DEMEGI
Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto
Rua dos Bragas - 4099 Porto Codex - Portugal — Telefs. 351-2-[illegible] — Fax 318423

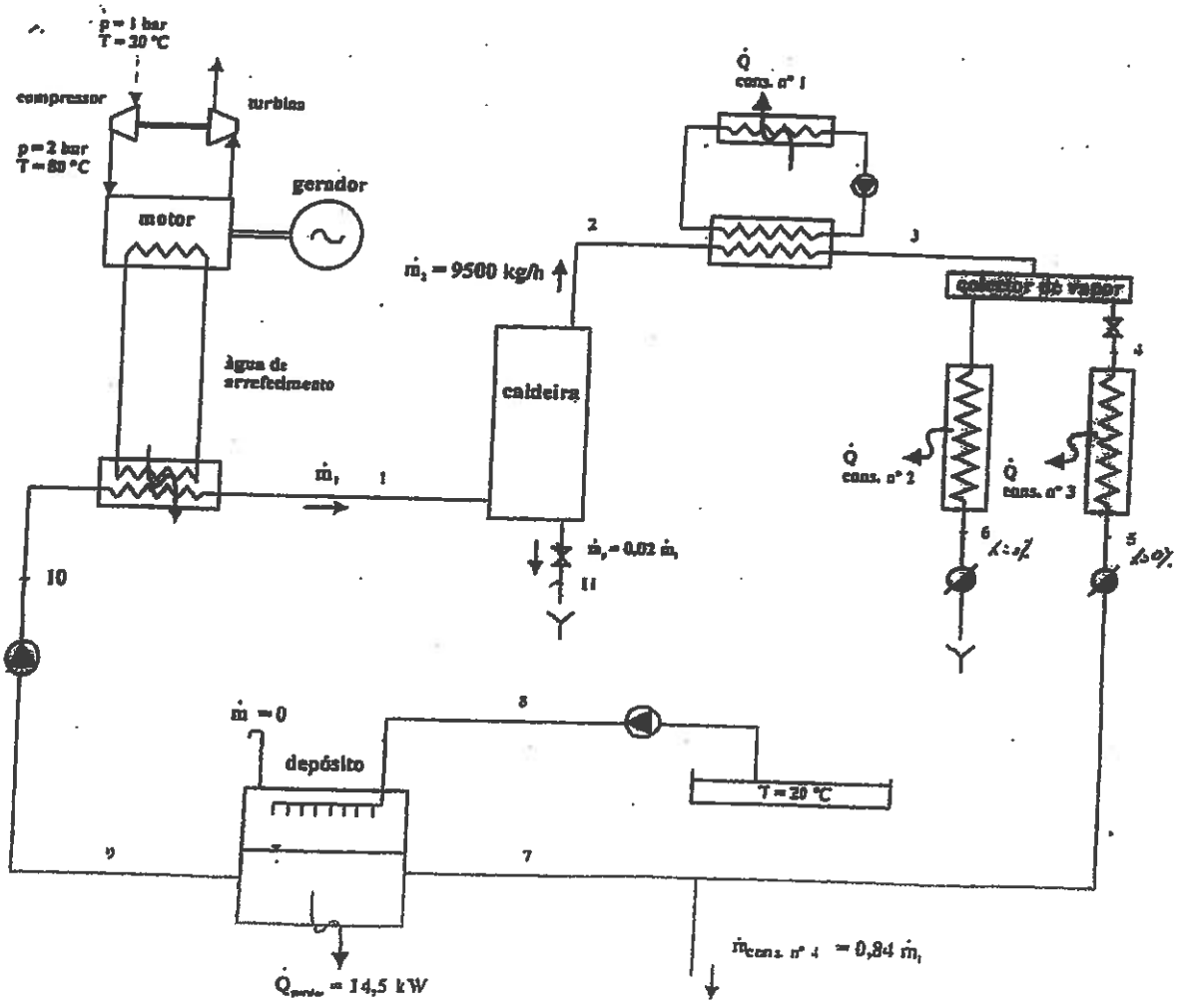
Máquinas Térmicas

(parte prática)

