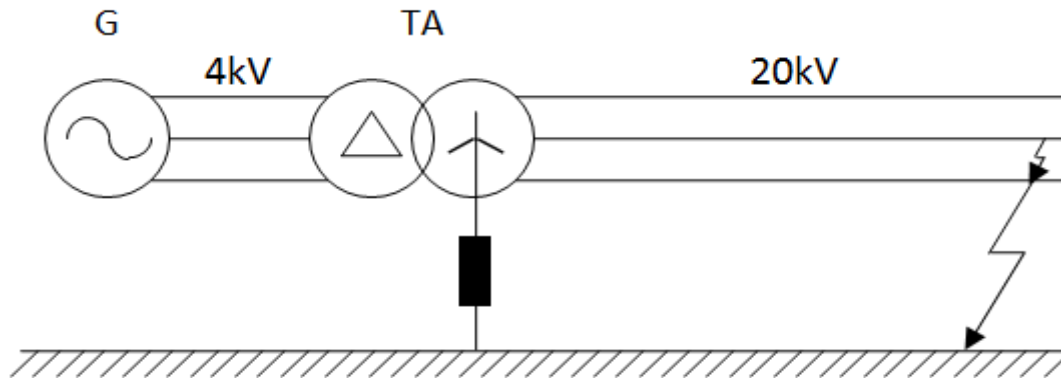
- (3) Zeichnen Sie eine schematische **Skizze der Leiteraufhängung**, beschriften Sie die Leiter und bemaßen Sie die Leiterabstände in beiden Koordinatenachsen.
- (6) Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebsinduktivität** und **längenbezogene symmetrische Betriebskapazität** der Leitung?
- (3) Wie groß ist der **Wellenwiderstand der verlustlosen Leitung** ($R' = 0 \frac{\Omega}{\text{km}}, G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$) ?
- (5) Die Leitung wird im Leerlauf betrieben. Wie groß ist die **Spannung am Ende** der verlustlosen Leitung?
- (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** der Leitung.



Die Leitung wird an ihrem Ende mit einer dreiphasigen, ohmsch-induktiven Last abgeschlossen (siehe Bild rechts) und am Leitungsanfang mit Nennspannung betrieben.

- (4) Wie groß ist die **Eingangsimpedanz \underline{Z}_1** der verlustlosen Leitung?

2. Zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung (24 Punkte)



Generator:

$U_N = 4\text{kV}$, $S_N = 8\text{MVA}$, $x_d'' = 14\%$

Transformator:

YNd5, $U_1/U_2 = 20/4$, $S_N = 8\text{MVA}$, $u_k = 16\%$, (Annahme $P_k = 0\text{ kW}$), $X_{(0)} = 15\ \Omega$ (auf 20kV Seite)
Sternpunkt **exakt kompensiert („gelöschtes Netz“)**

Freileitung:

$X'_{(1)} = 0,45\ \Omega/\text{km}$, $X'_{(0)} = 0,9\ \Omega/\text{km}$, $C'_E = 8\text{ nF/km}$, $l = 20\text{ km}$

Am Ende der Freileitung ereignet sich im 50Hz-Netz ein **zweipoliger Kurzschluss** zwischen den Phasen b und c **mit Erdberührung**.

- (6) Zeichnen Sie die **Ersatzschaltung** im Mit-, Gegen- und Nullsystem mit korrekter Verschaltung der drei Systeme für den dargestellten Kurzschlussfall
- (4) Berechnen Sie die wirksamen **Impedanzen** des **Generators**, des **Transformators** und der **Leitung** (in Ohm) am Kurzschlussort.
- (2) Berechnen Sie die Mit-, Gegen und Nullimpedanz.
- (4) Wie groß ist die im Sternpunkt verwendete **Petersenspule**, sodass die Leitungskapazitäten exakt kompensiert werden?
- (4) Wie groß sind die drei **Komponentenströme** $\underline{I}_{(0)}$, $\underline{I}_{(1)}$ und $\underline{I}_{(2)}$ am Kurzschlussort?
- (4) Wie groß sind die drei **Phasenströme** $\underline{I}_{(a)}$, $\underline{I}_{(b)}$ und $\underline{I}_{(c)}$ am Kurzschlussort?

3. Wirtschaftlichkeitsvergleich (GEMA-Solar) (24 Punkte)

Über das als Versuchsanlage gebaute Solarkraftwerk „Gemasolar“ (solarthermisches Kraftwerk mit Salzschnelze und Speicher) in Spanien sind folgende Angaben bekannt:

Leistung	19,9 MW _{el}
Errichtungskosten	230 Mio. €
geschätzte Jahresenergieeinspeisung	110 GWh/a
leistungsabhängige Kosten	6% der Errichtungskosten pro Jahr

Um die Wirtschaftlichkeit dieser Versuchsanlage beurteilen zu können, soll ein konventionelles GuD-Kraftwerk mit folgenden Daten betrachtet werden:

spezifische Errichtungskosten	650 €/kW _{el}
leistungsabhängige Kosten	95 €/kW _{el} a
Brennstoffkosten	0,40 €/m ³ Erdgas
Heizwert von Erdgas H _u	30 MJ/m ³
Gesamtwirkungsgrad	58 %
betriebsabhängige Kosten	0,001 €/kWh _{el}

Für beide Anlagen sollen eine Nutzungsdauer von 25 Jahren und ein Zinssatz am Kapitalmarkt von 7% gelten.

