

Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 22.01.2015

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

1. Gasturbine mit geschlossenem Kreislauf (25 Punkte)

Ein Joule-Prozess soll berechnet werden. Eine Gasturbine mit geschlossenem Kreislauf arbeitet mit Helium als Arbeitsmedium. Das Druckverhältnis ist $\frac{p_1}{p_4} = 10$. Die Anfangstemperatur ist $T_4 = 50^\circ\text{C}$. Die zugeführte Wärmemenge wird derart eingestellt, dass eine höchste Temperatur $T_2 = 1100^\circ\text{C}$ nicht überschritten wird. Helium kann als (einatomiges) ideales Gas betrachtet werden.

Hinweis: $\frac{c_p}{c_v} = \kappa = 1 + \frac{2}{f}$; $c_p = 5,23 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ für Helium

- (4) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad**?
- (5) Wie groß sind die **Temperaturen** des Prozesses an den vier Punkten der Zustandsänderungen?
- (3) Wie groß ist der erforderliche **Wärmestrom** für eine abgegebene Nutzleistung Leistung von 1 MW?
- (4) Welcher **Massenstrom** des Helium-Gases in kg/s ist für diese Leistung erforderlich?
- (3) Wie groß ist die **Turbinenleistung**?
- (3) Wie groß ist die technische **Verdichterleistung**?
- (3) Wie groß ist das **Arbeitsverhältnis**?

2. Stirlingmotor (25 Punkte)

Ein Stirlingmotor soll zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Es wird ein 4-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 40°C beträgt. Der Druck ist dabei $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$. Es wird eine Wellenleistung von 10 kW benötigt.

Daten des Motors:

Volumen bei Verdichtung: $V_2 = V_3 = 0,3 \text{ Liter}$

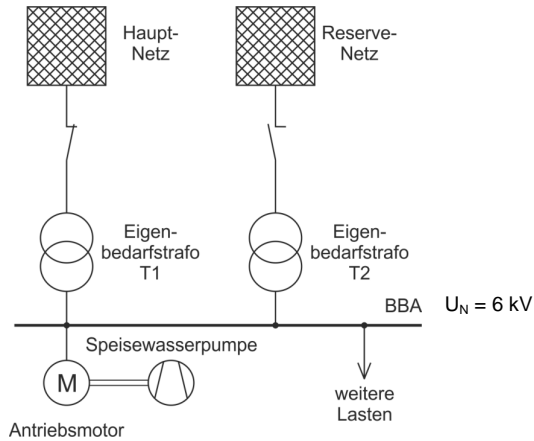
Volumen bei Expansion: $V_1 = V_4 = 1,7 \text{ Liter}$

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

- (6) Skizzieren Sie das **pV- und das TS-Diagramm** und beschriften Sie die relevanten Punkte.
- (3) Welcher **Massenstrom** wird im Motor bewegt?
- (4) Wie groß ist die erforderliche **obere Temperatur**?
- (3) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad**?
- (3) Wie groß ist das **Arbeitsverhältnis**?
- (3) Welches Niveau müsste die **obere Temperatur** unter sonst gleichen Bedingungen mindestens haben, damit der thermische Wirkungsgrad nicht unter 50% fällt?
- (3) Wie groß ist die **Heizleistung** des Kühlwasserkreislaufs (1 – 2)?

3. Eigenbedarfsnetz eines Kraftwerkes (25 Punkte)

Gegeben ist folgendes vereinfacht dargestelltes Eigenbedarfssystem eines Kraftwerkes.



Trafo T1 und T2: $S_N = 30 \text{ MVA}$; $u_k = 15\%$

Speisewasserpumpe: $P_{FWP} = 4,5 \text{ MW}$ (mechanische Wellenleistung im Normalbetrieb)

Motor: $U_N = 6 \text{ kV}$; $\eta = 0,95$; $\cos \varphi = 0,88$; $I_A/I_N = 6$

Beim Anlauf: $\cos \varphi_A = 0,17$

Weitere Lasten: $S_{NEB} = 5 \text{ MVA}$; $\cos \varphi_{EB} = 0,91$; $I''_{KEB} = 4 \text{ kA}$

- Bestimmen Sie die **Scheinleistung** und den **Nennstrom** des Antriebsmotors für die Kesselspeisepumpe. Berücksichtigen Sie dabei, dass der Motor aus Gründen der Redundanz auf die doppelte Wellenleistung ausgelegt ist.
- Bestimmen Sie den **Anlaufstrom** des Antriebsmotors bei Nennbedingungen und damit den Kurzschlussstrombeitrag.
- Schätzen Sie den **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene BBA ab, wenn entweder aus dem Haupt- oder aus dem Reservenetz gespeist wird. Nehmen sie dazu an, dass die Kurzschlussleistung des Haupt- bzw. Reservenetzes unendlich groß ist.
- Berechnen Sie die **Resistanz** und die **Reaktanz** des anlaufenden Motors.
- Schätzen Sie den **Spannungseinbruch** an der Sammelschiene BBA ab, wenn alle anderen Lasten abgeschaltet sind und der Motor für die Kesselspeisepumpe anläuft. Vor Zuschaltung des Motors wird dabei die Spannung an der Sammelschiene BBA über den Stufensteller des speisenden Trafos auf 110% geregelt. Vernachlässigen Sie dazu den resistiven Anteil der Trafoimpedanz.

4. Kohlekraftwerk (25 Punkte)

Das Fernheiz-Kraftwerk Mellach (Stmk) verfügt über eine elektrische Leistung von ca. 240 MW bei einem Gesamtwirkungsgrad (elektrisch) von 38%.

Die verwendete Steinkohle hat ein spezifisches Volumen von 1,35 t/m³ und einen Heizwert von 33 MJ/kg.

Chemische Analyse Steinkohle (Massenprozent):

Wassergehalt: 3,5% Aschegehalt: 6%

Elementaranalyse des wasser- und aschefreien Brennstoffs (Massenprozent):

C: 84,7% H₂: 5,4% O: 9% S: 0,9%

Zusammensetzung Luft (Volumprozent):

O₂: ~21% N₂: ~79% Luftdichte: ~1200g/m³ V_m = 22,4136 Liter/mol

Spezifische Wärmekapazitäten in kJ/(kg·K) bei konst. Druck 1 bar und 800°C:

CO₂: 1,085 H₂O: 2,073 O₂: 1,015 N₂: 1,096 SO₂: 1,096

Chemische Formel	H	H ₂	C	N	O	H ₂ O	N ₂	O ₂	S	CO ₂	SO ₂
Molekulargewicht [g/mol]	1	2	12	14	16	18	28	32	32	44	64

- Welche **Brennstoffzufuhr** [in kg/s] ist für das Fahren unter Nennleistung pro Stunde notwendig?
- Welcher **Brennstoffvolumenstrom** ergibt sich für Punkt a.?
- Welcher wasser- und aschefreier Massenstrom der Brennstoffkomponenten ergibt sich bei Nennleistung?
- (10) Bestimmen Sie die **Massenströme der Abgaskomponenten** bei einer Luftüberschusszahl von 1,25
Hinweis: Bei der Verbrennung werden keine Stickoxide gebildet.
- Bestimmen Sie die **Verbrennungstemperatur**.