Exame, 1999/07/28

Duração: 2 horas

A figura mostra uma instalação térmica industrial que produz electricidade, no gerador, potência calorífica para três consumidores, $\dot{Q}_{cons\ n^o1}$, $\dot{Q}_{cons\ n^o2}$ e $\dot{Q}_{cons\ n^o3}$, e água quente para o consumidor nº 4. Sabe-se que a instalação de vapor tem perdas devidas aos efluentes líquidos (nos pontos 6 e 11) de valor igual a $2\% \times \dot{m}_{comb.\ caldeira} \times$ P.C.I. .



1999/07/28

Além dos dados indicados na figura, considere também os seguintes dados:

1		T = 30 °C	
2	p = 14 at	T = 300 °C	
3		T = 200 °C	
4	p = 6 at		
5			líquido saturado
6			líquido saturado
Caldeira:	- combustível:	propano (C_3H_8)	P.C.I. = 46000 kJ/kg
		$V_{comb.}$ = 385 m³/h	$P_{comb.}$ = 1 bar
			$T_{comb.}$ = 15 °C
Motor:	Diesel	P.C.I. = 42500 kJ/kg	Ne = 420 kW
	4 tempos	com turbo compressor	p.m.e. = 1250 kPa
	6 cilindros	curso / diâmetro = 1,2	V(média) = 13 m/s
	η_v = 90%	$P_{entrada\ no\ motor}$ = 2 bar	$T_{entrada\ no\ motor}$ = 80 °C
	$m_{comb.\ injectado\ (cilindro\ ciclo)}$ = = 0,225 g		
Gerador:	$\eta_{ger.}$ = 95%		

Nota: Caso queira responder às alíneas sem ser pela ordem proposta, considere os seguintes dados: $\dot{m}_6 = 610$ kg/h; N = 2100 r.p.m.; $Diâmetro_{cilindro} = 14$ cm; $\dot{m}_{comb.} = 30$ g/s

Determine:

a) (1,5 v) o rendimento da caldeira atendendo à perda na purga;

b) (2 v) as potências $\dot{Q}_{cons\ nº1}$, $\dot{Q}_{cons\ nº2}$, e $\dot{Q}_{cons\ nº3}$;

c) (1.5 v) a temperatura da água no depósito;

d) (2 v) a velocidade de rotação do motor;

e) (2 v) o consumo específico de combustível e o momento motor;

f) (1,5 v) a relação ar/combustível, A/C, em massa;

g) (1.5 v) caso seja colocado um arrefecedor intermédio entre o compressor e o motor, baixando a temperatura do ar para 40 °C, mas mantendo-se a sua pressão constante e igual a 2 bar, e sabendo que o caudal mássico de ar, $\dot{m}$, introduzido no motor varia com as condições de admissão, nomeadamente com a pressão, p, e a temperatura, T (K), segundo a relação, $\dot{m} \alpha (p / T^{1/2})$, preveja qual o novo valor do rendimento volumétrico.

11.1. 2/2

e) n=1

$V_c = \rho_{mc} \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot l \cdot i \cdot \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{60}$

$T = \frac{2 \cdot m \cdot l}{60}$

$\frac{l}{\phi} = 1,2$

$420 = 1250 \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot l \cdot l \cdot \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{60}$

$13 = \frac{2 \cdot m \cdot l}{60}$

$\frac{l}{\phi} = 1,2$

$n = 2194$ RPm

$\phi = 0,148$ m

$l = 0,178$ m

$\therefore \eta_m = \frac{N_c}{\frac{2\pi \cdot n}{60}} = \frac{420}{\frac{2\pi \cdot 2194}{60}} = 1,82$ KN.m

$\dot{m}_{comb/cil/ciclo} \cdot i \cdot \frac{n}{60 \cdot 2} = \dot{m}_{comb} \Rightarrow \dot{m}_{1cmb} = 0,225 \cdot l \cdot \frac{2194}{60 \cdot 2} = 24,68$ g/s

