

Kraft- und Arbeitsmaschinen

Klausur zur Diplom-Hauptprüfung, 19. August 2010

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

Umfang der Aufgabenstellung: **6** nummerierte Seiten;

Das Skript und Ihre Mitschrift der Vorlesung „Kraft- und Arbeitsmaschinen“ und Lehrbücher sind als Hilfsmittel zugelassen. Nicht zugelassen ist die Verwendung der Übungsunterlagen der Vorlesung „Kraft- und Arbeitsmaschinen“.

Bearbeiten Sie die Fragen 1 bis 5 bitte auf den Blättern der Aufgabenstellung.

Die Aufgaben 1 und 2 bearbeiten Sie bitte auf separaten Papierbögen (werden ausgeteilt).

Geben Sie diese Aufgabenstellung bitte zusammen mit Ihren Lösungsblättern ab. Füllen Sie die Angaben zu Ihrer Person aus und versehen Sie jedes Lösungsblatt mit Ihrem Namen.

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Unterschrift: _____

Angaben zur Korrektur

Frage	Maximale Punktzahl	Erreichte Punkte	Korrekteur
1	6		
2	3		
3	2		
4	4		
5	6		
Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punkte	Korrekteur
1	16		
2	13		
	Summe		
	Bewertung		

1. Frage Strömungsmaschinen (6 Punkte)

Die Firma Voith baut eine Pumpenturbine, die in Pumpspeicher-Kraftwerken eingesetzt wird, Abbildung 1. Bei etwas schlechterem Wirkungsgrad und längerer Anfahrzeit für den Pumpbetrieb sind die Baukosten jedoch niedriger als bei Maschinensätzen mit getrennten Pumpen und Turbinen.

Im Pumpbetrieb tritt das Wasser axial in die „Pumpe“ ein, wird im „Laufgrad“ beschleunigt und über die Steigleitung in den Speicher gedrückt. Der Leitapparat steht dabei so, dass das Wasser ungehindert durchfließen kann. Der von der „Turbine“ angetriebene Generator ist jetzt als Elektromotor geschaltet und treibt die „Pumpe“ an. Im Turbinenbetrieb sind die Fließrichtung des Wassers und die Drehrichtung des Laufrades entgegengesetzt.

Wie bei Francis-Turbinen wird das Wasser durch ein Spiralgehäuse gleichmäßig auf den Umfang des Laufrades verteilt. Es strömt radial ein, wird durch die Laufradschaufeln umgelenkt und tritt axial in das Saugrohr aus. Der Leitapparat reguliert die Turbinenleistung.

In welcher Anordnung der Leitschaufeln arbeitet das Gerät als Pumpe und wann als Turbine? Skizzieren Sie unten die Stellung der Leitschaufeln und typische Geschwindigkeitsdreiecke für diese radiale Strömungsmaschine in den beiden unterschiedlichen Betriebsweisen ein.

Begründen Sie Ihre Antwort (Hinweis: Betrachten Sie die Euler-Gleichung).



Abb. 1: Pumpenturbine von Voith

--	--

Geschwindigkeitsdreiecke radialer Strömungsmaschinen

2. Frage Kreiselpumpe (3 Punkte)

Eine Kreiselpumpe fördert bei Umgebungsdruck ($p_a = 1013,25 \text{ mbar}$) Wasser mit einer Temperatur von 40°C . Wie groß ist die maximale Saughöhe der Pumpe, wenn sie bei dem vorgegebenen Volumenstrom einen NPSH-Wert von 3 (m Wassersäule) aufweist?

