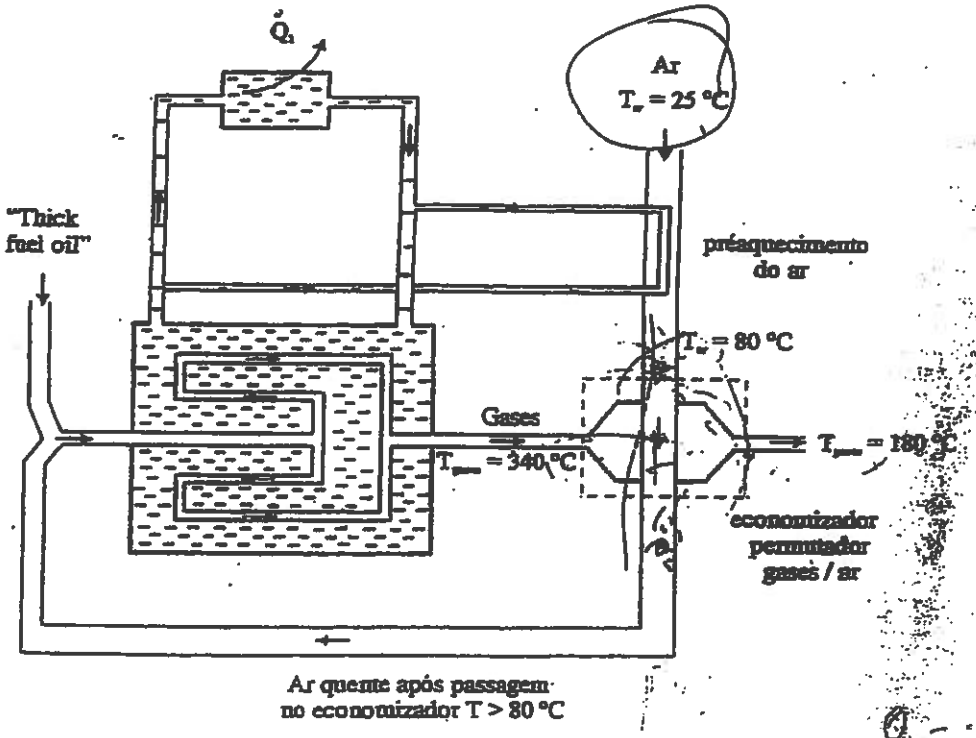
DEMEGI
Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto
Rua dos Bragas - 4099 Porto Codex - Portugal — Telefs. 351-2-[illegible] — Fax 319125

Máquinas Térmicas
(parte prática)

2ª Chamada, 2000/07/12 — **Duração: 2 horas**

1. Uma instalação de fluido térmico opera nas condições indicadas na figura.



Sabe-se que o rendimento da instalação é dado pela expressão de Siegert:

$$\eta_{instalação} = 100 - K\,(T_{saída\ gases} - T_{entrada\ ar})\ /\ \%CO_2$$

em que $K = 0{,}484 + \%CO_2 \times 0{,}007733$ e CO2 está em percentagem

Dados:

Combustível:	"thick fuel oil"	
	Composição mássica:	C : 84,5%, H : 11%, O_2 : 0,5%, N_2 : 0,5%, S : 3,5%
Ar:	15% de excesso ar	Cp_{ar} = 1,05 kJ/(kgK)
Produtos:	$\%CO_2$ – 13,64%	Cp_{gases} = 1,34 kJ/(kgK)

a) (1 v) Determine a razão $(m_{ar}/m_{comb})_{estequiométrica}$;

b) (1,5 v) Determine o valor percentual de combustível economizado, em virtude da recuperação do calor dos gases de escape, relativamente ao caso de não haver economizador;

c) (1,5 v) Calcule a temperatura do ar à saída do economizador;

d) (1,5 v) Qual a eficiência do permutador gases/ar ?

e) (0,5 v) Justifique porque é que uma diminuição da $\%CO_2$ provoca uma diminuição do rendimento da instalação;

NOTA: Caso não tenha resolvido todas as alíneas e necessite de alguns valores não calculados, utilize os seguintes valores:

$(m_{ar}/m_{comb})_{estequiométrica}$ = 13,64, temperatura do ar à saída do economizador = 297 °C

2. Um compressor alternativo de simples efeito, com um andar de compressão, tem um cilindro com 100 mm de diâmetro e o curso do pistão é de 100 mm. O espaço morto tem um valor igual a 5% do volume deslocado. O ar entra no compressor à pressão de 1 bar e à temperatura de 20 °C através de um tubo cuja secção é igual à secção do tubo de descarga. Sabe-se que a evolução de compressão é politrópica (n = 1,35), a relação de pressão é igual a 7, N = 600 r.p.m. , $\eta_{politrópico}$ = 100% e Cp = 1,05 kJ/(kgK).