$\frac{\dot{m}_{comb} \cdot 3600}{N_c} = 211,5$ g/Kwh

f) $\dot{m}_{ar} = \rho_{ar} \cdot \dot{V}_{ar} = 0,356$ Kg/s

$\eta_v = \frac{\dot{V}_{ar} \cdot \rho_0}{\frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot l \cdot i \cdot n} \Rightarrow \boxed{\dot{V}_{ar} = 0,3022 \text{ m}^3/\text{s}}$

$= 0,9$

$\rho_a = \frac{P}{R \cdot T} = \frac{2 \cdot 10^5}{287 \cdot (273,15+20)} = 1,173$ Kg/m³

$\left(\frac{m_{ar}}{m_{comb}}\right) = 24,17$?

$\dot{m} \propto \left(\frac{P}{T^{1/2}}\right)$

(I) $P_I = 2\,bar$, $T_I = 80°C = 353,15\,K$

(II) $P_{II} = 2\,bar$, $T_{II} = 40°C = 313,15\,K$

$$\eta_{vI} = \frac{\dot{V}_{ar} \cdot 120}{C \cdot M} = \frac{\dot{m}_{ar_I} \cdot 120}{\rho_I \cdot C \cdot M} = \frac{\alpha\left(\frac{P_I}{T_I^{1/2}}\right) \cdot 120}{\frac{P_I}{R\,T_I} \cdot C \times M}$$

$$\eta_{vII} = \frac{\alpha\left(\frac{P_{II}}{T_{II}^{1/2}}\right) \cdot 120}{\frac{P_{II}}{R\,T_{II}} \cdot C \cdot M}$$

$$= \frac{\frac{\cancel{\alpha}\left(\frac{\cancel{P_I}}{T_I^{1/2}}\right) \cdot \cancel{120}}{\frac{\cancel{P_I}}{\cancel{R}\,T_I} \cdot \cancel{C} \cdot \cancel{M}}}{\frac{\cancel{\alpha}\left(\frac{\cancel{P_{II}}}{T_{II}^{1/2}}\right) \cdot \cancel{120}}{\frac{\cancel{P_{II}}}{\cancel{R}\,T_{II}} \cdot \cancel{C} \cdot \cancel{M}}} = \frac{\sqrt{T_I}}{\sqrt{T_{II}}} = \sqrt{\frac{351,15}{313,15}} = 1,06195$$

$\eta_{vI} = 90\%$

$\Rightarrow \frac{\eta_{vII}}{\eta_{vI}} = 1,06195 \Rightarrow \boxed{\eta_{vII} = 84,75\%}$

Exam 23/07/24 - 11.1.

R.T 1/2

$$\eta_{cal} = \frac{\dot m_p h_{11} + \dot m_2 h_2 - \dot m_1 h_1}{\dot m_{comb} \cdot PCI} = \frac{\frac{193,9}{3600} \cdot 826,056 + \frac{9500}{3600} \cdot 3035,849 - \frac{9693,9}{3600} \cdot 203,34}{0,196 \cdot 10300 \cdot 4,1868} =$$

$\boxed{\dot m_p = 0,02\, \dot m_1}$

$= 88,6\%$

$\dot m_1 = \dot m_2 + \dot m_p \Rightarrow \dot m_1 = \dot m_2 + 0,02\, \dot m_1$

$\dot m_1 = 9693,9$ kg/h =

$\dot m_p = 193,9$ kg/h

$PV = mRT \Rightarrow \rho_{comb} = \frac{P}{RT} = \frac{10^5}{188,778 \cdot (273,15+15)} =$

$= 1,838$

$\dot m_{comb} = \rho_{comb} \cdot \dot V_{comb} = 0,196$ kg/s

$\left\{ \begin{array}{l} P = 14\ \text{ar} \\ T = 300\ ^\circ C \end{array} \right\} h_2 = 3035,849$ kg/kg

$\left\{ \begin{array}{l} T = 50\ ^\circ C \\ P = 14\ \text{ar} \end{array} \right\} h_1 = 4,1868 \cdot 50 = 203,34$ kg/kg

