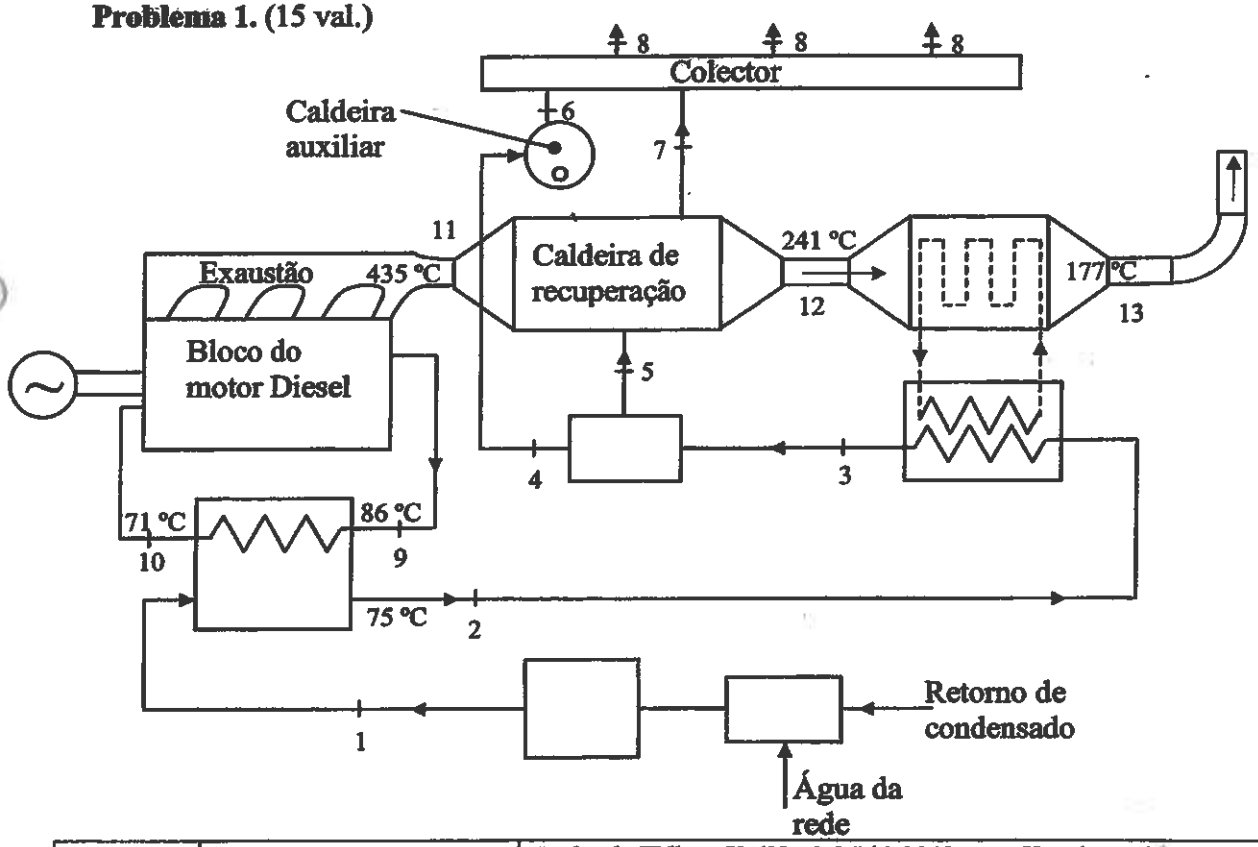
Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Exame de Máquinas Térmicas
(recurso)

DEMEGI 2004/2005

Duração 2h — 18/07/2005

Problema 1. (15 val.)



Motor Diesel	Plena carga	*Linha de Willans*: $V=(Ne+0.85)*0.3348$, com V -volume de combustível injectado por cilindro e por ciclo [cm^3], Ne -potência efectiva [MW]		
	$P_{ar\ ambiente}$=1 atm	$T°_{ar\ ambiente}$=15°C	$P_{admissão}$ do ar no motor, 2 bar	$T_{admissão}$ do ar no motor, 300 K
	4 Tempos, 16 cilindros	pme=2796 kPa	Pot eléctrica =8.5 MW	$\eta_{gerador}=95\%$
	PCI=10670 kcal/kg	ρ_{comb}=750 kg/m^3	$C_{10}H_{22}$	$\dot{m}_{comb}=0.501$ kg/s
	Análise aos produtos de combustão %CO_2-10, %CO-3.1, %O_2-1	$M_{produtos}$=31 kg/kmol	$Cp_{produtos}$=1.167 kJ/(kg·K)	NO 600ppm (concentração volúmica na base húmida)
	9 – água arrefecimento do motor, suposta líquido incompressível	$\dot{m}_9=14.5$ kg/s	(T_9-T_{10})=16°C	
Circuito de água	$\dot{m}_1$=4 kg/s	$P_1=P_8$=5 at	8-vapor saturado	T_2=75°C
	$\dot{m}_{comb\ caldeira\ auxiliar}=0.227$ kg/s $M_{produtos}$=29 kg/kmol	Combustível da caldeira auxiliar $C_{10}H_{22}$	NO 500ppm (concentração volúmica na base húmida, produtos caldeira auxiliar)	A combustão na caldeira auxiliar tem um excesso de ar de 16%

Considerando a instalação de cogeração representada na figura e os dados apresentados, determine:

a) (3 val.) O calor produzido pelo gerador, a potência de perdas do motor, a percentagem de calor fornecido ao motor que é convertido em potência indicada.
b) (3 val.) A velocidade de rotação e o binário no veio do gerador de electricidade.
c) (3val.) A riqueza da mistura e o rendimento volumétrico do motor Diesel.
d) (2.5 val.) A temperatura da água no ponto 3.
e) (2 val.) A eficiência do permutador que arrefece a água do motor Diesel
f) (1.5 val.) Atendendo às concentrações volúmicas de óxido de azoto para o motor e caldeira, presentes na tabela, qual a massa de NO emitida pela instalação por kWh de energia eléctrica produzida?