Determine:

a) (1,5 v) o rendimento volumétrico;

b) (1,5 v) o débito de ar livre (débito efectivo às condições de aspiração, l/min.);

c) (1 v) a potência calorífica perdida para o ambiente;

d) (2 v) a redução percentual da velocidade do ar na descarga relativamente à velocidade do ar na admissão.

NOTA: Caso não tenha resolvido todas as alíneas e necessite de alguns valores não calculados, utilize os seguintes valores: 2 a) 85%; 2b) 400 l/min.

d. $\frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{\frac{V_1}{A} - \frac{V_2}{A}}{\frac{V_1}{A}} = \frac{V_1}{V_1} = 1 - \frac{\frac{m}{\rho_2}}{\frac{m}{\rho_1}}$

$\rho = \frac{P}{RT}$

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto — Questão N.º _____ Folha N.º _____

Folha para provas de avaliação — 12/7/2000

Nome _____

1. (a) $\left(\frac{A}{C}\right)_{estq.}$

$$\frac{0{,}895}{12}C + \frac{0{,}1927}{2}(O_2 + 3{,}76\,N_2) + \frac{0{,}11}{1}H + \frac{0{,}035}{32{,}064}S + \frac{0{,}05}{16}O + \frac{0{,}05}{28}N_2 \rightarrow \frac{0{,}845}{12}CO_2 + \frac{0{,}11}{2}H_2O + N_2$$

$$\left(\frac{A}{C}\right)_{estq} = 11{,}5\,C + 34{,}5\left(H - \frac{O}{8}\right) + 4{,}32 \times S =$$

$$= 11{,}5 \times 0{,}845 + 34{,}5\left(0{,}11 - \frac{0{,}05}{8}\right) + 4{,}32 \times 0{,}035 = 13{,}448 \text{ kg ar/kg comb.}$$

(b) $\eta_{int/s} = 100 - k(340 - 80) = 88{,}76\%$; $\eta_{int/c} = 100 - k(180 - 80) = 95{,}678\%$

$$(m_{comb})_{acres} = \frac{1}{\eta_{int/s}} - \frac{1}{\eta_{int/c}} = \frac{88{,}76 - 95{,}678}{88{,}76} = 0{,}0779 \text{ kg/s}$$

(c) $\dot{m}_{ar} \times C_{p,ar}(T_{ar,s} - T_{ar,e}) = \dot{m}_{gases} \times C_{p,gases}(T_{g,e,s} - T_{g,e,e})$

$$\Rightarrow \left(\frac{\dot{m}_{ar}}{\dot{m}_{comb}}\right)_{real} \times C_{p,ar}(T_{ar,s} - T_{ar,e}) = \frac{\dot{m}_{gases}}{\dot{m}_{comb}} \times C_{p,gases}(T_{g,e,s} - T_{g,e,e})$$

$$n = \frac{(A/C)_{estq.}}{(A/C)_{real}} \Rightarrow \left(\frac{A}{C}\right)_{real} = \frac{13{,}448}{n} = \frac{13{,}448}{0{,}895} = 15{,}465 \text{ kg ar/kg comb.}$$

$$1 + e = \frac{1}{n} \Rightarrow n = \frac{1}{1+e} = \frac{1}{1{,}915} = 0{,}8695 \quad ; \quad \frac{1}{n} = 1{,}15$$

$$\frac{\dot{m}_{gases}}{\dot{m}_{comb}} = \frac{\dot{m}_{ar}}{\dot{m}_{comb}} + \frac{\dot{m}_{comb}}{\dot{m}_{comb}} = \left(\frac{\dot{m}_{ar}}{\dot{m}_{comb}}\right)_{real} + 1 = \frac{\dot{m}_{gases}}{\dot{m}_{comb}}$$

$$15{,}465 \times 1{,}05 \times (T_s - 80) = \left[1 + 15{,}465\right] \times 1{,}34 \times (180 + 340)$$

$$\Rightarrow T_{s,ar} = 297{,}393\,^{\circ}C$$

Usar frente e verso. Não escrever fora das margens.

d. $\boxed{\varepsilon = \dfrac{\dot{Q}_{trocado}}{(\dot{m}_{cp})_{min} \times \Delta T_{max}}}$ $\qquad \dot{m}_{CP_{ar}} = \dot{m}_{ar}\, CP_{ar}$

$\dot{m}_{FF} = \dot{m}_{ar}$; $\dot{m}_{Fq} = \dot{m}_{gases}$

$T^{\circ}_{ent\,FF} = 80^{\circ}C$; $T^{\circ}_{ent\,Fq} = 340^{\circ}C$

$\boxed{\dot{Q}_I = \dot{m}_{FF} \times CP_{ar} \times (T_s - T_{ent})} =$

$\boxed{\dot{Q}_{II} = \dot{m}_{Fq} \times CP_{gases} \times (T_{ent} - T_{sai})} =$

$(\dot{m}\, CP)_{min}$: $\dot{m}_{ar} \times CP_{ar}$ = este é menor
$\dot{m}_{ar} + \dot{m}_{comb} \leftarrow \dot{m}_{gases} \times CP_{gases} \Rightarrow \dot{m}_{ar}\, CP_{ar}$ $\Big\} \Rightarrow$ min.

