$$\eta_T = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4s}} \Rightarrow T_4 = T_3 - \eta_T (T_3 - T_{4s}) = T_{max}\left(1 - \eta_T\left(1 - \frac{1}{\rho}\right)\right)$$

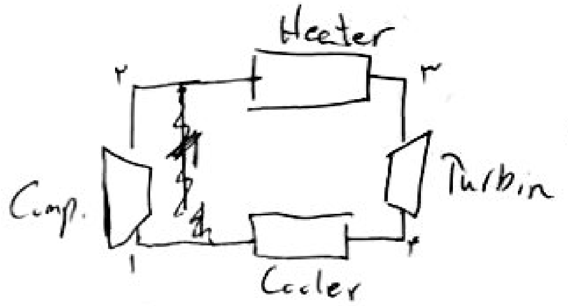
انبساط $T_d = T_{max}\left(1 - \eta_T\left(1 - \frac{1}{\rho}\right)\right)$ (III)

T_4

با جایگذاری معادله (II) و (III) در (I) داریم:

$$\eta = \frac{W_T - W_c}{Q_{in}} = \frac{2\eta_T \frac{T_{max}}{T_{min}}\left(1 - \frac{1}{\rho}\right) - \frac{2}{\eta_c}(\rho - 1)}{\frac{T_{max}}{T_{min}} + \eta_T\left(1 - \frac{1}{\rho}\right)\frac{T_{max}}{T_{min}} - (1 - \eta_r)\left(\frac{\rho - 1}{\eta_c} + 1\right) - \frac{T_{max}}{T_{min}}\eta_r\left(1 - \eta_T\left(1 - \frac{1}{\rho}\right)\right)}$$

ج) جایگذاری ب ۲، ۳، ۴



۲) الف) $800\,°F = 699.8\,°K$ $\quad 1800\,°F = 1255.6\,K$

$$W_T = C_p (T_3 - T_4) = C_p \eta_T (T_3 - T_{4s}) = C_p \eta_T T_3 \left(1 - \frac{T_{4s}}{T_3}\right) = 395.17 \frac{kj}{kg}$$

$$\frac{1}{1.58} = \frac{1}{5^{0.284}}$$

Q_{low} $\begin{cases} \frac{k-1}{k} = 0.284 \\ C_p = 1.004 \frac{kj}{kg \cdot k} \end{cases}$

$2000\,°F$ $\begin{cases} \frac{k-1}{k} = 0.239 \\ C_p = 1.209 \frac{kj}{kg \cdot k} \end{cases}$

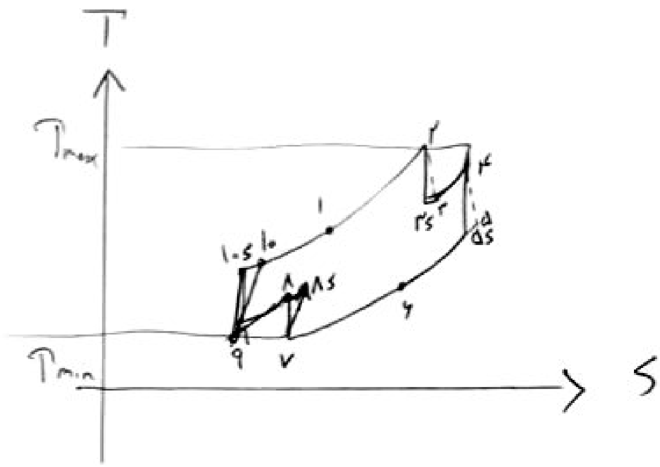
$$W_c = C_p (T_2 - T_1) = \frac{C_p (T_{2s} - T_1)}{\eta_c} = \frac{T_1 C_p}{\eta_c}\left(\frac{T_{2s}}{T_1} - 1\right) = 206.906 \frac{kj}{kg}$$

$$W_{net} = W_T - W_c = 188.27 \frac{kj}{kg} \Rightarrow W_{net} = w_{net} \times \dot{m}$$

$$\Rightarrow 50000 = 188.27 \times \dot{m} \Rightarrow \dot{m} = 265.58 \frac{kg}{s}$$