Hinweis: Der Dampfdruck von Wasser bei 40°C entspricht $7,3849 \text{ kPa}$. Rechnen Sie das bitte um in m Wassersäule. $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, Dichte $992,18 \text{ kg/m}^3$

3. Frage Dampfkraftwerk (2 Punkte)

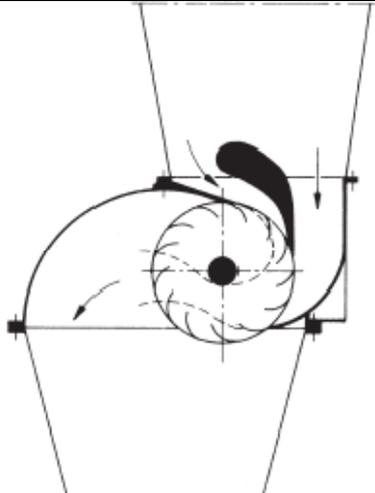
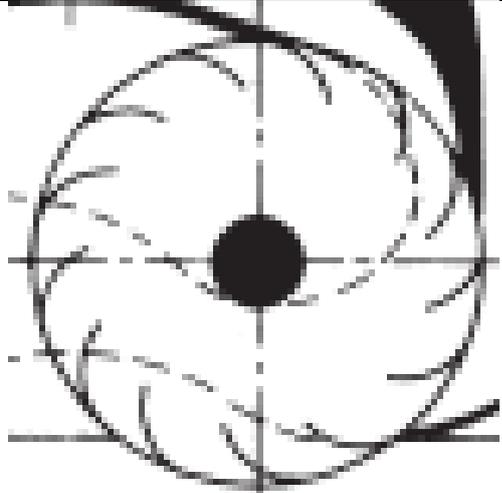
Warum hat ein Zweidruck-Kraftwerk einen höheren Wirkungsgrad als ein Eindruck-Kraftwerk? In welchem Fall ist die Endtemperatur der Verbrennungsluft geringer? Begründen Sie bitte die Antwort.

4. Frage Kolbenmaschinen (4 Punkte)

Welcher grundsätzlicher Unterschied besteht bezüglich der Ventilsteuerung zwischen einem Kolbenverdichter und einem 4-Takt Ottomotor? Welche Konstruktionsprinzipien sollten beachtet werden für einen möglichst geringen Druckverlust beim Ansaugen und Ausschleiben?

5. Frage Radiallüfter (6 Punkte)

Nach Art der Bänki-Wasserturbine werden heute Radiallüfter gebaut, die an einem Viertel des Umfangs die Luft einsaugen und am diametral gegenüberliegenden Umfang wieder hinausschleudern.

	
<p>Ossberger- oder Bänki-Turbine. Sie dreht im Uhrzeigersinn. Der rechteckige Wasserstrahl tritt in das Laufrad, durchquert das Radinnere und verläßt es auf der anderen Seite. Dabei beaufschlagt er die Laufradschaufeln zweimal.</p>	<p>Das Lüfterrad dreht gegen den Uhrzeigersinn. Radiales Ansaugen links, Ausschleiben rechts. Zeichnen Sie die Geschwindigkeitsdreiecke auf beiden Seiten des Rades innen und außen. Wie berechnet man die Lüfterleistung?</p>

1. Aufgabe Diesel-Prozess (16 Punkte)

Im Folgenden soll ein idealisierter Diesel-Prozess betrachtet werden. Die Ansaugtemperatur liegt 10 K über der Umgebungstemperatur. Der Ansaugdruck p_1 beträgt 97,5% des Umgebungsdruckes. Die Temperatur der reversibel adiabat komprimierten Luft beträgt 1000 K. Nach der Zündung und anschließender Verbrennung wird eine maximale Temperatur von 1700 K erreicht.

Während des gesamten Prozesses wird das Arbeitsmedium als Luft und ideales Gas angesehen. Der Einfluss des Brennstoffes und der Verbrennungsprodukte werden bei der Modellierung nicht berücksichtigt. Folgende Stoffeigenschaften sind Ihnen bekannt:

Isentropenexponent	$\kappa = 1,4$
Molmasse	$M_{\text{Luft}} = 28,96 \text{ g/mol}$
Universelle Gaskonstante	$R_m = 8,314472 \text{ J/(mol K)}$
Umgebungsbedingungen	$T_a = 293,15 \text{ K}$ und $p_a = 1,013 \text{ bar}$

- Zeichnen Sie den Prozess qualitativ richtig in ein p,v - und ein T,s -Diagramm ein. (6)
- Berechnen Sie die spezifische Wärmemenge, die bei der Verbrennung zugeführt, und die spezifische Wärmemenge, die durch den Gasaustausch abgeführt wird. (8)
- Berechnen Sie den thermischen Wirkungsgrad. (2)

2. Aufgabe Strahltriebwerk (13 Punkte)

Ein modernes Strahltriebwerk soll für den Reiseflug berechnet werden.

