2a Lei da Termodinâmica p/ Volume de Controle

- expressão
- regime permanente
- regime transiente
- trabalho associado ao escoamento de um fluido em regime permanente
- eficiencia isentropica

2a lei p/ volume de controle

$$\frac{dS_{VC}}{dt} = \sum_e \dot{m}_e s_e - \sum_s \dot{m}_s s_s + \int \frac{\delta \dot{Q}}{T} + \dot{S}_g$$

Onde

s_e = entropia na entrada

s_s = entropia na saída

$\dot{S}_g$= entropia total gerada

$$\int \frac{\delta \dot{Q}}{T} = \sum \frac{\dot{Q}}{T}$$

Casos particulares: regime permanente

$\sum_e \dot{m}_e s_e - \sum_s \dot{m}_s s_s + \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_g = 0$

Para 1 entrada e 1 saída -> adiabático, reversível -> $s_e = s_s$

Regime uniforme

$$\int_0^t \frac{dS_{VC}}{dt} = s_2 - s_1$$

$$\int_0^t \dot{m}_e s_e dt = s_e * \int_0^t \dot{m}_e dt = m_e s_e$$

$$\int_0^t \frac{\delta \dot{Q}}{T} dt = \frac{Q}{T}$$

$$\int_0^t \dot{S}_g = Sg$$

2ª Lei:

S_2-S_1 = $\sum_e m_e\, s_e$ - $\sum_s m_s s_s + \sum \frac{Q}{T} + S_g = 0$

Trabalho associado ao escoamento de um fluido em regime permanente

1ª Lei:

$$\frac{d\, E_{\forall C}}{dt} = \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{{V_e}^2}{2} + g z_e \right) - \sum \dot{m}_s \left(h_s + \frac{{V_s}^2}{2} + g z_s \right) + \dot{Q} - \dot{W}$$

$h_e - h_s + \frac{{V_e}^2}{2} - \frac{{V_s}^2}{2} + g(z_e - z_s) + q = w$ (I)

2ª Lei:

0 = $\dot{m} s_e - \dot{m} s_s + \int \frac{\delta \dot{Q}}{T} + \dot{S_g}$

Portanto: $s_e - s_s + \int \frac{\delta y}{\delta x} + s_q = 0$

-ds + $\frac{\delta q}{T} + \delta s_g = 0$ (II)

Tds = dh – vdp (III)

De (II) em (III):

$$\delta q + T \delta s_g = dh - vdp$$

Integrando entre ‘e’ e ‘s’

$$\int_e^s \delta q + \int_e^s T \delta s_g = \int_e^s dh - \int_e^s vdp$$

$q + \int_e^s T \delta s_g = h_s - h_e - \int_e^s vdp$ (IV)

De (IV) em (I)

$$(h_e - h_s) + (\frac{{V_e}^2}{2} - \frac{{V_s}^2}{2}) + g(z_e - z_s) + (h_s - h_e) - \int_e^s vdp - \int_e^s T \delta s_g = w$$

Portanto:

$$w = (\frac{{V_e}^2}{2} - \frac{{V_s}^2}{2}) + g(z_e - z_s) - \int_e^s vdp - \int_e^s T \delta s_g$$

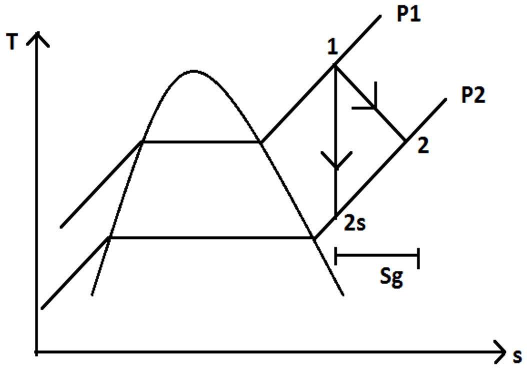
Observação:

PdV -> trabalho associado ao movimento de fronteira;

VdP-> trabalho associado ao escoamento de um fluido;

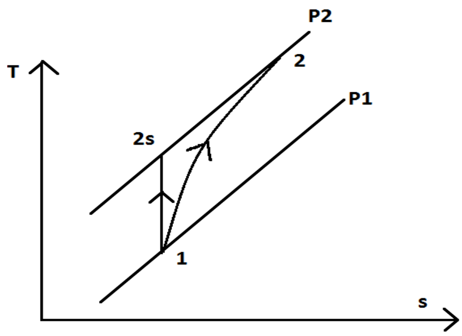
Eficiência Isentrópica

Turbina:



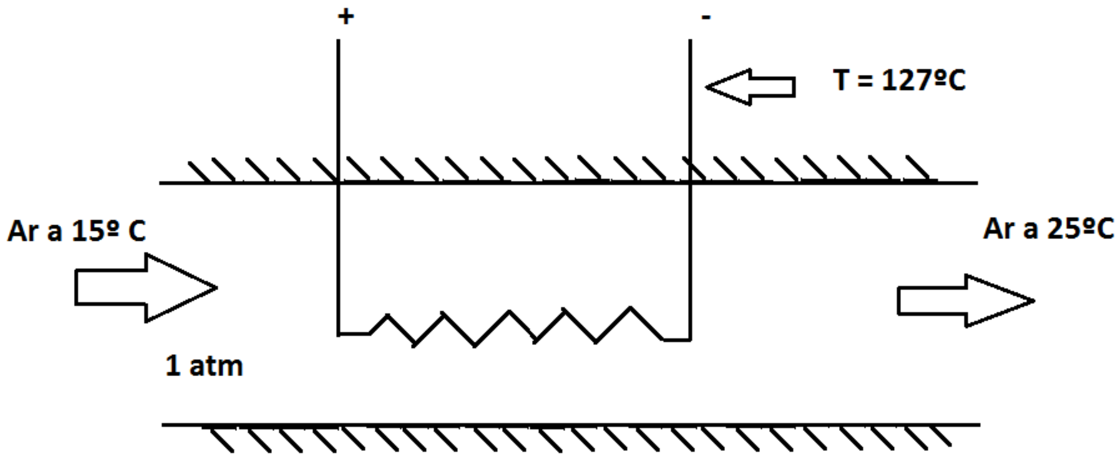
$$\eta_s = \frac{potência\ real}{potência\ reversível} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_2)}{\dot{m}(h_1 - h_{2s})} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}$$

Compressor:



$$\eta_s = \frac{potência\ reversível}{potência\ real} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_{2s})}{\dot{m}(h_1 - h_2)} = \frac{h_1 - h_{2s}}{h_1 - h_2}$$

Exemplo



a) $\frac{dS_{sist}}{dt} = \int \frac{\delta \dot{Q}}{T} + \dot{S}_g = 0$ (regime permanente)

$$\dot{S}_g = -\frac{\dot{Q}}{T}$$

E, da 1ª Lei, $\dot{Q} - \dot{W} = 0$

b) $\frac{dS_{VC}}{dt} = \dot{m}(s_e - s_s) + \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_g$

Mas :

$\sum \frac{\dot{Q}}{T} = 0$ (adiabático na fronteira do volume de controle)

Portanto:

$\dot{S}_g = \dot{m}(s_e - s_s) > 0$ (entropia gerada-> dentro do meu sistema)