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

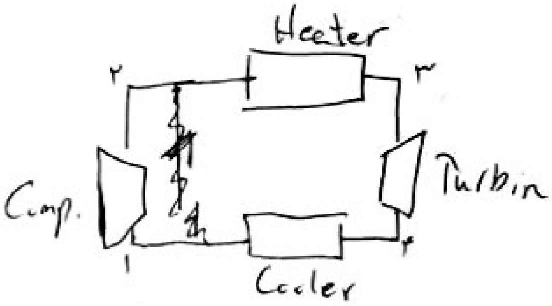
آنگاه $T_5 = T_{max}\left(1 - \eta_T\left(1 - \frac{1}{r_p}\right)\right)$ (III)

T_4

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

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

ج) جایگذاری ب ۲، ۳، ۴۱



② الف) $80^\circ F = ۲۹۹٫۸\,K$ $\quad 1800^\circ F = ۱۲۵۵٫۴\,K$

$W_T = C_p (T_3 - T_4) = C_p \eta_T (T_3 - T_{4s})$

$= C_p \eta_T T_3 \left(1 - \frac{T_{4s}}{T_3}\right) = ۳۹۵٫۱۷ \frac{kJ}{kg}$

$\frac{1}{1.58} = \frac{1}{5^{0.286}}$

Low: $\frac{k-1}{k} = ۰٫۲۸۶$, $C_p = ۱٫۰۰۴ \frac{kJ}{kg \cdot K}$

~~2000°F: $\frac{k-1}{k} = ۰٫۲۳۹$, $C_p = ۱٫۲۰۹ \frac{kJ}{kg \cdot K}$~~

$W_c = C_p (T_2 - T_1) = \frac{C_p (T_{2s} - T_1)}{\eta_c} = ۲۰۶٫۹۰۶ \frac{kJ}{kg}$

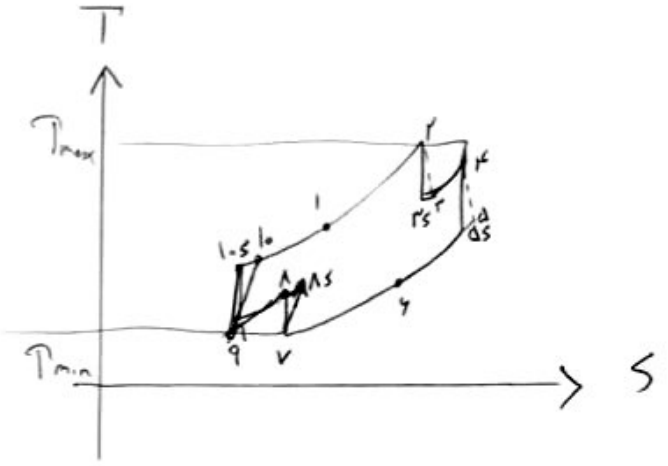
$= \frac{T_1 C_p}{\eta_c}\left(\frac{T_{2s}}{T_1} - 1\right) = ۲۰۶٫۹۰۶ \frac{kJ}{kg}$

$W_{net} = W_T - W_c = ۱۸۸٫۲۷ \frac{kJ}{kg} \Rightarrow \dot W_{net} = W_{net} \times \dot m$

$\Rightarrow ۵۰۰۰۰ = ۱۸۸٫۲۷ \times \dot m \Rightarrow \dot m = ۲۶۵٫۵۸ \frac{kg}{s}$

(۱)

الف)



ب)

$$W_T = m\cdot\eta_T(h_2-h_{3s}) + m\cdot\eta_T(h_4-h_{4as}) = m\cdot\eta_T C_p(T_2-T_{3s}) + m\cdot\eta_T C_p(T_4-T_{4as})$$

$$= m\cdot\eta_T C_p T_2\left(1-\frac{T_{3s}}{T_2}\right) + m\cdot\eta_T C_p T_4\left(1-\frac{T_{4as}}{T_4}\right) = m\cdot\eta_T C_p T_2\left(1-\left(\frac{P_{3s}}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)^{\frac{1}{\rho}}$$

$$+ m\cdot\eta_T C_p T_4\left(1-\left(\frac{P_{4as}}{P_4}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)^{\frac{1}{\rho}} = 2m\cdot\eta_T C_p\left(1-\frac{1}{\rho}\right)T_{max}$$

مشابه با:

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

$$\Rightarrow Q_{in} = m\cdot C_p(2T_{max}-T_{1\cdot}-T_4)$$

Reg: $\eta_r = \frac{T_1-T_{1\cdot}}{T_a-T_{1\cdot}} \Rightarrow T_1 = T_{1\cdot} + (T_a-T_{1\cdot})\eta_r$ (I)

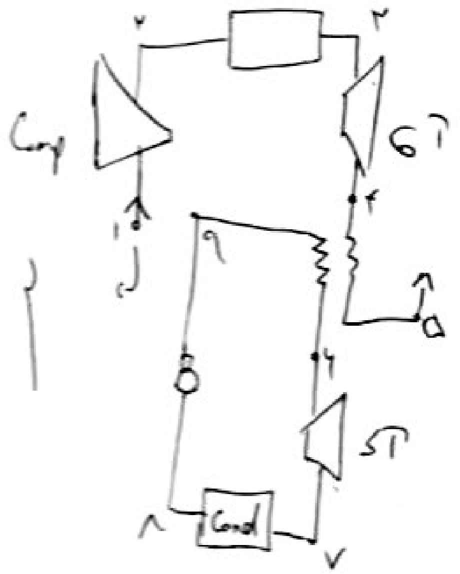
T_{max} (T_2) T_4

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

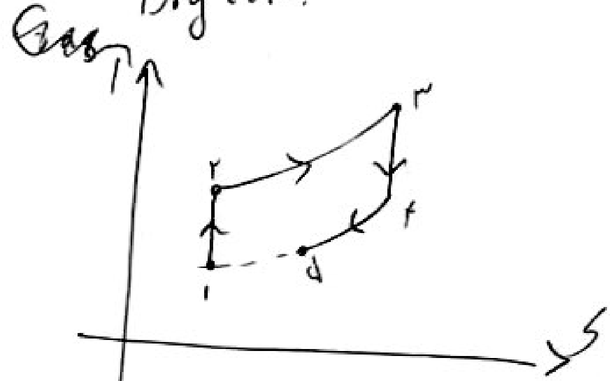
$$\eta_C = \frac{T_{1\cdot s}-T_9}{T_{1\cdot}-T_9} \Rightarrow T_{1\cdot} = \frac{T_{1\cdot s}-T_9}{\eta_C}+T_9 \Rightarrow T_{1\cdot} = T_{min}\left(\frac{\rho-1}{\eta_C}+1\right)$$ (II)

$\frac{T_{1\cdot s}}{T_9} = \rho$

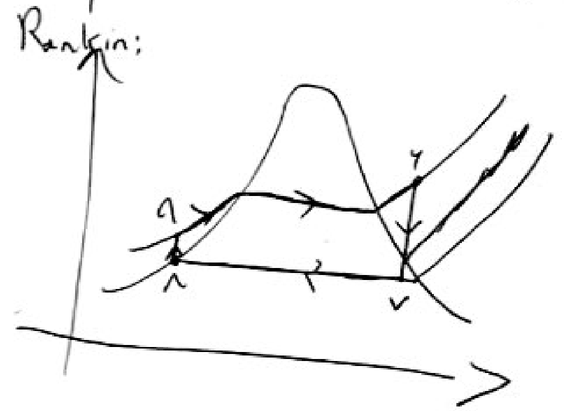
8-13: Combined Gas-~~Rankin~~ Steam



Bryton:



Rankin:



a) heat added per pound mass of air

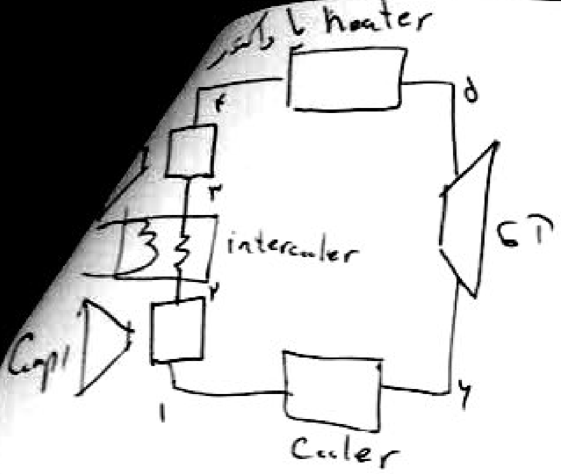
① P = 1 atm
T = ۵۰۰ °R => Table I-1: P_{r_1} = ۱,۰۵۹ ; h = ۱۱۹,۴۸ Btu / lbm Air ~~> P_{r_2} = ۵,۹۵۲ ; h_2 = ۱۹۲ Btu / lbm ~~Products~~ Air