Dazu soll der Schub bezogen auf den eingesetzten Brennstoff bestimmt werden.

(Umgebungsbedingungen: $T_u = -45^\circ\text{C}$ und $p_u = 300 \text{ mbar}$)

Die Anströmgeschwindigkeit beträgt $v_1 = 230 \text{ m/s}$. Der Eintrittsquerschnitt hat $1,9 \text{ m}$ Durchmesser. Im Diffusor wird die Luft reversibel adiabat auf $v_2=150 \text{ m/s}$ verzögert.

Dann wird ein Teil ($6/7$) durch einen Fan beschleunigt auf $v_3= 550 \text{ m/s}$.

Der Rest ($1/7$) wird im Kompressor auf den Brennkammerdruck verdichtet.

Der isentrope Wirkungsgrad der Turbine beträgt $\eta_{s,T} = 92 \%$. Die Expansion in der Düse erfolgt bis zum Umgebungsdruck p_u und wird als reversibel adiabat angenommen.

Die Parameter des Triebwerks lauten:

spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p^\circ = 1007 \text{ J}/(\text{kg K})$
Isentropenexponent	$\kappa = 1,40$
Verdichtungsverhältnis	$\Pi = 14,0$
Brennstoffzufuhr in der Brennkammer	$f_1 = 0,025$
Druckverlust in der Brennkammer	$\Delta p_{34} = 3,5\%$
Turbineneintrittstemperatur	$T_4 = 1460 \text{ K}$

Die Verbrennungsgase können als ideales Gas betrachtet werden.

Die Stoffdaten der Verbrennungsgase werden als konstant angenommen.

Isentropenexponent	$\kappa = 1,33$
spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p^\circ = 1128 \text{ J}/(\text{kg K})$
Gaskonstante des Verbrennungsgases	$R = 279,9 \text{ J}/(\text{kg K})$

- Berechnen Sie den Druck hinter dem Diffusor p_2 . (2)
- Bestimmen Sie die Leistung des Fans, die benötigt wird um den Druck p_{3F} zu erreichen. (Da auch der Fan reversibel adiabat arbeitet, ist $T_{4F} = T_u$) (2)
- Bestimmen Sie die Kompressorleistung. (2)
- Welche Temperatur wird von den Verbrennungsgasen nach der Turbine erreicht? Welcher Druck stellt sich ein? (3)
- Wie hoch ist die brennstoffspezifische $\Delta \dot{E}_{kin}/\dot{m}_F$ (Schub-)Leistung des Triebwerks? (4)

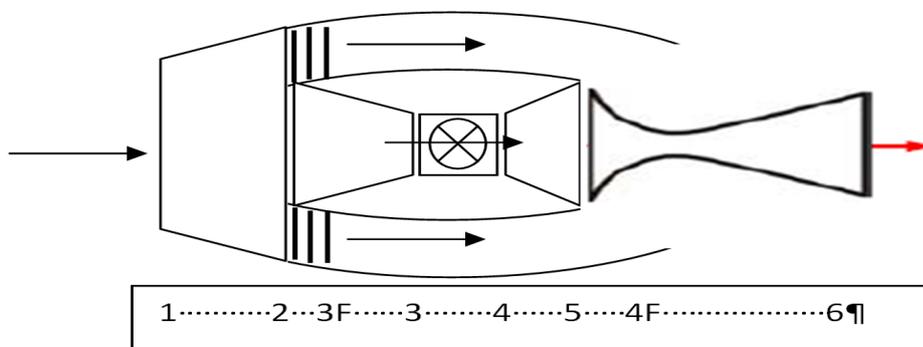


Abb.3: Strahltriebwerk