۷

قانون دوم ترمودینامیک

۷-۲ ضریب عملکرد پمپ حرارتی تشریح شده در مساله ۴۷-۶ را بیابید .

حل:

داریم : $\dot{m} = 0.05\,kg/s \quad , \quad -\dot{W}_c = 4kW \Rightarrow w_c = \frac{4}{0.05} = 80kJ/kg$

$2 \to 3 : 1st\ law: \ {}_2q_3 + h_2 = h_3 \Rightarrow {}_2q_3 = h_3 - h_2 = -173.14\ kJ/kg$

$$\Rightarrow -\dot{Q}_{Cond\ to\ room} = +8.66kW$$

$$\Rightarrow \beta' = \frac{\dot{Q}_{Cond\ to\ room}}{\dot{W}_c} = 2.17$$

۷-۶ بازده حرارتی موتور حرارتی (باسیکل کارنو) که بین منابع در $500^\circ C$, $40^\circ C$ کارمی کند راپیداکنید.

حل:

$$\eta = \frac{W_{net}}{Q_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{40+273.1}{500+273.1} = 0.595$$

۷-۹ دریک نیروگاه بخار $1MW$ حرارت دردرجه حرارت $700^\circ C$ به دیگ بخار افزوده می شود. $0.58MW$ حرارت در $40^\circ C$ ازکندانسور خارج می شود وکار مصرفی پمپ $0.02MW$ است . بازده حرارتی نیروگاه راپیداکنید.بادرنظرگرفتن همان مقدار کارپمپ وانتقال حرارتی که به دیگ بخار داده می شود ،اگر نیروگاه درسیکل کارنو کار کند ، توربین چه مقدار توان تولید خواهد کرد ؟

حل:

$\dot{Q}_H = 1MW \quad , \quad T_H = 700^\circ C = 973.15K$

$\dot{Q}_L = 0.58MW \quad , \quad T_L = 40^\circ C = 313.15K \quad , \quad \dot{W}_P = 0.02MW$

$\eta_{\text{حرارتی}} = \frac{W_{net}}{\dot{Q}_H} = \frac{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L}{\dot{Q}_H} = 0.42$

اگرنیروگاه درسیکل کارنو کارکند.

$\eta_{\text{کارنو}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_H}$

$\Rightarrow \dot{W}_{net} = \dot{Q}_H(1 - \frac{T_L}{T_H}) = 0.68MW \quad , \quad \dot{W}_t = \dot{W}_{net} + \dot{W}_P = 0.7MW$

$\dot{Q}_L = \dot{Q}_H - \dot{W}_{net} = 0.32\,MW$ [اگرنیروگاه درسیکل کارنو کارکند ،داریم .

که کمتر ازمقدار اولیه $\dot{Q}_L = 0.58MW$ خواهد بود.]

۷-۱۴ موتور اتومبیلی بابازده گرمایی 35% کار می کند. فرض کنید دستگاه تهویه مطبوع دارای ضریب عملکردی معادل $\frac{1}{3}$ ماکزیمم تئوری بوده وبطور مکانیکی بوسیله موتوربه حرکت در می‌آید. چه مقدار سوخت اضافی باید مصرف کرد تا $1kJ$ حرارت دردمای $15^\circ C$ به محیط در $35^\circ C$ تخلیه شود.

حل:

داریم: $\eta_{th} = 35\% = 0.35 \quad , \quad T_H = 35^\circ C = 308.15K \quad , \quad T_L = 15^\circ C = 288.15K$

$\Rightarrow \beta_{theory} = \frac{1}{T_{H/T_L} - 1} = 14.41 \Rightarrow \beta_{real} = \frac{1}{3}\beta_{theory} = 4.803$

ازطرفی : $\beta_{real} = \frac{Q_L}{W_{real}} \Rightarrow W_{real} = \frac{Q_L}{\beta_{real}} = \frac{1}{4.803} = 0.2082\,kJ$

داریم : $\eta_{th} = \frac{W}{Q_H} \Rightarrow Q_H = W/\eta_{th} \Rightarrow Q_H = \frac{0.2082}{0.35} = 0.5949\ kJ$

یعنی باروشن بودن سیستم تهویه مطبوع این اتومبیل برای دفع $1kJ$ حرارت از کابین $(15^\circ C)$ به محیط $(35^\circ C)$ باید معادل $0.5949kJ$ انرژی سوخت مصرف کرد وجالب است که اگر این انرژی صرف به حرکت درآمدن اتومبیل می شد $0.2082kJ$ به انرژی جنبشی آن می افزود.

۷-۱۵ برای گرم نمودن یک خانه درزمستان از پمپ حرارتی استفاده می شود.درجه حرارت خانه بایددرتمام مدت در $20^\circ C$ ثابت نگه داشته شود. وقتی که درجه حرارت بیرون به $-10^\circ C$ افت می کند تخمین زده می شود که تلفات حرارتی از خانه $25kW$ باشد.حداقل توان الکتریکی مورد لزوم برای بکار انداختن پمپ چقدراست ؟

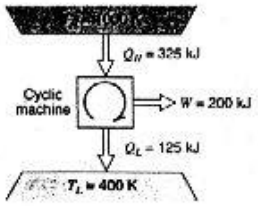
حل:

برای اینکه درجه حرارت خانه در $20^{\circ}C$ ثابت بماند بایدداشته باشیم . $\dot{Q}_H = 25kW$

$$\begin{cases} T_L = -10^{\circ}C = 263.15K \\ T_H = 20^{\circ}C = 293.15K \end{cases} \qquad \beta' = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}} = \frac{T_H}{T_H - T_L} \Rightarrow \dot{W} = \dot{Q}_H\left(1 - \frac{T_L}{T_H}\right) = 2.56kW$$

[یاپمپ حرارتی سرو کار داشتیم نه با یخچال ،بنابراین بجای β از β' استفاده کردیم.]

۷-۱۷ یک ماشین چرخه ای $325kJ$ حرارت رااز منبع انرژی دردمای $1000K$ دریافت می کند. و $125kJ$ رابه منبع سرددر $400K$ دفع می کند وسیکل $200kJ$ کار خروجی دارد آیا این سیکل بازگشت‌پذیراست یابازگشت ناپذیر یاغیر ممکن .



حل:

بازده ایده ال چرخه برابر بازده سیکل کارنویی است که بین دو منبع دمایی $400K$, $1000K$ کار می‌کند.

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 0.6$$

و بازده واقعی چرخه عبارتست از $\eta_{real} = \frac{W_{net}}{Q_H} = \frac{200}{325} = 0.615 > \eta_{Carnot}$

که این امر امکان پذیر نیست یعنی وجود چنین سیکلی غیر ممکن است .

۷-۲۰ یک پمپ حرارتی خانه ای راکه در $20^{\circ}C$ قراردارد باحداکثر توان ورودی $1.2kW$ خنک می کند.[انتقال گرماز دیواره ها طوریست که] خانه $0.6kW$ گرما رابه ازای هر درجه اختلاف دما بامحیط دریافت‌می کند.ضریب عملکرد پمپ حرارتی 60% حداکثر مقدار تئوری آن می‌باشد. حداکثر دمای محیط بیرون راطوری بیابید که پمپ حرارتی برای ایجاد سرمای لازم کافی باشد.