③ ۲۰۰ Percent theoritical air
T = ۲۴۰۰ °R =(I-2)=> P_{r_3} = ۴۲۷,۴ ; h_3 = ۱۸۲۴۳ Btu / lb.molgas ~~> P_{r_4} = ۸۳,۱۱ ; h_4 = ~~...~~ ۱۱۸۲۰ ~~...~~ Btu / lb.gas (mol)

داریم ... ۸۳ تا ... ۱ مول

1,۰۳۴۵ lbm ~~Products~~ Products / 1 lbm air

۲۰۰ Percent = ۷ مول محصول ۲۸,۸۸ lbm / 1 lbmol



ج) مثال بالا $W_T = ۳۹۵٫۱۷ \frac{kJ}{kg}$

$W_{c_1} = W_{c_2} \Rightarrow W_c = 2 C_p (T_2 - T_1)$

$\frac{P_2}{P_1} \times \frac{P_4}{P_2} = 5 \xRightarrow{\frac{P_2}{P_1}=\frac{P_4}{P_3}} \frac{P_2}{P_1} = \sqrt{5}$

$(\sqrt{5})^{0.286}$

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

$T_4 = T_2 = ۳۹۰٫۹۰\,K$

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

$\eta = ۲۴٫۴\ \%$

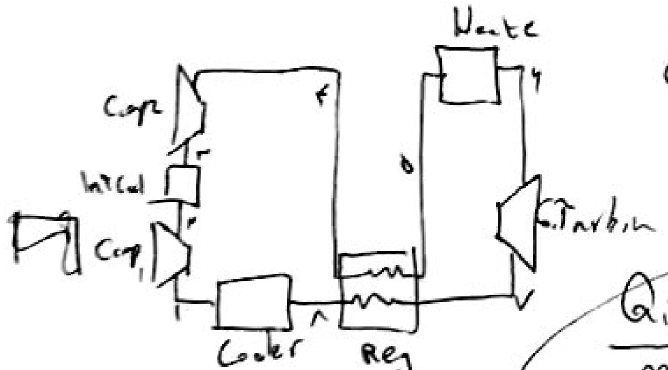
$W_{net} = ۲۱۱٫۹۷ \frac{kJ}{kg}$

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

قدرت توربین ($\dot m \cdot W_T$) $= ۱۲۴۹۸۱٫۳\ hp$

" کمپرسور $= ۲۸۶۹۳٫۶\ hp$

د) $\frac{W_{net}}{\dot m}$ مثل بند ج: $W_{net} = ۲۱۱٫۹۷ \frac{kJ}{kg}$ و $\dot m = ۲۳۵٫۸۸ \frac{kg}{s}$



hp ها مثل قسمت ج

مثل قسمت ج

$\varepsilon_r = \frac{T_5 - T_4}{T_7 - T_4} = 0.8 \Rightarrow T_5 = ۷۷۷٫۴۸\,K$

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

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

$\eta \cong ۴۲٫۳\ \%$

ادامه ۲ الف)

$$\frac{Q_{in}}{\dot m} = C_p (T_۳ - T_۲)$$

$$\eta_c = \frac{T_{۲s} - T_۱}{T_۲ - T_۱} \Rightarrow T_۲ = \frac{T_{۲s} - T_۱}{\eta_c} + T_۱ = ۵۰۵,۷۵\ ^\circ K$$

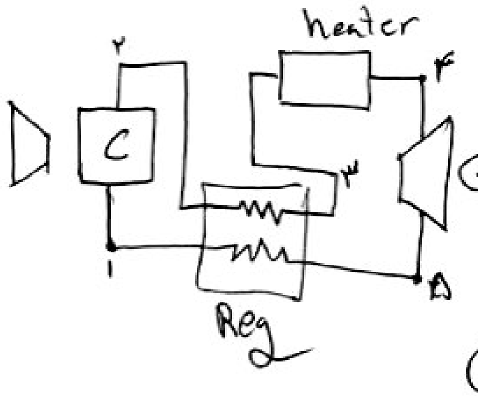
$$\frac{T_{۲s}}{T_۱} = ۵^{۰.۲۸۶}$$

$$\frac{Q_{in}}{\dot m} = ۱,۰۰۴(۱۲۵۵,۲ - ۵۰۵,۷۵) = ۷۵۲,۴۷\ \frac{kj}{kg}$$

$$\eta_{کل} = \frac{W_T - W_C}{Q_{in}} \simeq ۲۵\%$$

قدرت توربین = ۲۶۵,۵۸ × ۳۹۵,۱۷ = ۱۴۰۶۸۳,۵ hp

قدرت کمپرسور بطور مشابه = ۷۳۶۵۹,۴ hp



ب) از قسمت قبل:

$W_T = ۳۹۵,۱۷\ \frac{kj}{kg}$ $W_C = ۲۰۶,۹۰\ \frac{kj}{kg}$

$W_{net} = ۱۸۸,۲۷\ \frac{kj}{kg}$ $\dot m = ۲۶۵,۵۸\ \frac{kg}{s}$

$$\frac{Q_{in}}{\dot m} = C_p (T_۴ - T_۳) = ۴۶۶,۶۳\ \frac{kj}{kg}$$

$$\varepsilon_r = \frac{T_۳ - T_۲}{T_۴ - T_۲} = ۰,۸ \Rightarrow T_۳ = ۷۹۰,۴۵\ ^\circ K$$

$$\eta_T = \frac{T_۳ - T_۴}{T_۳ - T_{۴s}} \Rightarrow T_۴ = T_۳ - \eta_T (T_۳ - T_{۴s}) = T_۳ - \eta_T T_۳ \left(۱ - \frac{۱}{۵^{۰.۲۸۶}}\right) = ۸۶۱,۶۲۰۴$$

$$\eta_{کل} \simeq ۴۰\%$$

قدرت توربین و کمپرسور مثل الف

c) $W_{GT} = h_3 - h_4 = 499,12 - 446,46 = 252,7 \frac{Btu}{lbm\ Air}$

$W_{ST} = h_4 - h_5 = 1050,4 - 969,5 = 80,9 \frac{Btu}{lbm\ steam}$

$W_C = h_2 - h_1 = 74 \frac{Btu}{lbm\ Air}$ $\quad = 77,94 \frac{Btu}{lbm\ Air}$

$W_{net} = 252,7 + 77,94 - 74 = 256,64 \frac{Btu}{lbm\ Air}$

d) $\eta_{CC} = \frac{\frac{W_{net}}{q} = 256,64}{471,12} = 49,8\ \%$

e) $\eta_{BC} = \frac{W_{GT} - W_C}{q} \simeq 25,4\ \%$

$= ۱۸۹۴۳ \times \frac{1}{۲۸,۸۸} \times ۱,۵۳۳۵ = ۶۶۷,۱۲ \; \frac{Btu}{lbm\ Air}$

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

b) The steam flow

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

(۶), (۴) { ۱۰۰۰ psi, ۱۰۰۰ °F => { $v_۴ = ,۸۳۹۵ \; \frac{ft^۳}{lbm}$, $h_۴ = ۱۵۰۴,۴ \; \frac{Btu}{lbm}$, $s_۴ = ۱,۶۵۳۲ \; \frac{Btu}{lbm.°F}$

(۸) 1 psi, sat. liq => { $v_۸ = ۰,۰۱۶۱۴ \; \frac{ft^۳}{lbm}$, $h_۸ = ۶۹,۷۳ \; \frac{Btu}{lbm} = h_۹$ ~ $w_p \simeq 0$, $s_۸ = ,۱۳۲۶ \; \frac{Btu}{lbm.°F}$

(۷)

$P_۷ = P_۸ = 1$ psi { $s_f = ,۱۳۲۶$, $s_{fg} = ۱,۸۴۵۶$ } => $x = ۸۲,۴\%$ => $h_۷ = ۹۳۲,۵$

$s_۷ = s_۴ = ۱,۶۵۳۲$

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

$h_۴ - h_۹ = ۱۵۰۴,۴ \; \frac{Btu}{lbm\ steam} - ۶۹,۷۳ = ۱۴۳۴,۶۷ \; \frac{Btu}{lbm\ Steam}$

$\dot{m}_{steam} \times (h_۴ - h_a) = \dot{m}_{Air} \times (h_۴ - h_a) \Rightarrow \frac{\dot{m}_{steam}}{\dot{m}_{air}} = ,۱۱۷ \; \frac{lbm\ Steam}{lbm\ Air}$