①

الف)



ب)

$$W_T = m\cdot\eta_T(h_2 - h_{3s}) + m\cdot\eta_T(h_4 - h_{5s})$$

$$= m\cdot\eta_T C_p(T_2 - T_{3s}) + m\cdot\eta_T C_p(T_4 - T_{5s}) = m\cdot\eta_T C_p T_2\left(1-\frac{T_{3s}}{T_2}\right)$$

$$+ m\cdot\eta_T C_p T_4\left(1-\frac{T_{5s}}{T_4}\right) = m\cdot\eta_T C_p T_2\left(1-\left(\frac{P_{3s}}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) \quad \frac{1}{\rho}$$

$$+ m\cdot\eta_T C_p T_4\left(1-\left(\frac{P_{5s}}{P_4}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) = 2m\cdot\eta_T C_p\left(1-\frac{1}{\rho}\right)T_{max}$$

مشابه بالا:

$$W_C = \frac{m\cdot C_p T_7}{\eta_c}\left(\frac{T_{8s}}{T_7}-1\right) + \frac{m\cdot C_p T_9}{\eta_c}\left(\frac{T_{10s}}{T_9}-1\right) = 2\times\frac{m\cdot C_p T_{min}}{\eta_c}(\rho-1)$$

$$\Rightarrow Q_{in} = m\cdot C_p(2T_{max} - T_1 - T_3)$$

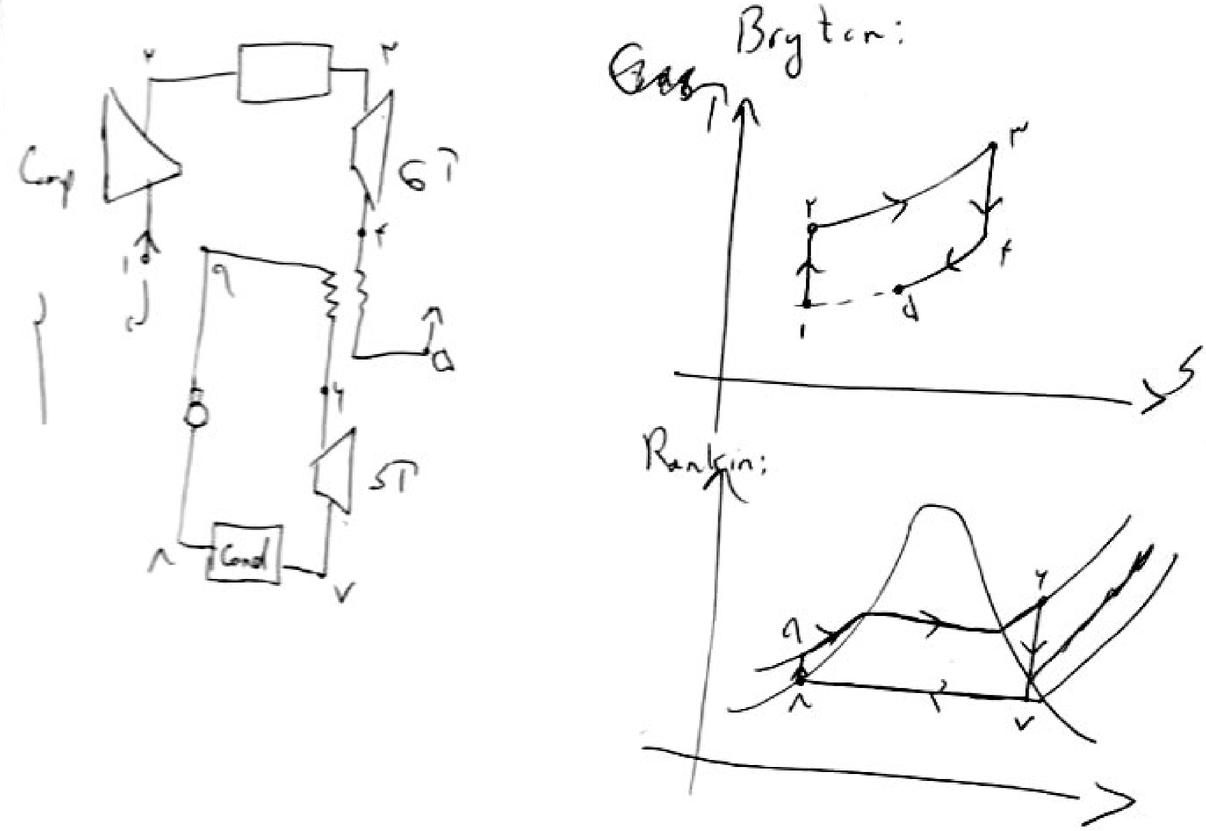
Reg: $\eta_r = \frac{T_1 - T_{10}}{T_6 - T_{10}} \Rightarrow T_1 = T_{10} + (T_6 - T_{10})\eta_r$ (I) T_{max}