حل:

$$\dot{Q}_{Wall} = 0.6(T_{amb} - T_{inside}) = 0.6(T_{amb} - 293.15)$$

$$\beta_{theory} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{293.15}{T_{amb} - 293.15}$$

$$\Rightarrow \beta_{real} = 0.6\beta_{theory} = \frac{175.9}{T_{amb} - 293.15}$$

ازطرفی: $\beta_{real}=\frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}} \Rightarrow \dot{Q}_L=\dot{W}\beta_{real} \Rightarrow \dot{Q}_L)_{max}=\dot{W}_{max}\beta_{real}$

$$\Rightarrow \dot{Q}_L)_{max}=\frac{211.1}{T_{amb}-293.15}$$

شرط کفایت پمپ حرارتی : $\dot{Q}_L)_{max}=\dot{Q}_{Wall} \Rightarrow \frac{211.1}{T_{amb}-293.15}=0.6(T_{amb}-293.15)$

$$\Rightarrow T_{amb}-293.15=\sqrt{\frac{211.1}{0.6}}=18.76$$

$$\Rightarrow T_{amb}=311.9K=38.76^{\circ}C$$

[باتوجه به عدم دقت دراندازه گیری هابرای اطمینان می توان حداکثر دمای محیط راکه درآن پمپ حرارتی برای خنک کردن کافی باشد $35^{\circ}C$ درنظر گرفت .]

۲۲-۷ یک مخزن گرمایی از یک بستر سنگی (گرانیتی) به حجم $2m^3$ ساخته شده است که تا $400K$ توسط انرژی خورشیدی گرم شده است .یک موتور حرارتی Q_H رااز بستر دریافت می کند وآنرا به محیط دردمای $290K$ دفع می کند .بستر سنگی رفته رفته سرد شده و وقتی به دمای $290K$ رسید فرایند متوقف می شود .انرژی که بستر سنگی می تواند پس بدهد چقدر است ؟ بازده موتور حرارتی در آغاز وپایان فرایند چقدر است ؟

حل:

صخره راسیستم درنظر می گیریم : $system:\ 1st\ law:\ Q_{sys}=W_{sys}+m(u_2-u_1)$

$$Q_{sys}=\rho\times V\times C_p(T_2-T_1)-2750\times 2\times 0.89(290-400)$$
$$Q_{sys}=-538450kJ$$

[برای جامدات $\Delta u=\Delta h=C_p\Delta T \qquad Granite \rightarrow \rho=2750\ kg/m^3\ ,\ C_p=0.89\,kJ/kg.K$

حداکثر انرژی که می توان از صخره گرفت $538450kJ$ است .

$\eta=1-\frac{T_L}{T_H}$

$$\eta_1=1-\frac{290}{400}=0.275$$
$$\eta_2=1-\frac{290}{290}=0$$

بازده موتور حرارتی از مقدار ماکزیمم خود در آغاز فرایند شروع شده و بانزدیک شدن به انتهای فرایند به سمت صفر میل می کند.

۲۴-۷ یک مخزن فولادی به حجم $0.1m^3$ محتوی مبرد $R\text{-}134a$ در $20^{\circ}C$, $200kPa$ می باشد. مخزن دریک منجمد کننده گذاشته می شود تا دمای آن به $-20^{\circ}C$ برسد .منجمد کننده در

یک اتاق بادرجه حرارت $20^{\circ}C$ قراردارد ودرجه حرارت داخلی آن $-20^{\circ}C$ است .مقدار انرژی که باید منجمد کننده از R-134 بگیرد ومقدار کار مصرف شده توسط منجمد کننده برای انجام این فرایند را پیدا کنید.

حل:

R-134a(1: $V=0.1m^3$, $T_1=20^{\circ}C$, $P_1=200kPa$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow v_1=0.11436$, $u_1=h_1-P_1v_1=395.628$, $m=\frac{V}{v}=0.874\ kg$

R-134a(2: $v_2=v_1=0.11436$, $T_2=-20^{\circ}C \Rightarrow$

$\Rightarrow x_2=\frac{v_2-v_{2f}}{v_{2fg}}=0.78$, $u_2=u_{2f}+x_2u_{2fg}=324\ kJ/kg$

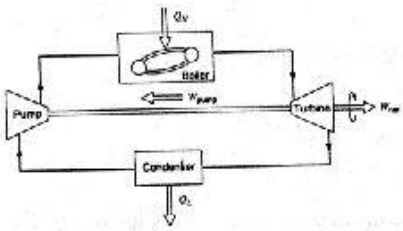
قانون اول برای حجم کنترل (مخزن): $Q_L=m(u_2-u_1)=-62.6kJ$:حرارت گرفته شده از مخزن درنتیجه حرارت داده شده به سیال عامل منجمد کننده $(+62.6kJ)$ خواهدبود .

$T_L=-20^{\circ}C=253.15K$, $T_H=20^{\circ}C=293.15K$

$$\beta=\frac{T_L}{T_H-T_L}=\frac{Q_L}{W}\Rightarrow W=Q_L\left(\frac{T_H}{T_L}-1\right)=9.89\ kJ$$

۷-۲۶ سدیم مایع یک راکتور هسته ای رادر $800^{\circ}C$ ترک می کند.این سدیم به عنوان منبع انرژی یک نیروگاه بخار استفاده می شود.آب خنک کن چگالنده در $15^{\circ}C$ از یک برج خنک کن تأمین می شود. حداکثر بازده گرمایی نیروگاه رابیابید .آیا استفاده از اعداد فوق اشتباه است.

حل:



استفاده از اعداد فوق به شرط تبدیل آنها به دما درمقیاس کلوین اشتباه نمی باشد زیرا آنهابه ترتیب دمای منبع دما بالا ودمای منبع دما پایین بوده وبافرض کار کردن یک سیکل کارنو در بین این دودما حداکثر بازده حاصل می شود.

$$\eta_{th}=1-\frac{T_L}{T_H}=1-\frac{15+273.15}{800+273.15}=73.15\%$$

لازم به ذکر است بازده فوق حداکثر بازده ممکن برای سیکل ترمودینامیکی است که بین دو دمای فوق کار می کند و بازده واقعی نیروگاه به مراتب ازاین مقدار کمتر خواهدبود.

۷-۲۸ خانه ای توسط پمپ حرارتی که با یک موتور الکتریکی کار می کند و از هوای بیرون به

عنوان منبع سرد استفاده می کند ، گرم می شود .خانه گرما رامتناسب بااختلاف دما از دست می دهد ، $\dot{Q}_{loss}=K(T_H-T_L)$. کمترین توان الکتریکی مورد نیاز برای پمپ حرارتی را به صورت تابعی از دو دما بدست آورید.

