

Schriftliche Prüfung aus VU Energieübertragung und Kraftwerke am 29.04.2014

Name/Vorname: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Matr.-Nr./Knz.: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

1. GuD Kraftwerk (25 Punkte)

Die Abnahmetests an einem Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) mit Fernwärmeauskopplung ergaben folgende spezifische Energiemengen:

Gasturbine (GT)		Dampfturbine (DT)	
Spez. Turbinenarbeit	453 kJ/kg	Spez. Turbinenarbeit	368 kJ/kg
Spez. Wärmezufuhr	604 kJ/kg	Spez. Kompressionsarbeit Speisewasserpumpe	20 kJ/kg
Ungenutzte spez. Wärmeabgabe an Umwelt	181 kJ/kg	Spez. Wärmeauskopplung Fernwärme	1300 kJ/kg
Spez. Wärmeabgabe für den Dampfprozess	252 kJ/kg	Wärmezufuhr der DT	2901 kJ/kg

Heizwert-Erdgas:  $H_{u,v} = 37\,350 \text{ kJ/m}^3$

Erdgasverbrauch:  $30\,000 \text{ m}^3/\text{h}$

$c_{p(\text{Wasser})}$ :  $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg K})$

- Bestimmen Sie den gesamten **Gasdurchsatz** in kg/s des Gasprozesses.
- Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad** der **Gasturbine**.
- Wie groß ist die spez. **Verdichterarbeit** des **Gasprozesses**?
- Bestimmen Sie den gesamten **Wirkungsgrad** des **Dampfprozesses** (inkl. Fernwärmeauskopplung).
- Bestimmen Sie den **Wirkungsgrad** der gesamten **GuD-Anlage** (inkl. Fernwärmeauskopplung).
- Bestimmen Sie das **Massenverhältnis** des **Gasturbinenprozesses** zum **Dampfturbinenprozess** und die **benötigte Speisewassermenge** in kg/s des Dampfprozesses.
- Welcher **Massestrom** im **Fernheizkreis** ist erforderlich, damit bei einer Vorlauf-temperatur von  $100^\circ\text{C}$  und einer Rücklauf-temperatur von  $60^\circ\text{C}$  die **eingestellte thermische Leistung** ausgekoppelt werden kann.

2. Vergleich Kohlekraftwerke und GuD (25 Punkte)

Das Fernheiz-Kraftwerk Mellach (Stmk) verfügt über eine elektrische Leistung von 246 MW bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 40% und benötigt im Durchschnitt pro Jahr 450.000t Steinkohle (Heizwert: 33 MJ/kg). Als Steinkohleart wird Anthrazitkohle mit folgender Zusammensetzung, bezogen auf die Gesamtmasse, verwendet:

C: 91%      H: 4%      Asche: 4%      S: 1%

Atom und Molekulargewichte:

H: 1      C: 12      O: 16      S: 32

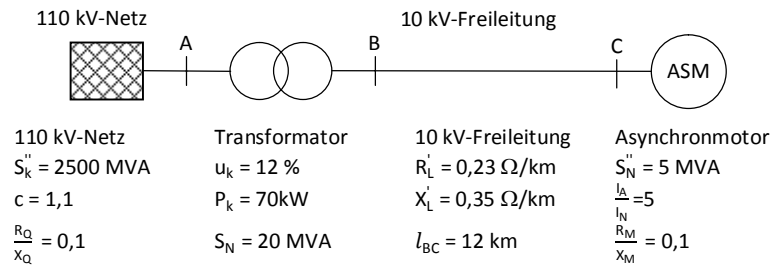
- Welche **Brennstoffzufuhr** ist für das Fahren unter Nennleistung notwendig?
- Welche **Volllaststundenzahl** ergibt sich im Durchschnitt?
- Welcher **Kohlenstoffmassenstrom** und **Schwefelmassenstrom** ergibt sich im Abgas bei Nennleistung?
- Welcher **Kohlendioxidausstoß** ( $\text{CO}_2$ ) erfolgt bei Nennleistung?

Alternativ soll ein mit Erdgas (Heizwert: 38,5 MJ/kg) befeuertes GuD mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 58% und gleicher Nennleistung betrachtet werden. Das eingesetzte Erdgas setzt sich aus folgenden Bestandteilen, bezogen auf die Gesamtmasse, zusammen:

C: 82 %      H: 18 %

- Welcher **Kohlendioxidausstoß** ( $\text{CO}_2$ ) erfolgt bei diesem Kraftwerk bei Nennleistung?
- Wie ist das **Verhältnis** der  $\text{CO}_2$ -**Emissionen** der beiden Kraftwerke?

3. Schutz eines Motors und einer Freileitung (25 Punkte)



Ein Distanzschutz soll wahlweise für Überstromanregung oder für Unterimpedanzanregung ausgelegt und parametrisiert werden.

- a. (6) Wie hoch ist der **größte Anlaufstrom** des Motors?  
*Hinweis:* nicht den Strom aus den Motordaten verwenden!
- b. (4) Wie hoch ist der **kleinste dreipolige Kurzschlussstrom** im Netzknoten C ( $c = 1,0$ )?
- c. (3) In welchem **Bereich** sollte sich die Einstellung einer **Überstromanregung** bewegen?
- d. (5) Wie groß ist der **kleinste Spannungseinbruch** am Leitungsanfang bei Kurzschluss am Leitungsende (Sicherheitsfaktor  $c = 1,0$ )?
- e. (4) Wie groß ist der **Spannungseinbruch bei Motoranlauf** am Leitungsanfang bei höchster Netzspannung?
- f. (3) In welchem Bereich darf sich die **Einstellung** der Anregungsspannung für eine **Unterimpedanzanregung** bewegen?

4. Stirlingmotor (25 Punkte)

Ein Stirlingmotor soll zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Es wird ein 6-poliger Generator verwendet. Als thermische Quelle wird ein Holzofen verwendet, in den der obere Zylinderteil hineinragt. Die untere Temperatur wird durch einen Warmwasserkreislauf für die Zimmerheizung verwendet, dessen mittlere Temperatur am unteren Teil des Stirlingzylinders  $70^\circ\text{C}$  beträgt. Der Druck ist dabei  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$ . Es wird eine Wellenleistung von  $8 \text{ kW}$  benötigt.

Daten des Motors:

- Volumen bei Verdichtung:  $V_2 = V_3 = 0,4 \text{ Liter}$   
 Volumen bei Expansion:  $V_1 = V_4 = 2,5 \text{ Liter}$

Das im Motor befindliche Arbeitsmedium Luft soll durch seine spezielle Gaskonstante  $R = 287,2 \text{ J}/(\text{kg K})$  bei  $0^\circ\text{C}$  und  $1 \text{ bar}$  dargestellt werden.

- a. (6) Skizzieren Sie das **pV- und das TS-Diagramm** und beschriften Sie die relevanten Punkte.
- b. (3) Welcher **Massenstrom** wird im Motor bewegt?
- c. (4) Wie groß ist die erforderliche **obere Temperatur**?
- d. (3) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad**?
- e. (3) Wie groß ist das **Arbeitsverhältnis**?
- f. (3) Welches Niveau müsste die **obere Temperatur** unter sonst gleichen Bedingungen haben, damit der thermische Wirkungsgrad  $50\%$  beträgt?
- g. (3) Wie groß ist die **Heizleistung des Kühlwasserkreislaufs** ( $1 - 2$ )?