$$Q_{in} = m\cdot(h_2 - h_1) + m\cdot(h_4 - h_3) = m\cdot C_p(T_2 - T_1) + m\cdot C_p(T_4 - T_3)$$

$$\eta_c = \frac{T_{10s} - T_9}{T_{10} - T_9} \Rightarrow T_{10} = \frac{T_{10s} - T_9}{\eta_c} + T_9 \Rightarrow T_{10} = T_{min}\left(\frac{\rho - 1}{\eta_c} + 1\right) \text{ (II)}$$

$$\frac{T_{10s}}{T_9} = \rho$$

8-13: Combined Gas-~~Turbine~~ steam



a) heat added per pound mass of air

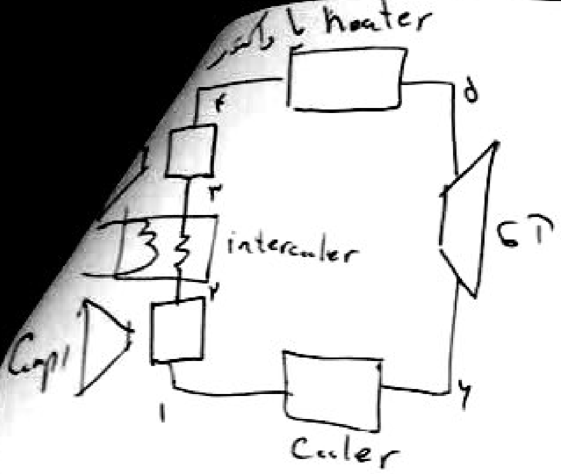
① P = 1 atm
T = ۵۰۰ °R => Table I-1 P_{r_1} = ۱,۰۵۹ ; h = ۱۱۹,۴۸ Btu/lbm Air ~> P_{r_2} = ۵,۹۵۴ ; h_2 = ۱۹۲ Btu/lbm Air

③ ۲۰۰ Percent theoritical air
T = ۲۴۰۰ °R =I-2=> P_{r_3} = ۴۷۷,۴ ; h_3 = ۱۸۷۴۳ Btu/lb.mol gas ~> P_{r_4} = ۸۳,۱۱ ; h_4 = ۱۱۸۷۰ Btu/lb.gas (mol)

۱ مول ـ ۳۸ تا ـ ب ـ می دانیم

1,0۳۴۵ lbm Products / 1 lbm air

۲۰۰ Percent = ۷ جرم مولی مخلوط ۲۸,۸۸ / ۱ ... lbm/lbmol



ج) مشابه الف) $W_T = ۳۹۵,۱۷ \frac{kj}{kg}$

$W_{c_1} = W_{c_2} \Rightarrow W_c = ۲ C_p (T_2 - T_1)$

$\frac{P_2}{P_1} \times \frac{P_4}{P_3} = ۵ \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \sqrt{۵}$

$\eta_c = \frac{T_{2s} - T_1}{T_2 - T_1} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{\frac{T_{2s}}{T_1} - 1}{\eta_c} + 1 \right) = ۳۹۰,۹۰ K \Rightarrow W_c = ۱۸۳,۲ \frac{kj}{kg}$