حل:

گرمای ازدست رفته باید توسط پمپ حرارتی جبران شود بنابراین $\dot{Q}_H)_{heat\ pump}=\dot{Q}_{loss}$

T_H:دمای اتاق

T_L:دمای بیرون

$$\frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}_{in}}=\frac{T_H}{T_H-T_L}\Rightarrow\frac{K(T_H-T_L)}{\dot{W}_{in}}=\frac{T_H}{T_H-T_L}$$

کمترین توان الکتریکی مورد نیاز برای پمپ حرارتی

$$\dot{W}_{in}=\frac{K}{T_H}(T_H-T_L)^2$$

چون از چرخه بازگشت پذیر استفاده کرده ایم $\dot{W}_{in}$ کمترین توان مورد نیاز است و هر پمپ حرارتی بازگشت ناپذیری بیشتر از این مقدار توان مصرف خواهد کرد.

۷-۳۰/ یک دستگاه تهویه مطبوع هوا باتوان ورودی $1.2kW$ به عنوان یخچال ($\beta=3$) یابه عنوان پمپ حرارتی ($\beta'=4$) کار می کند .این دستگاه درجه حرارت یک اداره را درطول سال در $20^\circ C$ ثابت نگه می دارد.تبادل حرارت بین اداره و محیط بیرون به ازای هر درجه اختلاف دمابین آنها ، $0.5kW$ می باشد.حداقل و حداکثر دمای بیرون برای اینکه دستگاه بتواند خوب عمل کند رابیابید.

حل:

برای اینکه دمای اتاق در $20^\circ C$ ثابت باقی بماند لازم است که حرارت گرفته شده از آن از طریق دستگاه تهویه مطبوع (یخچال)باحرارت داده شده به آن (از طریق محیط بیرونی)برابر باشدیعنی

$\dot{Q}_L=0.5(T_H-T_L)$

$\beta=3\quad,\quad \dot{W}=1.2kW\quad,\quad T_L=20^\circ C=293.15K=Cte\quad,\quad T_H=?$

$$\beta=\frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}}=3\Rightarrow\frac{0.5(T_H-T_L)}{\dot{W}}=3\Rightarrow T_H=300.35\,K=27.2^\circ C$$

دستگاه تهویه مطبوع در حالت زیر مانند پمپ حرارتی عمل می‌کندوبرای ثابت ماندن دمای اتاق لازم است که داشته باشیم . $\dot{Q}_H=0.5(T_H-T_L)$

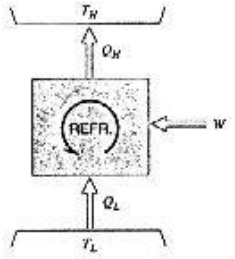
$$\beta'=4\quad,\quad \dot{W}=1.2kW\quad,\quad T_H=20^\circ C=293.15K\quad,\quad T_L=?$$

$$\beta'=\frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}}=4\Rightarrow\frac{0.5(T_H-T_L)}{\dot{W}}=4\Rightarrow T_L=283.55K=10.4^\circ C$$

۷-۳۲ هلیم کمترین دمای معمولی جوش رادربین سایر مواد داراست ،دمای جوش آن درفشار یک

اتمسفر $4.2K$ است .دراین دما آنتالپی تبخیر $83.3kJ/kmol$ می باشد.یک سیکل کارنو برای تولید $1kmol$ هلیم مایع در $4.2K$ از بخار اشباع تحلیل می شود.کارورودی سیکل سرمایش و ضریب عملکرد را برای دمای محیط ، $300K$ ،بیابید.

حل:



داریم :

$$Q_L = 83.3kJ$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{1}{\frac{300}{4.2} - 1} = 0.0142$$

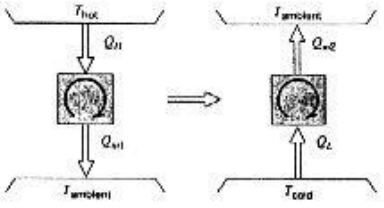
ازطرفی :

$$\beta = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow W = \frac{Q_L}{\beta} = 5.867MJ$$

۳۳-۷ می خواهیم تبریدی تا $-30^{\circ}C$ تولیدکنیم .منبع نشان داده شده در شکل ۳۳-۷P دردرجه حرارت $200^{\circ}C$ قرادارد ودمای محیط $30^{\circ}C$ است .بنابراین بایک موتور حرارتی که بین منابع دمایی $200^{\circ}C$, $30^{\circ}C$ قراردارد‌می توان کار تولیدکرد.این کاربرای بکار انداختن یخچال مورد استفاده قرار می گیرد.نسبت حرارت منتقل شده از منبع $200^{\circ}C$ به حرارت انتقال یافته به منبع $-30^{\circ}C$ راتعیین کنید .فرض کنید تمام فرایند ها بازگشت پذیر باشد.

حل:

تمام فرایندهای درون موتور حرارتی ویخچال برگشت پذیر است یعنی موتور حرارتی ویخچال هردو درسیکل کارنوکارمی کنند.



بنابراین داریم:

$$\frac{Q_H}{Q_{m1}} = \frac{T_H}{T_a} \Rightarrow Q_{m1} = \frac{T_a}{T_H} \cdot Q_H \quad , \quad \frac{Q_{m2}}{Q_L} = \frac{T_a}{T_L}$$

$$T_a = 303.15K \quad , \quad T_L = 243.15K \quad , \quad T_H = 473.15K$$

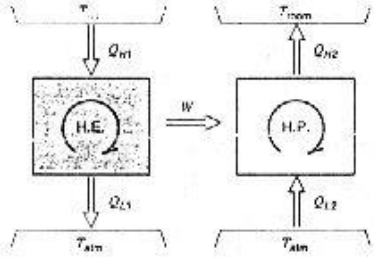
ضمناً داریم :

$$W_{engine} = W_{refrigerator}$$

$$\Rightarrow Q_H - Q_{m1} = Q_{m2} - Q_L \Rightarrow \frac{Q_H}{Q_L} - \frac{T_a}{T_H} \cdot \frac{Q_H}{Q_L} = \frac{Q_{m2}}{Q_L} - 1$$

$$\Rightarrow \frac{Q_H}{Q_L}(1 - \frac{T_a}{T_H}) = \frac{T_a}{T_L} - 1 \Rightarrow \frac{Q_H}{Q_L} = \frac{\frac{T_a}{T_L} - 1}{1 - \frac{T_a}{T_H}} = 0.69$$

۷-۳۴ مجموعه ای از یک موتور حرارتی که یک پمپ حرارتی رابه کار می اندازد(مانند شکل مساله قبل)انرژی تلف شده در $50^\circ C$ رابه عنوان Q_{W1} از یک منبع می گیرد وبه یک موتورحرارتی که حرارت رادر $30^\circ C$ دفع می کندمی دهد.باقیمانده Q_{W2} به پمپ حرارتی که Q_H رادردمای $150^\circ C$ آزاد می کند می رود.اگرانرژی تلف شدهٔ کل $5MW$ باشد آهنگ آزاد شدن انرژی در دمای بالا راتعیین کنید.



