

Schriftliche Prüfung aus VO Energieversorgung am 10.11.2015

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

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 aufgezo-gen (Koordinatenursprung = Mastfußpunkt):

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

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

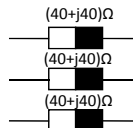
Leiter 3: $x = 4\text{m}, y = 17\text{m}$

Der gegenseitige Abstand der Leiter a im Zweierbündel beträgt 15 cm. Der Querschnitt eines Leiterseils beträgt 117,0 mm². Die Leitung ist 100 km lang und verdreht. Die thermische Dauerstrombelastbarkeit eines Einzelleiters beträgt 365 A.

- a. (3) Zeichnen Sie eine schematische **Skizze der Leiteraufhängung**, beschriften Sie die Leiter und bemaßen Sie die Leiterabstände in beiden Koordinatenachsen.
- b. (6) Wie groß ist die **längenbezogene symmetrische Betriebsinduktivität** und **längenbezogene symmetrische Betriebskapazität** der Leitung?
- c. (3) Wie groß ist der **Wellenwiderstand der verlustlosen Leitung** ($R' = 0 \frac{\Omega}{\text{km}}, G' = 0 \frac{\text{S}}{\text{km}}$)?

d. (5) Die Leitung wird im Leerlauf betrieben. Wie groß ist die **Spannung am Ende** der verlustlosen Leitung?

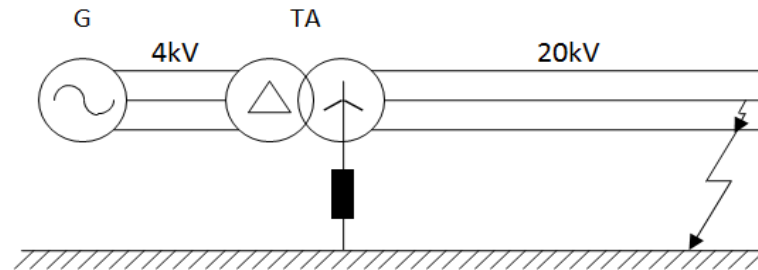
e. (3) Berechnen Sie die **thermisch übertragbare Scheinleistung** der Leitung.



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

f. (4) Wie groß ist die **die Eingangsimpedanz 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:

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

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

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

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

Über das als Versuchsanlage gebaute Solarkraftwerk „Gemasolar“ (solarthermisches Kraftwerk mit Salzschnmelze 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 Volllaststundenzahl 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 Volllaststundenzahl 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

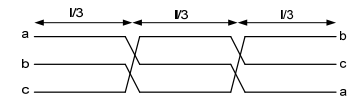
Name/Vorname: _____ / _____ Matr.-Nr./Knz.: _____ / _____

5. Theoriefragen (24 Punkte)

- 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
- 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
- In welchem Kernreakortyp wird der Primärkühlkreis direkt durch die angetriebene Dampfturbine geführt?
 - Im Siedewasserreaktor
 - Im Druckwasserreaktor
 - In keinem der beiden Reaktortypen
- 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



- Was ist ein Vorteil von symmetrischen Drehstromsystemen gegenüber Gleichspannungssystemen?
 - Transformierbarkeit
 - Keine Blindleistung
 - Konstante Augenblicksleistung
- Welche Betriebsmittel verhalten sich im Mit- und Gegensystem gleich?
 - Transformatoren
 - Motoren
 - Generatoren
- 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 $110\text{kV}/\sqrt{3}\cdot\sqrt{2}$
- Welche Auswirkung haben Bündelleiter bei Freileitungen gegenüber Einfachleitern?
 - Sie erhöhen die natürliche Leistung
 - Sie reduzieren die natürliche Leistung
 - Sie reduzieren die thermische Grenzleistung
- Auf welche Art ist die dargestellte Einfachleitung verdreht?
 - α -Verdrillung
 - β -Verdrillung
 - γ -Verdrillung
- Um welchen Winkel sind die Primär- und Sekundärspannungen eines Dy11-Transformators gegeneinander verdreht?
 - Um 11°
 - Um 330°
 - Gar nicht. Nur die Ströme werden verdreht.
- Welche Art von Schaltern kann Kurzschlussströme ausschalten?
 - Trenner
 - Lastschalter
 - Leistungsschalter
- 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 Fehlereintritts 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