$\dot{Q}_{trocado} = \eta \times \boxed{\dot{Q}_I \text{ ou } \dot{Q}_{II}}$???

$\dfrac{\dot{m}_{ar}\, CP_{ar}\, (T_s - T_e)_{ar}}{\dot{m}_{ar}\, CP_{ar} \times \Delta T_{max}}$

$\varepsilon = \dfrac{\frac{\dot{m}_{ar}}{\dot{m}_{comb}} \times CP_{ar} \times (T_s - T_e)_{ar}}{\frac{\dot{m}_{ar}}{\dot{m}_{comb}} \times CP_{ar} \times \Delta T_{max}} = \dfrac{(T_s - T_e)_{ar}}{\Delta T_{max}} =$

$= \dfrac{297 - 80}{340 - 80} = 0{,}8346 = 83{,}46\%$

e. $\downarrow \%CO_2 \Rightarrow \downarrow \eta_{int}$

$\eta_{int} = 100 - \dfrac{K\,(T_{saída} - T_{ent,ar})}{\%CO_2}$

$\eta_{int} = 100 - \dfrac{[(0{,}484 + \%CO_2 \times 0{,}007733) \times (T_{s,gases} - T_{e,ar})]}{\%CO_2} =$

$= \dfrac{99{,}2267\,(\%CO_2 - 0{,}4877)}{\%CO_2}$, se $\%CO_2 \downarrow \Rightarrow \eta_{int} \downarrow$

$\uparrow$ ou $\downarrow$ e $\Rightarrow \uparrow$ perdas $\Rightarrow \downarrow \eta_{int}$

porque há uma diminuição do combustível.

Nome

2. cilindro → ϕ = 100 mm; curso = l = 100 mm.
aspiração admite = 5%, $P_{ar,1} = 1\,bar$, $T = 20°C$,



$P_1 = P_3$

$n = 1{,}35$, $\frac{P_2}{P_1} = 7$; $m = 600$ r.p.m.; $\eta_{ref} = 100\%$

$cp = 1{,}05\ kJ/kg°K$

a. η_v?

$$\eta_v = 1 - \frac{V_3}{V_1 - V_3} \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/n} - 1\right] = 1 - 0{,}05 \times \left[7^{1/1{,}35} - 1\right] = 0{,}8386 = 83{,}86\%$$

b. $\dot{V}$ (l/min)

W_{util} = modo inicial $RT_1 \times \frac{n}{n-1} \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right]$

$$\eta_v = \frac{\dot{V} \times 60}{c \times m} = \frac{\dot{V} \times 60}{0{,}000785 \times 600}$$

c → cilindrada do cilindro: $\frac{\pi \times \phi^2}{4} \times l = \frac{\pi \times 0{,}1^2}{4} \times 0{,}1 = 0{,}000785\ m^3$

$$\frac{0{,}8386 \times 0{,}000785 \times 600}{120} = \dot{V} \Rightarrow \dot{V} = 0{,}00329\ m^3/s$$
$$= 3{,}293\ l/s$$
$$= 197{,}58\ l/min.$$

c. $\dot{Q} = \dot{m}_{ar} \times c_{p\,ar} \times (T_2 - T_1)$

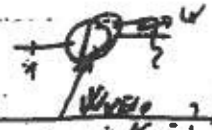
$\dot{m}_{ar} = \rho \times \dot{V}$; $PV = mRT \Rightarrow \dot{m}_{ar} = \frac{10^5 \times 0{,}00329}{287 \times (273{,}15 + 20)} =$

$$= 0{,}00391\ kg/s$$

$\dot{m}_{ar} = \frac{\dot{V} \times P}{RT}$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \Rightarrow T_2 = 20 \times 7^{\frac{n-1}{n}} = 33{,}12\ °C$$

OK



$m_1 h_1 + \dot{W}_v + \dot{W} = m_1 h_2$

$\dot{W} = m(h_2 - h_1) - \dot{W}$

$$\dot{Q} = 0{,}01391 \times 1{,}05 \times (33{,}12 - 20) = 0{,}0538\ kW$$

d.