

Energieübertragung und Kraftwerke

9. schriftl. Prüfung aus Energieübertragung und Kraftwerke, am 01.02.2012

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

1. Heizkraftwerk (25)

Ein Heizkraftwerk arbeitet am Turbineneingang mit einem Druck von **100 bar** und einer Temperatur von **750°C**. Die Anlage arbeitet nach dem **Gegendruckprinzip** und weist **nach dem Kondensator** im Dampfturbinenkreis eine Temperatur von **104,8°C** auf.

Wirkungsgrade:

Kesselwirkungsgrad:	85,0%
Turbinen- und Generatorwirkungsgrad:	91,0%
Heizungswirkungsgrad (Wärmetauscher):	80,0%

Die Arbeiten der Pumpen im Dampfkreislauf sind vernachlässigbar. Die Entspannung in der Dampfturbine kann als ideal adiabat angesehen werden.

- (6) Zeichnen Sie das **h-s Diagramm** sowie das **p-v Diagramm** des Dampfkreisprozesses und **kennzeichnen** Sie jeweils den **Bereich der Fernwärmeentnahme**
Hinweis: die Turbinenarbeit wird ausschließlich beim isentropen Übergang verrichtet, die Fernwärmeentnahme findet ausschließlich beim isobaren Übergang statt
- (7) Bestimmen Sie **Enthalpie, Druck** und **Temperatur am Turbinenausgang**
- (6) Bestimmen Sie den **Gesamtwirkungsgrad** der Anlage (inkl. Fernwärmeauskopplung).
Hinweis: Versuchen Sie zunächst allgemein den Wirkungsgrad des Heizkraftwerks anzugeben
- (6) Welcher **Massestrom im Fernheizkreis** ist erforderlich, damit bei einer Vorlauftemperatur von 100°C und einer Rücklauftemperatur von 60 °C eine thermische Leistung von 250 MW ausgekoppelt werden kann.

Energieübertragung und Kraftwerke

2. Dezentrale Versorgung – Stirling Motor (25)

Eine Haus weist eine **elektrische Last** von $P_{el} = 900 \text{ W}$ auf. Der **Wärmebedarf** weist eine Heizleistung von $P_{Wärme} = 4000 \text{ W}$ auf. Das Haus wird mit einem **Stirling-Motor** versorgt, welcher Strom und Wärme bereitstellt. Weiters steht eine **Batterie** ($\eta = 0,85$) sowie ein **Warmwasserspeicher** ($\eta = 0,75$) zur Verfügung, um überschüssig erzeugten Strom bzw. Wärme verwenden zu können.

Der Stirling-Motor besitzt bei einer **elektrischen Nennleistung** von $P_{Stirl_{el}} = 1500 \text{ W}$ einen **elektrischen Wirkungsgrad** von $\eta_{el} = 20\%$. Mit **vollständiger Wärmeauskopplung** besitzt der Stirling-Motor einen **Gesamtwirkungsgrad** von $\eta_G = 75\%$

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

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

Energieübertragung und Kraftwerke

3. Gaskraftwerk (25)

Ein mit Erdgas betriebenes Kraftwerk soll eine **elektrische Leistung** von **200 MW** erzeugen können. Der **Gesamtwirkungsgrad** (el. Leistung zu thermischer Kesselleistung) der Anlage beträgt **45%**.

- (5) Wie groß ist die thermische Kesselleistung und der notwendige Brennstoffvolumenstrom?
- (5) Welcher Mindestluftvolumen ist bei stöchiometrischer Verbrennung erforderlich?
- (3) Welches Luftvolumen pro Sekunde ist erforderlich, wenn der Kessel mit einer Luftüberschusszahl von $\lambda=2$ betrieben wird?
- (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

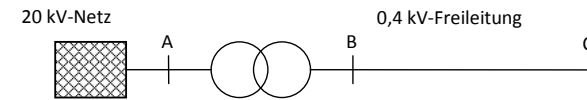
Avogadro: $V_m = 22,4136$ Liter pro mol bei Normalbedingungen

Heizwert-Erdgas: $H_{u,V} = 35800$ kJ/m³

Luft: $\sim 21\%V$ O₂; $\sim 79\%V$ N₂

Energieübertragung und Kraftwerke

4. Schutztechnik (25)



20 kV-Netz	Transformator	0,4 kV-Freileitung
$S_k'' = 0,5$ MVA	$u_k = 20$ %	$R_L' = 0$ Ω/km
$R_N/X_N = 0,3$	$R_T/X_T = 0,4$	$X_L' = 0,05$ Ω/km
	$S_N = 200$ kVA	$X_0' = 0,6$ Ω/km
		$l_{BC} = 750$ m
		$I_N = 350$ A

- (3) Bestimmen Sie den maximal zulässigen Betriebsstrom am Netzknoten C.
HINWEIS: die Nennströme dürfen dabei nicht überschritten werden.
- (9) Wie hoch ist die Kurzschlussleistung im Netzknoten C.
- (4) Wie hoch ist der maximale dreipolige Kurzschlussstrom im Netzknoten C.
- (3) Wie hoch ist der minimale einpolige Kurzschlussstrom am Netzknoten C?
HINWEIS: verwenden sie hierzu die Abschätzung

$$I''_{1p} = \sqrt{3} \cdot \frac{0,95 \cdot U_N}{\sqrt{(2 \cdot R_N + 2 \cdot R_T + 2 \cdot R_L)^2 + (2 \cdot X_N + 2 \cdot X_T + 2 \cdot X_L + X_0)^2}}$$

- (6) Wie lange darf die Leitung zwischen B und C maximal sein, sodass der minimale Fehlerstrom mindestens 40% größer ist, als der maximal zulässige Betriebsstrom?