حل:

$$\dot{Q}_{W1} + \dot{Q}_{W2} = 5000kW \quad (1$$

$$H.E.: \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_{W1}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W} = \dot{Q}_{W1}(1 - \frac{303.1}{323.1})$$

$$\dot{W} = 0.062\ \dot{Q}_{W1} \quad (2$$

$$H.P.: \frac{\dot{Q}_{W2}}{\dot{W}} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \Rightarrow \dot{W} = \dot{Q}_{W2}(\frac{T_H}{T_L} - 1) = \dot{Q}_{W2}(\frac{423.1}{323.1} - 1)$$

$$\dot{W} = 0.31\ \dot{Q}_{W2} \quad (3$$

$$0.062\ \dot{Q}_{W1} = 0.31 \dot{Q}_{W2} \quad (2\ ,\ 3$$

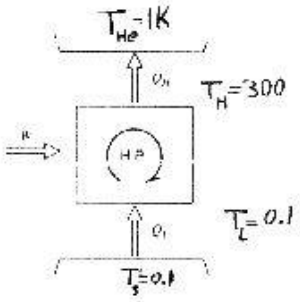
$$\dot{Q}_{W1} = 4166.67kW\ ,\ \dot{Q}_{W2} = 833.33kW \quad (1\ ,\ 2\ ,\ 3$$

$$H.P.: \frac{\dot{Q}_{W2}}{\dot{Q}_H} = \frac{323.1}{423.1} \Rightarrow \dot{Q}_H = 1091.25kW$$

۷-۳۵ باسرمایش مغناطیسی دمایی درحدود $0.01K$ قابل دسترسی است .دراین فرایند یک میدان مغناطیسی قوی به نمک پارامغناطیسی که دردمای $1K$ (ازطریق انتقال انرژی به هلیم مایع که در فشار پایین می جوشد)نگهداری می شود،اعمال می گردد،سپس جلوی تبادل حرارت بین هلیم ونمک راگرفته ،میدان مغناطیسی قطع می گردد ودرنتیجه دمای نمک پایین می آید.فرض کنید $1mJ$ حرارت دردمای متوسط $0.1K$ به هلیم بوسیله یک سیکل پمپ گرمایی کارنو منتقل می شود .کارورودی پمپ گرمایی وضریب عملکرد رابادرنظر

گرفتن دمای محیط برابر با $300K$ بیابید.

حل:



$$\beta=\frac{1}{\frac{T_H}{T_L}-1}=3.33\times10^{-4}$$

$$W=\frac{Q_L}{\beta}=2.999J$$

۷-۳۶ کمترین دمائی که تاکنون به آن دست یافته اند ،نزدیک $1\times10^{-6}K$ است .در دستیابی به این دما گامی فراتر از آنچه در مساله قبل آمده برداشته شده است که آن را سرمایش هسته ای می نامند .این روش شبیه سرمایش مغناطیسی است. اما با لنگر مغناطیسی مربوط به هسته بیشتر از لنگر مغناطیسی برخی یونهای نمک پارامغناطیسی سروکار دارد.فرض کنید بنا باشد از یک نمونه $10\mu J$ انرژی را دردمای میانگین $10^{-5}K$ بگیریم .اگربرای تعیین حدنظری این مقدار سرد سازی رابا بکارگیری یک یخچال چرخه کارنو دردمای میانگین $10^{-5}K$ ایجادکنیم کار ورودی وضریب کارکرد برای چرخه سردسازی راتعیین کنید .دمای محیط $300K$ است .

حل:

$$\beta=\frac{Q_L}{W_{net}}=\frac{T_L}{T_H-T_L}\Rightarrow\frac{10\times10^{-6}}{W_{net}}=\frac{10^{-5}}{300-10^{-5}}\Rightarrow W_{net}=300J$$

$$\beta=\frac{T_L}{T_H-T_L}=\frac{10^{-5}}{300-10^{-5}}=3.3\times10^{-8}$$

۷-۳۷ یک پمپ حرارتی برای گرم نمودن یک خانه درزمستان وبا معکوس نمودن برای سرد کردن یک خانه در تابستان استفاده می شود .درجه حرارت داخل باید درزمستان در $20^{\circ}C$ و در تابستان در $25^{\circ}C$ ثابت نگه داشته شود.انتقال حرارت از دیوار ها وسقف رابه ازای هردرجه اختلاف بین دمای بیرون وداخل $2400kJ$ درساعت تخمین می زنیم .

الف) اگردرزمستان درجه حرارت خارج $0^{\circ}C$ باشد.کمترین توان لازم برای کارکردن پمپ حرارتی چقدر است ؟

ب) باهمان توان ورودی پیدا شده درقسمت الف ، حداکثر دمای بیرون درتابستان برای اینکه دمای اتاق در $25^{\circ}C$ باقی بماند،چقدر است ؟

حل:

الف)

$$T_H=20^{\circ}C=Cte\Rightarrow Q_H-Q_{\text{تلف شده}}=\frac{2400}{3600}(T_H-T_L)=13.333kW$$

$T_L = 0^\circ C$

حداقل توان برای گرداندن پمپ حرارتی موقعی است که پمپ حرارتی درسیکل کارنو کارکند.

$$\Rightarrow \beta' = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}} = \frac{T_H}{T_H - T_L} \Rightarrow \dot{W}_{min} = 0.91kW$$

ب)
$$T_L = 25^\circ C = Cte \Rightarrow \dot{Q}_L = \dot{Q}_{\text{منتقل شده به اتاق}} = \frac{2400}{3600}(T_H - T_L)$$

$$T_H = ? \quad \beta = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \Rightarrow \frac{\frac{2}{3}(T_H - T_L)}{\dot{W}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

$$\dot{W} = 0.91kW$$

$$\Rightarrow T_H = 45^\circ C$$

۳۸-۷ درنظر داریم نیروگاه برقی به قدرت $1000MW$ بابخار به عنوان سیال عامل بسازیم چگالنده هابایدبوسیله آب رودخانه خنک شوند (شکل ۳۸-P۷).دمای بیشینه بخار $550^\circ C$ وفشار درچگالنده ها $10kPa$ خواهد بود.افزایش دمای رودخانه رابین پایین دست وبالا دست نیروگاه بیابید.

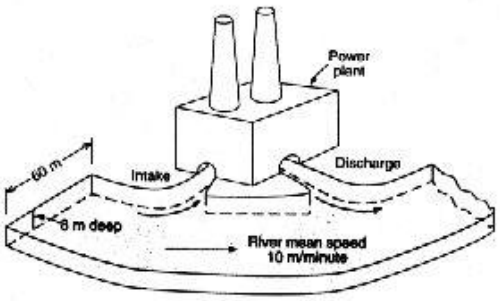
حل:

درچگالنده حالت دوفازه است پس دمای آنهادمای‌اشباع در $10kPa$می باشد$T_{con.} = 45.81^\circ C$

بافرض سیکل کارنو داریم :

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{318}{823.1} = 0.6125$$

$$\eta = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_H} \Rightarrow \dot{Q}_H = \frac{\dot{W}}{\eta} = 1632.6MW \Rightarrow \dot{Q}_L = \dot{Q}_H - \dot{W} = 632.6MW$$



بین دومقطع نشان داده شده رودخانه در شکل P۷-۳۸ داریم :

$$\dot{m}=\frac{VA}{v}=\frac{60\times 8\times\left(\frac{10}{60}\right)}{0.00101}=0.07921\times 10^{6}\,kg/s \quad C_p=4.1868\,kJ/kgK$$

$$\dot{Q}_L=\dot{m}C_p\Delta T \;\Rightarrow\; \Delta T=\frac{\dot{Q}_L}{\dot{m}C_p}=1.9^{\circ}C\approx 2^{\circ}C$$

بافرض سیکل کارنو بایک رقم علمی $2^{\circ}C$ افزایش دما خواهیم داشت مقدار واقعی اختلاف دما می تواند تا 50% وحتی بیشتر ،بیش از مقدار فوق باشد یعنی افزایش دمایی درحدود $4^{\circ}C$ برای طراحی فرضی دورازانتظارنیست .

