

Schriftliche Prüfung aus VO Kraftwerke am 22.01.2018

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

1. Dampfkraftwerk (25 Punkte)

Tabelle und Diagramm

Ein Dampfkraftwerk mit einer zweiteiligen Dampfturbine und Zwischenüberhitzung soll groß ausgelegt werden. Die Speisewasserpumpe sitzt auf der gemeinsamen Welle und die von ihr verrichtete Arbeit ist in diesem Beispiel bei allen Rechengängen zu berücksichtigen.

Gegeben sind die folgenden Daten:

Austrittsdruck nach Turbine 2: **0,1 bar**

10% Wassergehalt im Dampf

Spezifische Arbeit der Speisewasserpumpe: **17,67 kJ/kg**

Nach der Vorerwärmung beträgt die Entropie: **3,84 kJ/kgK**

Eintrittstemperatur in die Hochdruckturbine: **560°C**

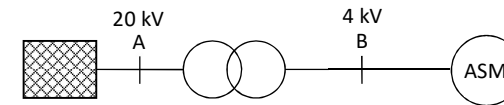
Druckverluste in den Rohr- und Wärmetauschsystemen sind zu vernachlässigen.

Hinweis: Die Lösungen können tlw. aus dem T,s-Diagramm gewonnen werden. Werte für weitere Berechnungen/Bestimmungen sind aus den Dampftabellen zu entnehmen.

- (3) Zeichnen Sie ein **Ersatzschaltbild** des **Dampfkreisprozesses** und beschriften Sie die thermodynamisch relevanten Punkte.
- (2) Zeichnen Sie in das **T,s-Diagramm** die thermodynamischen Zustände nach der Niederdruckturbine und vor der Speisewasserpumpe ein.
- (3) Wie hoch ist der **Druck** nach der **Speisewasserpumpe**?
- (3) Wie hoch ist die **Temperatur** nach der Vorwärmung des Wassers?
- (3) Der Dampfstrom wird in der Hochdruckturbine so entspannt das sich danach eine Temperatur von 232°C einstellt. Bestimmen Sie den **Druck** nach der Hochdruckturbine.
- (3) Welche **Temperatur** herrscht nach der Zwischenüberhitzung?
- (3) Wie groß ist die spezifische **Arbeit** des **Zwischenüberhitzers**?
- (5) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad** des Kraftwerkes?

2. Eigenbedarf eines Kraftwerkes (25 Punkte)

Ein Asynchronmotor wird durch das Eigenbedarfsnetz eines Wärmekraftwerks für den Antrieb einer Speisewasserpumpe versorgt.



Eigenbedarfsnetz-Netz

$$S_k'' = 110 \text{ MVA}$$

$$R_N = 0 \Omega$$

$$c = 1,1$$

Transformator

$$u_k = 6 \%$$

$$\frac{R}{X} = 0$$

$$S_N = 1,85 \text{ MVA}$$

Asynchronmotor

$$P_N = 1,35 \text{ MW}; \cos \varphi_N = 0,85 \text{ ind.}$$

$$\frac{I_a}{I_N} = 5; \cos \varphi_A = 0$$

- (6) Wie groß ist der **Gesamtkurzschlussstrom** für einen **dreipoligen Kurzschluss** an der Sammelschiene B ($c=1,1$)?
 - (4) Wie groß ist der **Spannungseinbruch** an der Sammelschiene B beim Anlauf des Motors?
- Es werden drei unterschiedliche Spannungseinbruch-Begrenzungsmaßnahmen an der Sammelschiene B untersucht:
- (6) Wie groß darf die **bezogene Kurzschlussspannung** des **Transformators** höchstens sein, damit beim Anlauf des Motors der Spannungseinbruch an der Sammelschiene B unter 15% bleibt?
 - (3) Wie **viele Transformatoren** gleichen Typs müssten zum vorhanden Transformator parallelgeschaltet werden damit der Spannungseinbruch an der Sammelschiene B 15% nicht überschreitet?
 - (6) Es soll beim Anlauf des Motors automatisch eine Kondensatorbatterie an der Sammelschiene B zugeschaltet werden. Wie groß muss der **Kapazitätswert** ausgelegt werden, damit der Spannungseinbruch 15% nicht überschreitet?

3. Rechtsdrehender Carnot-Prozess (25 Punkte)

Die Masse $m = 1$ kg des idealen Gases Luft durchläuft einen Carnot-Kreisprozess. Die untere Temperatur beträgt $T_U = 25^\circ\text{C}$ und der untere Druck $p_U = 1$ bar.

Das Druckverhältnis von höchstem zu niedrigstem Druck ist $p_1/p_3 = 55$.

Das Volumenverhältnis $V_3/V_4 = 4$.

Für Luft gilt weiteres: $c_p = 1,015$ kJ/(kg K); $\kappa_{\text{Luft}} = 1,4$; $R = 0,287$ kJ/(kg K).

- (3) Skizzieren Sie das **pv-Diagramm** des Carnot-Prozesses und beschriften Sie alle relevanten thermodynamische Zustandspunkte.
- (3) Wie groß ist das **Gasvolumen** im Punkt 3?
- (3) Wie groß sind **Volumen V_4** und **Druck p_4** ?
- (3) Wie groß ist die **Wärmeabfuhr Q_{34}** ?
- (4) Wie groß ist die **Verdichtungsarbeit W_{41}** ?
- (4) Wie groß ist die **zugeführte Wärme**?
- (3) Wie groß ist die **abgegebene Nutzarbeit**?
- (2) Wie groß ist der **thermische Wirkungsgrad** (Carnot Faktor)?

4. 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

- (5) Welche **Brennstoffzufuhr** ist für das Fahren unter Nennleistung notwendig?
- (3) Welche **Volllaststundenzahl** ergibt sich im Durchschnitt?
- (4) Welcher **Kohlenstoffmassenstrom** und **Schwefelmassenstrom** ergibt sich im Abgas bei Nennleistung?
- (5) Welcher **Kohlendioxidausstoß (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 gesamte Masse, zusammen:

C: 82 % H: 18 %

- (5) Welcher **Kohlendioxidausstoß (CO_2)** erfolgt bei diesem Kraftwerk bei Nennleistung?
- (3) Wie ist das **Verhältnis der CO_2 -Emissionen** der beiden Kraftwerke?