- (7) Ermitteln Sie die **Stromgestehungskosten** für das **Versuchskraftwerk** „Gemasolar“.
- (4) Wie hoch sind die **Stromgestehungskosten** des **GuD-Kraftwerks**, wenn es die gleiche Vollaststundenzahl pro Jahr aufweist, wie das Versuchskraftwerk?
- (6) Wie hoch dürften die **spezifischen Errichtungskosten** von „Gemasolar“ **maximal** sein, damit dieses mit dem konventionellen GuD-Kraftwerk konkurrieren kann? **Hinweis:** Auch die leistungsabhängigen Kosten ändern sich, sie belaufen sich weiterhin auf 6% der jeweiligen Errichtungskosten!
- (7) Um zusätzliche 25 Mio. € könnte das Versuchskraftwerk „Gemasolar“ mit größeren Speichern ausgestattet werden, wodurch sich die Vollaststundenzahl um 15% erhöht. Wäre dies eine **sinnvolle Investition**? (Es gilt hier ebenso der Hinweis von Punkt c.)

4. Fünf Sicherheitsregeln (4 Punkte)

Bringen Sie die fünf Sicherheitsregeln in die richtige Reihenfolge:

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

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 10.11.2015

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

5. Theoriefragen (24 Punkte)

1. Wie setzt sich die Erzeugung elektrischer Energie in Österreich in etwa zusammen?

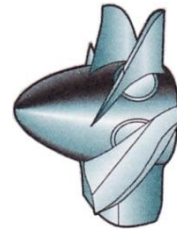
- ☐ 60% Wasserkraft, 10% andere Erneuerbare, 30% fossil-thermische Kraftwerke
- ☐ 60% Wasserkraft, 30% andere Erneuerbare, 10% fossil-thermische Kraftwerke
- ☐ 60% fossil-thermische Kraftwerke, 30% Wasserkraft, 10% andere Erneuerbare

2. Wie bezeichnet man die sicher nachgewiesenen und mit bekannter Technologie wirtschaftlich gewinnbaren Vorkommen fossiler Energieträger in der Erdkruste?

- ☐ Reserven
- ☐ Ressourcen
- ☐ statische Reichweite

3. Welche Wasserturbine ist in diesem Bild dargestellt?

- ☐ Eine Kaplan turbine
- ☐ Eine Francis turbine
- ☐ Eine Pelton turbine



4. Welche Wasserturbine kann auch als Pumpe verwendet werden?

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

5. An einem möglichen Standort für eine Wasserkraftanlage kann eine Wassermenge Q von $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ über eine Höhendifferenz von 20 Metern genutzt werden. Wie groß wäre ungefähr die elektrische Leistung des Generators in der Anlage?

- ☐ 20 kW
- ☐ 25 kW
- ☐ 200 kW
- ☐ 1,25 MW

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

- ☐ Im Siedewasserreaktor
- ☐ Im Druckwasserreaktor
- ☐ In keinem der beiden Reaktortypen

7. 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

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

- ☐ Transformierbarkeit
- ☐ Keine Blindleistung
- ☐ Konstante Augenblicksleistung

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

- ☐ Transformatoren
- ☐ Motoren
- ☐ Generatoren

10. Welche Amplitude haben die Leiter-Leiter-Spannungen in einem symmetrischen 110kV-Netz?

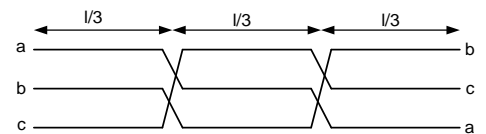
- ☐ Etwa $110\text{kV} \cdot \sqrt{2}$
- ☐ Etwa 110kV
- ☐ Etwa $110\text{kV}/\sqrt{3}$
- ☐ Etwa $110\text{kV}/\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}$

11. Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?

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

12. Auf welche Art ist die dargestellte Einfachleitung verdreht?

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



13. Um welchen Winkel sind die Primär- und Sekundärspannungen eines Dy11-Transformators gegeneinander verdreht?

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

14. Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?

- ☐ Trenner
- ☐ Lastschalter
- ☐ Leistungsschalter

15. Kann der einpolige Fehlerstrom größer als der dreipolige Fehlerstrom sein?

- ☐ Ja
- ☐ Nein

16. 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

17. In einem Verbundsystem, das aus den drei Regelzonen A, B und C 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 steigt an
- ☐ Die Frequenz sinkt ab
- ☐ Die Frequenz bleibt konstant

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Primärregelung?

- ☐ Nur die Regelzone A
- ☐ Nur die Regelzonen B und C
- ☐ Alle Regelzonen gemeinsam

Welche der Regelzonen beteiligen sich an der Sekundärregelung?

- ☐ Nur die Regelzone A
- ☐ Nur die Regelzonen B und C
- ☐ Alle Regelzonen gemeinsam

18. 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

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

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

20. Welche Form der Energiewandlung verwendet keine rotierenden elektrischen Maschinen zur Erzeugung elektrischer Energie?

- ☐ Die Photovoltaik
- ☐ Die Wasserkraft
- ☐ Die Kraft-Wärme-Kopplung in Blockheizkraftwerken

21. 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