توجه شود که چون با فرض سیکل کارنو مساله حل شده است فرایندهای انتقال حرارت باید بصورت بازگشت پذیر انجام شوند یعنی اختلاف دمای آب و بخار باید مقدار کوچکی باشد.

۷-۳۹ دونوع سوخت مختلف می توانند در موتور حرارتی که بین دمای سوختن سوخت ویک دمای پایین $350K$ کارمی کند،بکار روند.سوخت Aدر$2500K$ می سوزدو$52000kJ/kg$ انرژی آزاد می کندوهر کیلوگرم آن 1.75 دلاراست .سوخت B در$1700K$ می سوزد و$40000\ kJ/kg$انرژی آزادمی کند و هر کیلوگرم آن 1.5 دلار قیمت دارد .شما کدام سوخت را می‌خرید و چرا؟

حل:سوخت Aاقتصادی تر است .چون :

$$\eta_A=\frac{w_{net}}{q_H}=1-\frac{T_L}{T_H}=1-\frac{350}{2500}=0.86$$

$$w_{net)_A}=q_H\eta)_A=52000\times 0.86=44720\ kJ/kg$$

$$\eta_B=\frac{w_{net}}{q_H}=1-\frac{T_L}{T_H}=1-\frac{350}{1700}=0.79$$

$$w_{net)_B}=q_H\eta)_B=40000\times 0.79=31764.7\ kJ/kg$$

$$\frac{w_{net)_A}}{w_{net)_B}}=1.4 \qquad \frac{Cost)_A}{Cost)_B}=\frac{1.75\,\$}{1.5\$}=1.16$$

مشاهده می کنیم که نسبت کارخالص تولید شده از سوخت A به کارخالص سوخت B بزرگترازنسبت قیمت آنهاست یعنی مثلا" برای دریافت $60000kJ$ کار$1.34kg$ سوخت A لازم است که باید 2.3 دلار برای آن پرداخت کرد ولی اگر از سوخت Bاستفاده شود $1.9kg$ لازم است که باید 2.8 دلار برای آن پول پرداخت کرد.

۴۰-۷ از یک یخچال باتوان ورودی $2.5kW$ برای سرد کردن یک فضابادمای $5^{\circ}C$ درسیکلی که درجه حرارت بالای آن $50^{\circ}C$ است استفاده می شود.حرارت Q_H توسط یک مبادله کن حرارتی به هوای محیط بادمای $35^{\circ}C$ داده می شود.اگرضریب انتقال حرارت $50W/m^2K$ باشد.حداقل سطح انتقال حرارت لازم مبادله کن حرارتی رابدست آورید.

حل:

$T_L=5^{\circ}C \quad , \quad T_H=35^{\circ}C \quad , \quad h=50W/m^2K \quad , \quad W=2.5kW$

$T-50^{\circ}C$ درجه حرارت بالای سیکل $\Rightarrow \dot{Q}_H=h_A(T\ T_H)$

حداقل سطح مورد لزوم برای حالتی که یخچال درسیکل کارنو کارمی کند.

$$\beta=\frac{T_L}{T_H-T_L}=\frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}} \Rightarrow Q_L=2.5\times\frac{(273.1+5)}{(50-5)}=15.45kW$$

$$\dot{Q}_H-\dot{Q}_L=\dot{W} \Rightarrow \dot{Q}_H=17.95kW$$

$$\dot{Q}_H=hA(T-T_H) \Rightarrow A=\frac{17.95}{50\times(50-35)}=0.024m^2=240cm^2$$

[درعمل وقتی که باسیکل کارنوسروکارنداریم. $\dot{Q}_{L\,\text{واقعی}} < \dot{Q}_{L\,\text{کارنو}} \Rightarrow \beta_{\text{واقعی}} < \beta_{\text{کارنو}}$

$$\begin{cases} \dot{W}=\dot{Q}_H-\dot{Q}_L \Rightarrow \dot{Q}_{H\,\text{واقعی}} < \dot{Q}_{H\,\text{کارنو}} \Rightarrow A_{\text{واقعی}} < A_{\text{کارنو}} \\ \text{بنا به شرایط مساله: } \dot{W}_{\text{واقعی}}=\dot{W}_{\text{کارنو}} \end{cases}$$

یعنی درعمل وقتی که یخچال درسیکل کارنو کارنمی کندبه سطح کمتری برای دفع حرارت نیاز دارد.]

۴۱-۷ R-12 در $95^{\circ}C$ ، $x=0.1$ باآهنگ جرمی $2kg/s$ درفشار ثابت دریک مبادله کن گرمایی $(H.E.)$ به بخاراشباع تبدیل می شود.انرژی مورد نیاز بوسیله یک پمپ گرمایی بادمای کمینه $10^{\circ}C$ تأمین می شود.قدرت موردنیاز ورودی به پمپ حرارتی رابیابید.

حل:

ازجدول $B.3.1$ داریم:

$$P_{sat})_{95^{\circ}C}=3056.9kPa \ , \ h_f=140.23kJ/kg \ , \ h_{fg}=71.71kJ/kg$$

$$h_g=211.94\ kJ/kg$$

$$\Rightarrow h_i=h_f+xh_{fg}=147.4kJ/kg \quad , \quad h_e=h_g=211.94\ kJ/kg$$

$$\text{1st law For H.E.: } h_i+q=h_e \Rightarrow q=h_e-h_i=64.539\ kJ/kg$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_H=\dot{m}q=129.08kW$$

باافرض پمپ گرمایی ایده ال :

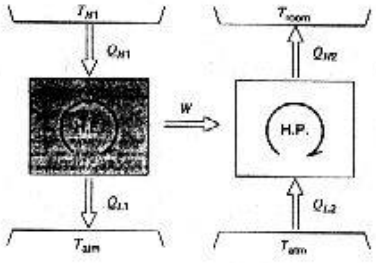
$$\beta' = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L} = \frac{T_H}{T_H - T_L} = \frac{273.1 - 95}{95 - 10} = 4.33$$

$$\Rightarrow \dot{W} = \frac{\dot{Q}_H}{\beta'} = 29.803kW \approx 30kW$$

درحالت ایده ال $30kW$ توان ورودی به پمپ گرمایی موردنیاز است پس فرض $75kW$ توان درحالت پمپ گرمایی واقعی فرض مناسبی برای طراحی به نظر می رسد.