(*caso não consiga resolver alguma alínea, por necessitar de valores de variáveis de alíneas anteriores a que ainda não tenha respondido, arbitre os valores que entender razoáveis para as varáveis em causa*)

Problema 2 (5 val.)

Uma máquina frigorífica funcionando segundo um ciclo de compressão de vapor tem um COP de 2.1 e utiliza um motor de combustão interna, com um consumo específico de 200g/kWh, para accionar o compressor. Se o combustível tiver um preço de 0.9€/L e um PCI de 10000 kcal/kg, (ρ_{comb}=800 kg/m^3), determine:

a) (3.5 val.) Qual o custo da energia útil de arrefecimento em €/kWh?
b) (1.5 val.) Qual a potência libertada no condensador por kW de potência fornecida no compressor?

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

EES Ver. 7.173: #726: For use only at the Faculdade de Engenharia do Porto

Dados de entrada

$Cilind = 231295\ cm3$ $Pot_{eix} = 7500\ kW$ $Ren_{geral} = 0.97$

$Ren_{global} = 0.387$ $pmi = 3343\ kPa$ $Cp_{produt} = 1.167\ kJ/kgK$

$RPM = 1500$ $PCI = 10670 \cdot 4.1868\ kcal/kg$ $T_{adm} = 300\ K$

$P_{adm} = 200000\ Pa$ $Braço_{cambota} = 0.147\ m$ $Ren_{volum} = 0.9$

$CO = 0.008$ $T_{arAmbi} = 15\ °C$ $\Delta T = 16$ $m_p = 14.5\ kg/s$

$m_1 = 4\ kg/s$ $Ren_{calAuxil} = 0.85$ $CO_{cald} = 0.005$ $e = 0.15$

$RO_{comb} = 750\ kg/m^3$

Alínea a)

$= \frac{Cilind}{1000^2} \cdot pme \cdot \frac{RPM}{60 \cdot 2}$ cálculo do pme

$Ne = \frac{Pot_{eix}}{Ren_{geral}}$

$Ren_{global} = 1000 \cdot \frac{3600}{Ce \cdot PCI}$ cálculo do ce

$Ren_{volum} = \frac{caudal_{volum}}{\frac{Cilind}{1000^2} \cdot \frac{RPM}{120}}$ cálculo do caudal volúmico de ar

$m_{produtos} = m_{ar} + m_{comb}$

$m_{ar} = ro \cdot caudal_{volum}$

$ro = \frac{P_{adm}}{287 \cdot T_{adm}}$

$Ne = m_{comb} \cdot PCI \cdot Ren_{global}$ cálculo da caudal mássico de combustível

$r = \frac{AC_{estq}}{\frac{m_{ar}}{m_{comb}}}$ cálculo da riqueza

$AC_{estq} = \left[10 + \frac{22}{4}\right] \cdot 4.76 \cdot \left[\frac{28.96}{10 \cdot 12 + 22}\right]$

$Ren_{mec} = \frac{pme}{pmi}$

$V_{média} = Braço_{cambota} \cdot 2 \cdot 2 \cdot \frac{RPM}{60}$

Alínea b)

$Pot_{gasEscap} = m_{produtos} \cdot Cp_{produt} \cdot [435 - T_{acAmbi}]$

$Pot_{Nqueim} = m_{produtos} \cdot CO \cdot PCI_{CO}$

$PCI_{CO} = 10132$ kJ/kg

$Pot_{águaarref} = m_{\theta} \cdot 4.18 \cdot \Delta T$

$Pot_{comb} = m_{comb} \cdot PCI$

$Pot_{comb} - Ne - Pot_{águaarref} - Pot_{Nqueim} - Pot_{gasEscap} - Pot_{rad} = 0$ balanço ao motor

Alínea c)

$h_6 = h['Steam_{IAPWS}', x=1, P=5 \cdot 9.8 \cdot 10000]$

$= h['Steam_{IAPWS}', T=10, P=5 \cdot 9.8 \cdot 10000]$

$Q_{produtos} + Q_{caldAuxiliar} + Pot_{águaarref} = m_1 \cdot [h_6 - h_1]$

$Q_{produtos} = m_{produtos} \cdot Cp_{produt} \cdot [435 - 177]$

$m_{combCald} \cdot PCI \cdot Ren_{caldAuxil} = Q_{caldAuxiliar}$

Alínea d)

$M_{CO} = [m_{produtos} \cdot CO + m_{combCald} \cdot ([1 + e] \cdot AC_{estq} + 1) \cdot CO_{cald}] \cdot 3600$ m de CO emitida numa hora

$M_{COkWh} = \frac{M_{CO}}{Pot_{ele}}$

Alínea e)

$Q_{instalação} = m_1 \cdot [h_6 - h_1]$

$Ren_{instalação} = \frac{Pot_{ele} + Q_{instalação}}{[m_{comb} + m_{combCald}] \cdot PCI}$

Alínea f)

$Energ_{litro} = 0.001 \cdot RO_{comb} \cdot \frac{PCI}{3600}$ kWh

$Custo_{energia} = \frac{0.6}{Energ_{litro}}$

$Custo_{enerUtil} = \frac{Custo_{energia}}{Ren_{global} \cdot Ren_{gerad}}$

########## Problema 2 ##########

Alínea a)