$P = 14$ ar | $h_{11} = 826,056$ kg/kg

[illegible]

$\dot Q_1 = \dot m_2 (h_3 - h_2) =$

$= -\frac{9500}{3600} (2805,156 - 3035,849) =$

$= 608,8$ kW

$\dot Q_2 = \dot m_6 (h_3 - h_6)$

$0,02\, \dot m_{comb_{cal}} \cdot PCI = \dot m_6 (h_6 - h_0) + \dot m_p (h_{11} - h_2)$

③ $\left\{ \begin{array}{l} P = 14\ \text{ar} \\ T = 200\ ^\circ C \end{array} \right\} h_3 = 2805,156$ kg/kg

④ $\left\{ \begin{array}{l} P = 6\ \text{ar} \\ h_3 = h_4 \end{array} \right\} h_4 = 2805,156$ kg/kg

⑤ $\left\{ \begin{array}{l} P = 6\ \text{ar} \\ x = 0\% \end{array} \right\} h_5 = 666,957$ kg/kg

⑥ $\left\{ \begin{array}{l} P = 14\ \text{ar} \\ x = 0\% \end{array} \right\} h_6 = 826,056$ kg/kg

⓪ $\left\{ \begin{array}{l} T = 20\ ^\circ C \\ P = 1\ \text{ar} \end{array} \right\} h_0 = 84,155$ kg/kg

$\dot{Q} = \dot{m}_6 (2805{,}156 - 826{,}056) = 362{,}3 \text{ kW}$

$0{,}82 = 0{,}196 \cdot 13300 \cdot 4{,}1868 \cdot \dot{m}_6 (826{,}056 - 84{,}155) + \frac{199{,}9}{3600} (826{,}056 - 209{,}34) \Rightarrow \dot{m}_6 = 0{,}183 \text{ kg/s}$

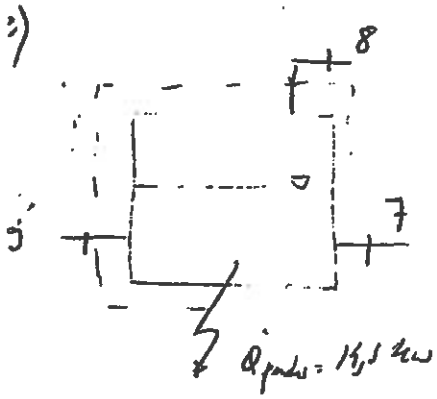
$\dot{Q}_3 = \dot{m}_5 (h_4 - h_5)$

$\dot{m}_3 = \dot{m}_6 + \dot{m}_5$

$\dot{Q}_3 = 2{,}456 (2805{,}156 - 666{,}957) = 5251{,}4 \text{ kW}$

$\dot{m}_3 = 2{,}456 \text{ kg/s}$

:)



(7) $P = 6$ at

$h_7 = h_5 = 666{,}957 \text{ kg/kg}$

(8) $h_8 = 4{,}1868 \cdot 20 = 83{,}736 \text{ kg/kg}$

$\dot{Q}_{perdu} = \dot{m}_9 h_9 - \dot{m}_8 h_8 - \dot{m}_7 h_7$

$\dot{m}_9 = \dot{m}_8 + \dot{m}_7$

$\dot{m}_7 = \dot{m}_5 - 0{,}84 \dot{m}_1$

$-14{,}5 = 2{,}693 \cdot h_9 - 2{,}499 \cdot 83{,}736 - 0{,}194 \cdot 666{,}957$

$2{,}693 = \dot{m}_8 + 0{,}194 \Rightarrow \dot{m}_8 = 2{,}499 \text{ kg/s}$

$\dot{m}_7 = 2{,}456 - 2{,}262 \Rightarrow \dot{m}_7 = 0{,}194 \text{ kg/s}$

$\boxed{h_9 = 120{,}36 \text{ kg/kg}}$

$P = 1$ at

$\boxed{T_9 = 28{,}69 \text{ °C}}$