

KLAUSUR Energietechnik F'04

Mit Musterlösung in Kurzform

Prüfungsdauer: 3 Stunden [1,5 Std. im Nebenfach]

Aufgabe 1:**Gasturbine (30 Punkte)**

Eine Gasturbine arbeite idealisiert nach dem Joule-Prozess. Als Arbeitsmedium werde Luft ($\kappa = 1,4$; $c_p = 1,004 \text{ kJ/kgK}$) verwendet:

$$\vartheta_1 = \vartheta_u = 110^\circ\text{C}, \quad p_1 = 3 \text{ bar}, \quad \left(\frac{p_2}{p_4} \right)_{opt} = 4,5$$

- Berechnen Sie Temperatur und Druck in jedem Eckpunkt des Kreisprozesses.
- Wie groß sind Wirkungsgrad, Carnot-Faktor, Arbeitsverhältnis und spezifische Prozessarbeit?
- Welcher Massenstrom ist nötig, wenn dem installierten Generator eine Leistung von $P_{mech} = 50 \text{ MW}$ zugeführt werden soll?
- Welche Turbinen- und Verdichterleistungen sind nötig?
- Wie verändern sich die Größen Carnot-Faktor und Wirkungsgrad, wenn durch technische Maßnahmen das Druckverhältnis $\frac{p_2}{p_4}$ verdoppelt werden kann?
- Welche Betriebsart ist demnach günstiger und warum?

Aufgabe 2:**Gleichstrommotor (35 Punkte)**

Ein 4-poliger Gleichstromnebenschlussmotor hat folgende Daten:

Nennleistung	$P_N = 24 \text{ kW}$
Nennspannung	$U_{aN} = 200 \text{ V}$
Nennmoment	$M_N = 165 \text{ Nm}$
Nennfluss	$\Phi_N = 0,012 \text{ Vs}$
Maschinenkonstante	$c = 110$

In der Erregerwicklung fließt der Strom $I_{fN} = 5 \text{ A}$, wenn die Maschine an Nennspannung liegt und im Erregerkreis kein Vorwiderstand vorhanden ist.

Hinweis: Für die Berechnungen sind außer den Stromwärmeverlusten im Anker- und Erregerkreis des Motors alle anderen Verluste zu vernachlässigen. Die Ankerrückwirkung wird nicht berücksichtigt.

- Wie groß ist die im Anker induzierte Spannung im Nennbetrieb?
- Wie groß ist der Ankerwicklungswiderstand R_a ?

Die Maschine wird nun an Nennspannung gelegt und mit $M = 0,5 M_N$ belastet. Der Erregerstrom ist $I_f = I_{fN} = 5 \text{ A}$.

- Welche Drehzahl stellt sich ein?
- Wie groß ist der Wirkungsgrad η in diesem Betriebspunkt?

Durch einen Vorwiderstand im Erregerkreis wird der Fluss in der Maschine auf den halben Nennwert abgesenkt.

- Berechnen Sie die mechanische Leistung, die jetzt von dem Motor abgegeben wird bei einem Moment von $M = 0,5 M_N$!

Aufgabe 3:**Asynchronmotor (35 Punkte)**

Ein Asynchronmotor mit Käfigläufer ist an das Niederspannungsnetz ($U_N = U_\Delta = 400 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$) angeschlossen:

Schlupf	0	0,05	0,07	0,2	0,3	0,6	1
Drehmoment / Nm	0	150	196	428	465	372	
Betriebspunkt							
Drehzahl / min^{-1}							

- Ordnen Sie in der dritten Zeile der Tabelle folgende Begriffe zu: Stillstand, Kipp-Punkt, Synchronlauf.
- Die Nenndrehzahl soll 2850 min^{-1} betragen:
 - Welche Polpaarzahl muss die Maschine haben?
 - Vervollständigen Sie hiermit die vierte Zeile der Tabelle.
- Wie groß sind die mechanische Nennleistung und die Überlastbarkeit der Maschine?
- Berechnen Sie das Anlaufmoment unter der Annahme, dass Reibungsverluste vernachlässigt werden können und vervollständigen Sie die zweite Zeile der Tabelle.
- Zeichnen Sie das vereinfachte Ersatzschaltbild und berechnen Sie dessen Elemente. Das Reaktanzverhältnis betrage $\frac{X_{sh}}{X_\sigma} = 20$.
- Berechnen Sie den Ständerstrom \underline{I}_S (Betrag und Phase) im Anlauf, Nenn- und Kipp-Punkt sowie für synchronen Lauf.
- Was geschieht, wenn bei leerlaufender Maschine zwei Phasen der Ständerspannung abgeschaltet werden? (mit Begründung)