$\frac{T_{2s}}{T_1} = (\sqrt{۵})^{۰,۲۸۶}$

$T_4 = T_2 = ۳۹۰,۹۰ K$

$\frac{Q_{in}}{\dot m} = C_p (T_5 - T_4) = ۸۶۷,۷۷۶ \frac{kj}{kg}$

$\eta = ۲۴,۴ \%$

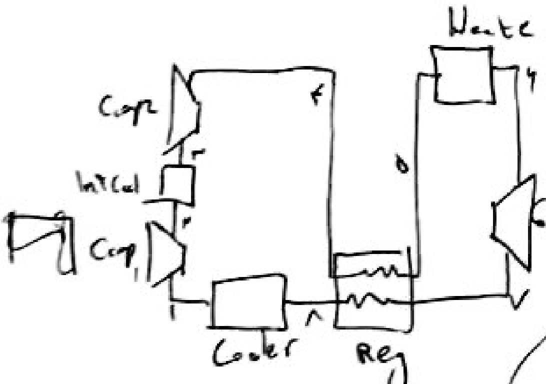
$W_{net} = ۲۱۱,۹۷ \frac{kj}{kg}$

$۵۰۰۰۰ = ۲۱۱,۹۷ \times \dot m \Rightarrow \dot m = ۲۳۵,۸۸ \frac{kg}{s}$

قدرت توربین ($\dot m \cdot W_T$) $= ۱۲۴۹۵۱,۳ \ hp$

" کمپرسور $= ۲۸۶۹۳,۶ \ hp$

د) $\frac{W_{net}}{\dot m}$ مشابه ج: $W_{net} = ۲۱۱,۹۷ \frac{kj}{kg}$ و $\dot m = ۲۳۵,۸۸ \frac{kg}{s}$



هـ) hp ها مثل قسمت ج

ج مشابه

$\varepsilon_r = \frac{T_5 - T_4}{T_7 - T_4} = ۰,۸ \Rightarrow T_5 = ۷۷۷,۴۸ K$

$\frac{Q_{in}}{\dot m} = C_p (T_6 - T_5) = ۶۱۹,۷ \frac{kj}{kg}$

$w_T = C_p (T_6 - T_7) \Rightarrow T_7 = ۸۶۱,۲۲ K$

$\eta \cong ۴۳,۳ \%$

ادامه ۲ الف)

$$\frac{Q_{in}}{\dot m} = C_p (T_3 - T_2)$$

$$\eta_c = \frac{T_{2s} - T_1}{T_2 - T_1} \Rightarrow T_2 = \frac{T_{2s} - T_1}{\eta_c} + T_1 = 505.75\ ^\circ K$$

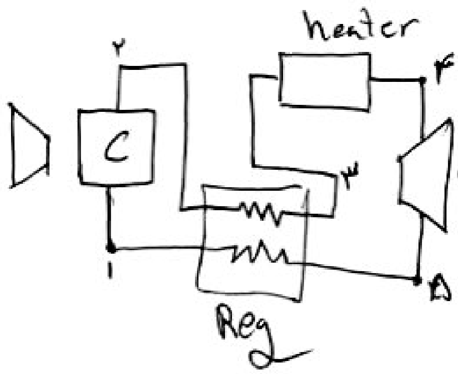
$$\frac{T_{2s}}{T_1} = 5^{0.286}$$

$$\frac{Q_{in}}{\dot m} = 1.004(1255.2 - 505.75) = 752.47\ \frac{kj}{kg}$$

$$\eta_{کل} = \frac{W_T - W_C}{Q_{in}} \simeq 25\%$$

قدرت توربین $= 265.58 \times 398.17 = 140683.5\ hp$

قدرت کمپرسور بطور مشابه $= 73459.4\ hp$



ب) از قسمت قبل:

$$W_T = 398.17\ \frac{kj}{kg} \quad W_C = 209.96\ \frac{kj}{kg}$$

$$W_{net} = 188.27\ \frac{kj}{kg} \quad \dot m = 265.58\ \frac{kg}{s}$$

$$\frac{Q_{in}}{\dot m} = C_p(T_4 - T_3) = 466.43\ \frac{kj}{kg}$$

$$\varepsilon_r = \frac{T_3 - T_2}{T_4 - T_2} = 0.8 \Rightarrow T_3 = 790.45\ ^\circ K$$