۴۲-۷ کوره نشان داده شده درشکل P۷-۴۲ ،می تواند Q_{H1} رادر دمای T_{H1} فراهم کند و بهتر است که این حرارت برای به کار انداختن یک موتور گرمایی که حرارت رادر T_{atm} دفع می کند بکار برده شود تا اینکه مستقیماً صرف گرم کردن اتاق شود.موتور گرمایی یک پمپ حرارتی رابه کار می اندازد که Q_{H2} رادر دمای T_{room} با استفاده از اتمسفر به عنوان منبع سرد تأمین می کند . نسبت Q_{H2} / Q_{H1} رابه صورت تابعی از دماها بیابید.آیااین مجموعه بهتر از گرم کردن مستقیم اتاق بوسیله کوره است ؟

حل:



$$\eta_{H.E.} = \frac{Q_H}{W_{net}} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\Rightarrow \frac{Q_{H1}}{W} = 1 - \frac{T_{atm}}{T_{H1}}$$

$$\Rightarrow Q_{H1} = W\left(\frac{T_{H1} - T_{atm}}{T_{H1}}\right)$$

$$\beta_{H.P.} = \frac{Q_H}{W_{in}} = \frac{T_H}{T_H - T_L} \Rightarrow \frac{Q_{H2}}{W} = \frac{T_{room}}{T_{room} - T_{atm}} \Rightarrow Q_{H2} = W\left(\frac{T_{room}}{T_{room} - T_{atm}}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{Q_{H2}}{Q_{H1}} = \frac{\left(\frac{T_{room}}{T_{room} - T_{atm}}\right)}{\left(\frac{T_{H1} - T_{atm}}{T_{H1}}\right)} = \frac{T_{room} \times T_{H1}}{(T_{room} - T_{atm})(T_{H1} - T_{atm})}$$

$$\frac{Q_{H2}}{Q_{H1}} = \frac{T_{room} T_{H1}}{(T_{room} T_{H1} - T_{room} T_{atm} - T_{atm} T_{H1} + T_{atm}^2)}$$

$$= \frac{T_{room}T_{H1}}{T_{room}T_{H1}+T_{atm}(T_{atm}-T_{H1}-T_{room})}$$

$$\begin{matrix} T_{room} > T_{atm} \\ T_{H1} > T_{atm} \end{matrix} \Rightarrow T_{atm}-T_{H1}-T_{room} < 0 \Rightarrow \frac{Q_{H2}}{Q_{H1}} > 1 \Rightarrow Q_{H2} > Q_{H1}$$

Q_{H1} بیشترازمقدارگرمایی است که اگر کوره بطورمستقیم اتاق راگرم می کردبین هوای اتاق وکوره مبادله می شد.(به علت بازگشت ناپذیری انتقال حرارت درحالتی که انتقال حرارت توسط اختلاف دمای زیادانجام می شود)وچون Q_{H2} از Q_{H1} بزرگتراست به این نتیجه می رسیم که این دستگاه برای گرم کردن اتاق مناسب تراست .

۴۳-۷ یک موتورحرارتی دارای یک جمع کننده (*Collector*) خورشیدی است که مقدار $0.2kW/m^2$ حرارت راجذب وآنرابه یک سیال واسطه که تا $450K$ گرم شده است پس می‌دهد. انرژی جذب شده به یک موتور حرارتی که حرارت را در $40^{\circ}C$ ازخود دفع می کند انتقال می یابد .اگر توان تولیدی موتور حرارتی $2.5kW$ باشد،کمترین اندازه سطح لازم برای جمع کننده خورشیدی چقدر است ؟

حل:

حداقل سطح لازم رابرای حالتی که موتور حرارتی طی سیکل کارنو کارمی کند،بدست می آوریم.

$$T_H=450K, T_L=40^{\circ}C=313.15K\ ,\ \dot{W}=2.5kW\ ,\ \dot{Q}_H=0.2A\ kW\ ,\ A=?$$

$$\eta=1-\frac{T_L}{T_H}=\frac{\dot{W}}{\dot{Q}_H} \Rightarrow \dot{Q}_H=8.22=0.2A \Rightarrow A=41m^2$$

[درعمل وقتی که باسیکل کارنو سروکارنداریم .

$$\dot{W}=\eta\dot{Q}_H=Cte \Rightarrow \eta_{\text{کارنو}}.\dot{Q}_{H\text{کارنو}}=\eta_{\text{واقعی}}\dot{Q}_{H\text{واقعی}} \Rightarrow \dot{Q}_{H\text{واقعی}}=\frac{\eta_{\text{کارنو}}}{\eta_{\text{واقعی}}}\dot{Q}_{H\text{کارنو}}$$

$$\Rightarrow A_{\text{واقعی}}=\frac{\eta_{\text{کارنو}}}{\eta_{\text{واقعی}}}\cdot A$$

یعنی درعمل وقتی که η به 1/2 یا 1/3 ηکارنومی رسد سطح 2 یا3 برابرمی شود]

۴۴-۷ دریک آزمایش زمزائیک باید یک مخزن رادردمای $-125^{\circ}C$ ثابت نگه دارید .این مخزن توسط انتقال حرارت $100W$ گرما دریافت می کند.کوچکترین موتوری که شما برای یک پمپ حرارتی که گرما راازمخزن بگیرد وبه اتاق در $20^{\circ}C$ دفع کند نیاز دارید،چیست ؟

حل:می دانیم که ضریب کارکرد برای پمپ حرارتی بازگشت پذیر بیشتر از تمام پمپ های حرارتی بازگشت ناپذیر است .بنابراین برای اینکه بتوانیم از کوچکترین موتور برای بکار انداختن پمپ

حرارتی استفاده کنیم باید از پمپ حرارتی بازگشت پذیر در بین دو منبع استفاده کنیم .کمترین مقدار توان خالصی که موتور برای گرفتن گرمای $100W$ باید پمپ حرارتی بدهد رامی توان چنین محاسبه کرد.

$$\beta=\frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{in}}=\frac{T_L}{T_H-T_L}\Rightarrow \dot{W}_{in}=\dot{Q}_L\left(\frac{T_H}{T_L}-1\right)=97.9kW$$

۷-۴۵ میزان $60kg/h$ آب ازمیان یک مبادله کن گرمایی $(H.E.)$ عبورمی کند ، حالت ورودی مایع اشباع در $200kPa$ وحالت خروجی بخاراشباع است . گرمای مورد نیاز از یک پمپ گرمایی کارنوکه بامنبع دماپایین $16^{\circ}C$ کارمی کند تامین می شود. آهنگ کاربه پمپ گرمایی رابیابید.

