

Schriftliche Prüfung aus „Energieübertragung und Kraftwerke“, am 6. November 2012

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

1. Gaskraftwerk (25)

Ein mit Erdgas betriebenes Kraftwerk soll eine elektrische Leistung von 150MW erzeugen können. Der Gesamtwirkungsgrad (el. Leistung zu thermischer Kesselleistung) der Anlage beträgt 39%.

- a) (5) Wie groß ist die thermische Kesselleistung und der notwendige Brennstoffvolumenstrom?
- b) (5) Welcher Mindestluftvolumen ist bei stöchiometrischer Verbrennung erforderlich?
- c) (3) Welches Luftvolumen pro Sekunde ist erforderlich, wenn der Kessel mit einer Luftüberschusszahl von  $\lambda=1,8$  betrieben wird?
- d) (12) Welcher Abgasstrom entsteht und wie groß sind die Masseanteile der einzelnen Komponenten?

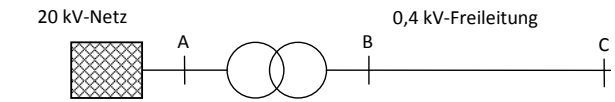
Molmassen (alle in kg/kmol): C: 12; H: 1; O: 16; N: 14

Avogadro:  $V_m = 22,4136$  Liter pro mol bei Normalbedingungen

Heizwert-Erdgas:  $H_{u,V} = 35800$  kJ/m<sup>3</sup>

Luft:  $\sim 21\%V O_2; \sim 79\%V N_2$

2. Netzeinspeisung (25)



20 kV-Netz	Transformator	0,4 kV-Freileitung	Asynchronmotor
$S_k'' = 10$ MVA	$u_k = 10\%$	$R' = 0,05 \Omega/\text{km}$	$S_N = 6$ kVA
$R/X = 0,2$	$R/X = 0,2$	$X' = 0,05 \Omega/\text{km}$	$I_A/I_N = 6$
	$S_N = 200$ kVA	$l_{BC} = 750$ m	$R_M/X_M = 0,05$

Für die angegebene Netzkonstellation sind folgende Größen zu bestimmen:

- a) (12) Wie groß sind im Netzknoten C?
  - (i) Die Netz-Kurzschlussleistung
  - (ii) Die Netzimpedanz
  - (iii) Der Netzwinkel
- b) (8) Bestimmen Sie die schaltbedingte Spannungsänderung im Netzknoten C bei einschalten des Motors (ASM).
- c) (5) Die 0,4 kV-Freileitung wird verstärkt. Dadurch reduzieren sich die Beträge der Impedanzbeläge (sowohl R als auch X) zwischen dem Netzknoten B und C auf jeweils die Hälfte. Wie groß ist nun die schaltbedingte Spannungsänderung im Netzknoten C?

**3. Dezentrale Versorgung Brennstoffzelle (25)**

Ein Haus weist eine **elektrische Last** von  $P_{el} = 1000 \text{ W}$  auf. Der **Wärmebedarf** weist eine Heizleistung von  $P_{Wärme} = 4000 \text{ W}$  auf. Das Haus wird mit einer **Brennstoffzelle** versorgt, welche Strom und Wärme bereitstellt. Weiters steht eine **Batterie** ( $\eta = 0,8$ ) sowie ein **Warmwasserspeicher** ( $\eta = 0,7$ ) zur Verfügung, um überschüssig erzeugten Strom bzw. Wärme verwenden zu können.

Die Brennstoffzelle besitzt eine **maximale elektrische Ausgangsleistung** von  $P_{BZ_{el}} = 4000 \text{ W}$ . Der **elektrische Wirkungsgrad** beträgt **39%**. Die Brennstoffzelle weist eine (über den gesamten Leistungsbereich) konstante **Stromkennzahl**  $\frac{a}{b} = 0,8$  auf.

HINWEIS: Die Stromkennzahl beschreibt das Verhältnis von abgegebenem Stromanteil zu Wärmeanteil.

Nehmen Sie vereinfachend an, dass die gegebenen Wirkungsgrade über den kompletten Leistungsbereich der Anlage konstant sind.

- a) (4) Welche Wärmeabgabe erfolgt durch die Brennstoffzelle, wenn diese stromgeführt ist und genau die elektrische Last deckt?
- b) (4) Welche Stromabgabe erfolgt durch die Brennstoffzelle, wenn diese wärmegeführt ist und genau die Heiz-Last deckt?
- c) (3) Soll die Brennstoffzelle stromgeführt oder wärmegeführt werden, um die angegebene Last zu decken (mit Begründung!)
- d) (4) Wie hoch ist für den in Punkt (c) gewählten Betriebsfall die überschüssig erzeugte elektrische Leistung bzw. Heizleistung?
- e) (3) Wie hoch ist für den in Punkt (c) gewählten Betriebsfall die benötigte Brennstoffzufuhr ( $P_{Brennstoff}$ ) der Brennstoffzelle?
- f) (3) Wie hoch ist der Gesamtwirkungsgrad, wenn als Nutzenergie nur der Bedarf des Hauses betrachtet wird.
- g) (4) Wie hoch ist der Gesamtwirkungsgrad, wenn zur Nutzenergie auch der eingespeicherte Strom bzw. die eingespeicherte Wärme hinzugezählt wird.

**4. Stirlingmotor (25)**

Ein Stirlingmotor soll zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Es wird ein 10-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  $60^\circ\text{C}$  beträgt. Der Druck ist dabei  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$ . Es wird eine Wellenleistung von  $6 \text{ kW}$  benötigt.

Daten des Motors:

Wellenleistung:  $6 \text{ kW}$

Untere Temperatur  $T_1 = T_2 = 60^\circ\text{C}$

Volumen bei Verdichtung:  $V_2 = V_3 = 0,5 \text{ Liter}$

Volumen bei Expansion:  $V_1 = V_4 = 2,5 \text{ Liter}$

Das im Motor befindliche Arbeitsmedium Luft soll durch seine spezielle Gaskonstante  $R = 287,2 \text{ J/(kg K)}$  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) Wie groß ist die Heizleistung des Kühlwasserkreislaufs (1 – 2)
- g) (3) Wie groß ist die gesamte Heizleistung der Feuerungsanlage?

**Formelzusammenstellung und Kennzahlen:**

Poissonsche Gleichungen: 
$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\kappa \quad \text{und} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

Molmassen (alle in kg/kmol):

C: 12; H: 1; O: 16; N: 14;

Avogadro:  $V_m = 22,4136 \text{ Liter pro mol bei Normalbedingungen}$

Heizwert-Erdgas:  $H_{u,v} = 35800 \text{ kJ/m}_N^3$