Musterlösung Aufgabe 1:

$$\vartheta_1 = 110^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 383 \text{ K}$$

$$\text{a) Gl. (3.16)} \Rightarrow \underline{\underline{\vartheta_3 = 632^\circ\text{C}}}$$

$$\text{Gl. (3.15)} \Rightarrow p_3 = p_2 = \underline{\underline{13,5 \text{ bar}}}, \quad p_4 = p_1 = \underline{\underline{3 \text{ bar}}}$$

$$\text{Gl. (3.12)} \Rightarrow \underline{\underline{\vartheta_2 = 316^\circ\text{C}}}$$

$$\text{Gl. (3.14)} \Rightarrow \underline{\underline{\vartheta_4 = 315^\circ\text{C}}}$$

$$\text{b) Gl. (3.18)} \Rightarrow \underline{\underline{\eta_J = 0,35}}$$

$$\text{Gl. (3.1)} \Rightarrow \underline{\underline{\eta_C = 0,58}}$$

$$\text{Gl. (3.25)} \Rightarrow \underline{\underline{r = 0,35}}$$

$$\text{Gl. (3.17)} \Rightarrow \underline{\underline{w_{opt} = 111 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}}$$

$$\text{c) Gl. (4.7)} \Rightarrow \underline{\underline{\dot{m} = 450 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}}$$

$$\text{d) vgl. Übungsaufgabe 3.6} \Rightarrow P_T = \underline{\underline{143 \text{ MW}}}, \quad P_V = \underline{\underline{93 \text{ MW}}}$$

$$\text{e) } \vartheta_3' = 1071^\circ\text{C}, \quad \underline{\underline{\eta_c' = 0,72}}, \quad \underline{\underline{\eta_J' = 0,47}}$$

f) vgl. KE 02, S. 39: Die erste Betriebsart ist günstiger.

Musterlösung Aufgabe 2:

$$p = 2$$

$$\text{a) vgl. Übungsaufgabe 3.6, Gl. (3.18)} \Rightarrow n = \underline{\underline{1389 \text{ min}^{-1}}}$$

$$\text{Gl. (8.12)} \Rightarrow U_q = \underline{\underline{192 \text{ V}}}$$

$$\text{b) Gl. (8.10)} \Rightarrow R_a = \underline{\underline{64 \text{ m}\Omega}}$$

$$\text{c) } n = \underline{\underline{1418 \text{ min}^{-1}}}$$

$$\text{d) vgl. KE 04, Einsendaufgabe 2: } \eta = \underline{\underline{91\%}}$$

$$\text{e) Gl. (8.12)} \Rightarrow P = \underline{\underline{24,0 \text{ kW}}}$$

Musterlösung Aufgabe 3:

vgl. KE 08, Einsendeaufgaben:

a) s. Tabelle

b) $p = 1$ c) $P_{mech,N} = \underline{\underline{44,8 \text{ kW}}}$, $\underline{\underline{ü}} = \underline{\underline{3,1}}$ d) Gl. (17.26) $\Rightarrow M_A = \underline{\underline{256 \text{ Nm}}}$

e) Ersatzschaltbild C, S. 251

Gl. (17.16) $\Rightarrow X_\sigma = \underline{\underline{0,55 \Omega}}$ Gl. (17.21) $\Rightarrow R_r' = \underline{\underline{0,17 \Omega}}$ f) $\underline{I}_S(s=0) = \underline{\underline{21 \cdot e^{-j90^\circ} \text{ A}}}$ mit $\underline{U}_S = U_S = 231 \text{ V}$ $\underline{I}_S(s=0,05) = \underline{\underline{73,40 \cdot e^{-j26^\circ} \text{ A}}}$ $\underline{I}_S(s=0,3) = \underline{\underline{128,3 \cdot e^{-j25,7^\circ} \text{ A}}}$ $\underline{I}_S(s=1) = \underline{\underline{421 \cdot e^{-j74^\circ} \text{ A}}}$

g) Ständerwicklung in Dreieck: Maschine bleibt stehen, denn es fließt kein Ständerstrom mehr.
 Ständerwicklung in Stern: Maschine läuft als Einphasen-ASM weiter.

Schlupf	0	0,05	0,07	0,2	0,3	0,6	1
Drehmoment / Nm	0	150	196	428	465	372	256
Betriebspunkt	Synchronlauf				Kipp-Punkt		Stillstand
Drehzahl / min ⁻¹	3000	2850	2790	2400	2100	1200	0