حل:

(تمام اعدادموردنیاز ازجدول $B.1.2$ تهیه شده اند)

$$P=200kPa\Rightarrow T_{sat}=120.23^{\circ}C\ ,\ h_f=504.68\ kJ/kg\ ,\ h_g=2706.63\ kJ/kg$$
$$h_{fg}=2201.96\ kJ/kg$$

$$1st\ law\ for\ H.E.: h_i+q=h_e\Rightarrow q=h_e-h_i=h_g-h_f=h_{fg}=2201.96\ kJ/kg$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_H=\dot{m}q=132.11MJ/h=36.698kW$$

$$\beta'=\frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_H-\dot{Q}_L}=\frac{1}{1-\frac{T_L}{T_H}}=3.7742\Rightarrow \dot{W}=\frac{\dot{Q}_H}{\beta'}=9.72\ kW$$

۷-۴۶ یک جعبه صلب به حجم $1m^3$ حاوی هوادر $200kPa,\ 300K$ می باشد.این جعبه توسط انتقال حرارت بوسیله پمپ حرارتی بازگشت پذیر تا $600K$ گرم می شود.بطوری که پمپ حرارتی علاوه برکار ورودی ،انرژی رااز محیط در $300K$ دریافت می کند.بااستفاده ازحرارت مخصوص در $300K$ وبادرنظرگرفتن اینکه ضریب عملکرد تغییر می کندرابطه $\delta Q=m_{air}\ C_v\ dT$ رانوشته و δW رابیابید.باانتگرال گیری از δW نسبت به درجه حرارت کارموردلزوم برای پمپ حرارتی رابیابید.

حل:

$$T_1=300K\ ,\ P_1=200kPa\ ,\ V=1m^3\Rightarrow P_1V=mRT_1\Rightarrow m=2.323kg\quad (air$$
$$T_2=600K\ ,\ \delta Q_H=mC_v dT_{air}$$
$$T_H: 300\rightarrow 600\ ,\ T_L=300L\ ,\ C_v=0.717$$

باپمپ حرارتی برگشت پذیر سروکارداریم پس از β' استفاده می کنیم.

$$\beta'=\frac{T}{T-300}=\frac{\delta Q_H}{\delta W}$$

$$\Rightarrow \frac{T}{T-300}=\frac{mC_v dT_H}{\delta W} \Rightarrow \delta W=mC_v dT(1-\frac{300}{T})$$

$$\Rightarrow W=mC_v(T-300lnT)\Big|_{T_1}^{T_2} =mC_v(T_2-T_1-300ln\frac{T_2}{T_1})=153kJ$$

[بدون استفاده ازپمپ حرارتی برای رساندن مخزن از حالت 1 به حالت 2 مقدارحرارت $Q_H=mC_v(T_2-T_1)=500kJ$ لازم داشتیم]

۷-۴۷ مخزن گرمائی بستر سنگی درمساله ۲۲-۷ رادرنظر بگیرید .بااستفاده ازگرمای ویژه می‌توانید δQ_H رابرحسب dT_{rock} بنویسید وعبارتی برای δW خروجی ازموتورحرارتی بیابید.ازاین عبارت برحسب دماانتگرال بگیرید وکارکل خروجی موتور حرارتی رابیابید.

حل: اگربسترسنگی راسیستم درنظربگیریم :

$$system: 1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1)$$

به ازای $Q_{1-2}=\delta Q_H$ داریم: $\delta Q_H=-mdu=-\rho VC_p dT_{rock}$

$$\frac{W_{net}}{Q_H}=1-\frac{T_L}{T_H}\Rightarrow \delta W_{net}=\delta Q_H(1-\frac{T_0}{T_{rock}})=-\rho VC_p(1-\frac{T_0}{T_{rock}})dT_{rock}$$

$$\Rightarrow W_{net}=\int_1^2 \delta W_{net}=-\int_{T_{1rock}}^{T_0}\rho VC_p(1-\frac{T_0}{T_{rock}})dT_{rock}$$

$$W_{net}==-\rho VC_p\ [\ T_{rock}-T_0 ln\, T_{rock}]\ \Big|_{T_{1rock}}^{T_0}$$

$$W_{net}=-\rho VC_p\left[T_0-T_{1rock}-T_0\, ln\,\frac{T_0}{T_{1rock}}\right]$$

$$W_{net}=-2750\times 0.89(290-400-290\ ln\ \frac{290}{400})=81945.97kJ$$

۷-۴۸ یک موتورگرمایی کارنو ،مطابق شکل P۷-۴۸ ،انرژی موردنیاز خود رااز یک منبع دردمای T_{res} بوسیله یک مبادله کن گرمایی *(H.E.)* دریافت می کند.دراین مبادله کن میزان گرمای مبادله شده متناسب بااختلاف دماست $\dot{Q}_H=K(T_{res}-T_H)$.این سیکل گرما رادردمای پایین ومعلوم T_L دفع می کند.برای طراحی موتورگرمایی که بیشترین کارخروجی راداشته باشد.نشان دهید که T_H ازرابطه $T_H=\sqrt{(T_{res}T_L)}$ پیروی می کند.

حل:

برای سیکل کارنوداریم :

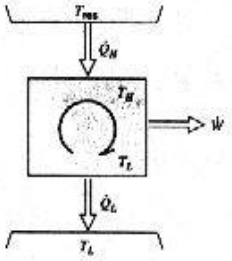
$$\eta_{Carnot}=\frac{\dot{W}}{\dot{Q}_H}\Rightarrow \dot{W}=\eta_{Carnot}\dot{Q}_H$$

$$\Rightarrow \dot{W}=(1-\frac{T_L}{T_H})\left[K(T_{res}-T_H)\right]$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \dot{W}}{K\partial T_H}=\frac{T_L}{T_H^2}(T_{res}-T_H)-(1-\frac{T_L}{T_H})$$

$$=\frac{T_L T_{res}}{T_H^2}-\frac{T_L}{T_H}-1+\frac{T_L}{T_H}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \dot{W}}{K\partial T_H}=\frac{T_L T_{res}}{T_H^2}-1$$



شرط ماکزیمم بودن $\dot{W}$ اینست که

$$\frac{\partial \dot{W}}{\partial T_H}=0$$

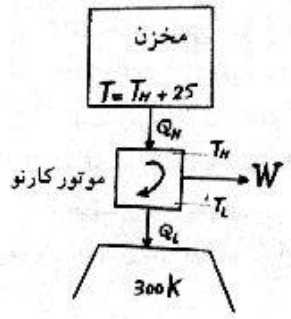
$$\Rightarrow \frac{T_L T_{res}}{T_H^2}-1=0 \Rightarrow T_H=\sqrt{(T_L T_{res})}$$

۴۹-۷ یک مخزن به حجم $10m^3$ محتوی هوا در $500kPa$, $600K$ به عنوان منبع دما بالای یک موتور کارنو که حرارت رادر دمای $300K$ دفع می کند،عمل می‌کند.اختلاف درجه حرارت لازم بین مخزن هواودرجه حرارت بالای سیکل کارنو برای انتقال حرارت $25^{\circ}C$ می‌باشد.موتورحرارتی تازمانیکه دمای هوا به $400K$ افت کند،کارمی کند.بافرض ظرفیت حرارت مخصوص ثابت برای هوا،مقدار کارتولیدشده توسط موتور حرارتی راتعیین کنید.