$$\eta_T = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4s}} \Rightarrow T_4 = T_3 - \eta_T(T_3 - T_{4s}) = T_3 - \eta_T T_3\left(1 - \frac{1}{5^{0.286}}\right)$$

$$= 861.6204$$

$$\eta_{کل} \simeq 40\%$$

قدرت توربین و کمپرسور مثل الف

c) $W_{GT} = h_3 - h_4 =$ ۶۶۷,۱۲ − ۴۲۴,۴۲ = ۲۴۲,۷ $\frac{Btu}{lbm\ Air}$

$W_{ST} = h_6 - h_7 =$ ۱۵۰۴,۴ − ~~...~~ ۹۲۳,۵ = ۵۸۰,۹ $\frac{Btu}{lbm\ steam}$

≃ ۶۷,۹۶ $\frac{Btu}{lbm\ Air}$

$W_C = h_2 - h_1 =$ ۷۶ $\frac{Btu}{lbm\ Air}$

$W_{net} =$ ۲۴۲,۷ + ۶۷,۹۶ − ۷۶ = ۲۳۴,۶۶ $\frac{Btu}{lbm\ Air}$

d) $\eta_{CC} = \frac{W_{net}}{q} =$ ۲۳۴,۶۶ / ۴۷۱,۱۲ = ۴۹,۸ %

e) $\eta_{BC} = \frac{W_{GT} - W_C}{q}$ ≃ ۳۵,۴ %

$= ۱۸۶۴۲ \times \frac{1}{۲۸,۶۸۸} \times ۱,۰۳۲۵ = ۶۶۷,۱۲ \ \frac{Btu}{lbm\ Air}$

$q = h_۳ - h_۲ = ۶۶۷,۱۲ - ۱۹۶ = ۴۷۱,۱۲ \ \frac{Btu}{lbm\ air}$

b) The steam flow

ⓐ → T = ۱۰۰۰°R → $h = \frac{۷۱۵۹,۸ \ Btu}{lbm.mol \ gas}$ (~~Products~~) $= ۲۵۶,۲۲ \ \frac{Btu}{lbm\ Air}$

④ { ۱۰۰۰ psi, ۱۰۰۰ °F } ⇒ $v_4 = ,۸۳۹۵ \ \frac{ft^3}{lbm}$, $h_4 = ۱۵۰۴,۴ \ \frac{Btu}{lbm}$, $s_4 = ۱,۶۵۳۲ \ \frac{Btu}{lbm.°F}$

⑧ { ۱ psi, sat. liq. } ⇒ $v_8 = ۰,۰۱۶۱۴ \ \frac{ft^3}{lbm}$, $h_8 = ۶۹,۷۳ \ \frac{Btu}{lbm} = h_9$ ← $w_p \simeq 0$, $s_8 = ,۱۳۲۶ \ \frac{Btu}{lbm.°F}$

⑦

$P_7 = P_8 = ۱ \ psi$ { $s_f = ,۱۳۲۶$, $s_{fg} = ۱,۸۴۵۳$ }

$s_7 = s_4 = ۱,۶۵۳۲$ ⇒ $x = ۸۲,۴\%$ ⇒ $h_7 =$ ~~۹۲۴~~ ۹۲۳,۵

$h_۴ - h_a = ۴۲۴,۴۲ - ۲۵۶,۲۲ = ۱۶۸,۲ \ \frac{Btu}{lbm\ Air}$

$h_4 - h_9 = ۱۵۰۴,۴ \ \frac{Btu}{lbm\ steam} - ۶۹,۷۳ = ۱۴۳۴,۶۷ \ \frac{Btu}{lbm\ steam}$

$\dot m_{steam} \times (h_4 - h_9) = \dot m_{Air} \times (h_۴ - h_a) \Rightarrow \frac{\dot m_{steam}}{\dot m_{air}} = \boxed{,۱۱۷ \ \frac{lbm\ Steam}{lbm\ Air}}$