حل:

1)مخزن: $P_1=500kPa$, $T_1=600K$, $V=10m^3$

$$m=\frac{PV}{RT}=29.04kg \qquad T:600K\rightarrow 400K$$



$$\delta Q_H=-m_{air}du=-m_{air}C_v dT_{air}$$

$$\eta=1-\frac{T_L}{T_H}=\frac{\delta W}{\delta Q_H}$$

$$\Rightarrow \delta W=-m_{air}C_v(1-\frac{300}{T-25})dT$$

موتور کارنو مزبور ازلحاظ داخلی برگشت پذیر وازلحاظ خارجی برگشت ناپذیر است .

$$\Rightarrow W=-m_{air}C_v(T-300ln(T-25))\Big|_{T_1}^{T_2}=-m_{air}C_v(T_2-T_1-300ln\frac{T_2-25}{T_1-25})$$

$$\Rightarrow W=1494.3kJ$$

۵۰-۷ یک موتور حرارتی باچرخه کارنو که درفضای بیرون جو کار می کند را در نظر بگیرید. گرما می تواند فقط ازطریق تشعشع از موتور دفع شود. که این متناسب است باسطح تشعشع و توان چهارم دمای مطلق، $\dot{Q}_{rad}\sim KAT^4$. نشان دهید که برای یک کارخروجی و T_H مشخص سطح تشعشع وقتی مینیمم است که $\frac{T_L}{T_H}=fl$ باشد.

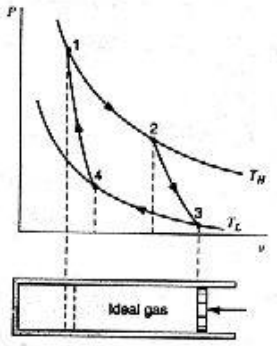
حل:

$$Q_L=KAT_L^4 \quad \Rightarrow \eta=\frac{\dot{W}}{\dot{Q}_H}=\frac{\dot{W}}{\dot{Q}_L+\dot{W}}=\frac{\dot{W}}{KAT_L^4+\dot{W}}$$

$$\eta=1-\frac{T_L}{T_H}\Rightarrow\frac{\dot{W}}{KAT_L^4+\dot{W}}=1-\frac{T_L}{T_H}\Rightarrow\frac{KA}{\dot{W}}=\left(\frac{T_H}{T_H-T_L}-1\right)/T_L^4$$

$$\Rightarrow\frac{KA}{\dot{W}}=\frac{1}{T_HT_L^3-T_L^4}\Rightarrow\frac{K}{\dot{W}}\frac{dA}{dT_L}=-\frac{4T_L^3-3T_HT_L^2}{(T_HT_L^3-T_L^4)^2}=0\Rightarrow\frac{T_L}{T_H}=\frac{3}{4}$$

۵۱-۷ هوا درسیلندر/پیستونی، سیکل کارنو رامطابق دیاگرام P-v نشان داده شده درشکل ۲۴-۷، طی می کند. دماهای بالا وپایین بترتیب $300K$, $600K$ می باشند. گرمای منتقل شده درمنبع دما بالا $250\ kJ/kg$ وپایین ترین فشار درسیکل $75kPa$ می باشد. بافرض گرماهای ویژه ثابت وبرابر با گرماهای ویژه در $300K$ مقادیر حجم ویژه وفشار را درچهار حالت سیکل بیابید.



ازجدول ثابتهای گاز ایده ال (A.5) داریم:

$$C_{vo})_{air}=0.717\frac{kJ}{kg\cdot K}\ ,\ R_{air}=0.287\frac{kJ}{kg-K}$$

قانون اول به شکل دیفرانسیلی برای گاز ایده ال: $\delta q=C_{vo}dT+Pdv=C_{vo}dT+\frac{RT}{v}dv$

$$3)\ P_3v_3=RT_3\Rightarrow v_3=\frac{RT_3}{P_3}=1.148\ m^3/kg$$

$$2 \to 3)\ \delta q=0 \Rightarrow 1st\ \ law:\ \ C_{vo}\frac{dT}{T}=-R\frac{dv}{v}$$

$$\Rightarrow C_{vo}ln\frac{T_3}{T_2}=Rln\frac{v_2}{v_3}\Rightarrow v_2=v_3\left(\frac{T_3}{T_2}\right)^{\frac{C_{vo}}{R}}=0.203185\ m^3/kg$$

$$\Rightarrow P_2=\frac{RT_2}{v_2}=847.504\ kPa$$

$$1 \to 2)\ T_H=Cte\Rightarrow dT=0\Rightarrow 1st\ law:\frac{\delta q}{T_H}=R\frac{dv}{v}\Rightarrow\frac{q}{RT_H}=ln\frac{v_2}{v_1}$$

$$\Rightarrow v_1=v_2e^{-\frac{q}{RT_H}}=0.0475754\ m^3/kg$$

$$\Rightarrow P_1=\frac{RT_1}{v_1}=3619.52\,kPa$$

$$4 \to 1)\ \delta q=0\Rightarrow 1st\ \ law:\ \ C_{vo}\frac{dT}{T}=-R\frac{dv}{v}$$

$$\Rightarrow C_{vo}ln\frac{T_4}{T_1}=Rln\frac{v_1}{v_4}\Rightarrow v_4=v_1\left(\frac{T_1}{T_4}\right)^{\frac{C_{vo}}{R}}$$

$$\Rightarrow v_4=0.268802\ m^3/kg\Rightarrow P_4=\frac{RT_4}{v_4}=320.31\ kPa$$

۵۲-۷ گاز هیدروژن به عنوان سیال واسطه در سیکل کارنویی با کارایی 60% و درجه حرارت پایین $300K$ استفاده می شود. در حین دفع حرارت فشار از $90kPa$ به $120kPa$ تغییر می کند. انتقال حرارت در درجه حرارت بالا و پایین و کار خالص سیکل به ازای واحد جرم هیدروژن را حساب کنید.

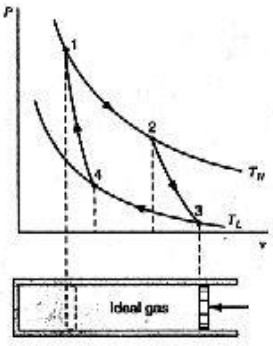
حل:

$$\eta=60\%\ ,\ T_L=300K\ ,\ T_H=?$$

$$P_3=90kPa\ ,\ P_4=120kPa\ ,\ R_{H_2}=4.1243kJ/kgK$$

$$\eta=1-\frac{T_L}{T_H}=0.6\Rightarrow T_H=750K$$

$$\left.\begin{array}{l} q_L=RT_L\,Ln\dfrac{v_3}{v_4} \\ pv=RT\Rightarrow\dfrac{v_3}{v_4}=\dfrac{P_4}{P_3}\end{array}\right| \Rightarrow q_L=RT_L\,Ln\frac{P_4}{P_3}=356\,kJ/kg$$



$$\eta=1-\frac{q_L}{q_H}=0.6\Rightarrow q_H=890\,kJ/kg\qquad w=q_H-q_L=534\,kJ/kg$$