•در صورتی که کار تولیدی از $\frac{5000}{9}kJ$ بیشتر می‌باشد سیکل غیرممکن است.

• در صورتی که کار تولیدی دقیقاً برابر $\frac{5000}{9}kJ$ باشد سیکل برگشت‌پذیر درونی ولیکن برگشت‌ناپذیر بیرونی است.

•در صورتی که کار تولیدی از $\frac{5000}{9}kJ$ کمتر باشد سیکل برگشت‌ناپذیر درونی و برگشت‌ناپذیر بیرونی است.

مثال ۲: یک سیکل اریکسون بین دو منبع دما بالای $T_H = 1000K$ و دما پایین $T_L = 300K$ در حال کار است. راندمان این سیکل در مقایسه با سیکل کارنویسی که بین همین دو منبع کار می‌کند چگونه است؟

الف) بالاتر است　　ج) برابر است

ب) پایین‌تر است　　د)بسته به نوع سیّال‌کاری می‌تواند بالاتر، پایین‌تر باشد

حل: هر دو با هم برابرند زیرا هر دو برگشت‌پذیرند و بین دو منبع یکسان در حال کارند. گزینه ج درست است.

مثال ۳: یک سیکل استرلینگ بین دو منبع حرارتی در دماهای $T_H = 2000K$ و $T_L = 300K$ در حال کار است. نسبت گرمای ویژه سیال کاری سیکل $k = 1.3$ می‌باشد. برای بالاتر بردن راندمان بهتر است از یک سیال کاری با k... استفاده کرد.

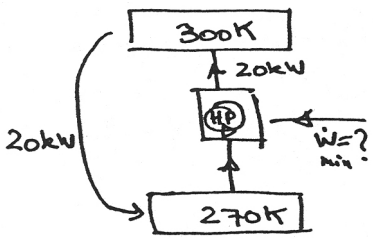
الف) کوچکتر　　ج)تفاوتی نمی‌کند

ب) بزرگتر　　د)بسته به فرآیندهای سیکل دارد

حل: راندمان سیکل استرلینگ همانند کارنو تنها به دمای دو منبع حرارتی بستگی دارد. بنابراین گزینهٔ ج درست است.

مثال ۴: می‌خواهیم از یک پمپ حرارتی برای گرم کردن خانه‌ای در زمستان استفاده کنیم. دمای داخل خانه 300K و دمای هوای بیرون 270K است. اگر بار حرارتی خانه 20kW باشد، حداقل توان مصرفی پمپ حرارتی چند kW است؟

حل: با توجّه به شماتیک روبه‌روی پمپ حرارتی می‌بایست حرارتی که به طور طبیعی از اتاق به بیرون دفع می‌شود را جبران نماید. کمترین توان مصرفی در صورتی رخ می‌دهد که از پمپ حرارتی برگشت‌پذیر استفاده شود که در این صورت:



$$\beta'_{RHP} = \frac{TH}{T_H - T_L} = \frac{300}{300-270} = 10$$

از طرف دیگر

$$\beta' = \frac{\dot{Q}n}{\dot{w}}$$

$$\Rightarrow \dot{W}\min = \frac{\dot{Q}H}{\beta'} = \frac{20}{10} = 2kW$$

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

ـ نابرابری کلازیوس: برای هر سیکل ترمودینامیکی رابطهٔ زیر برقرار است:

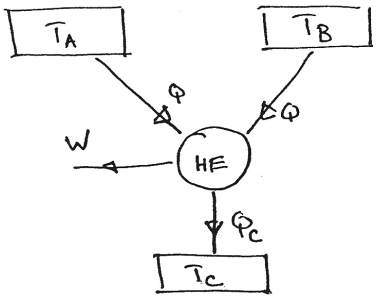
$$\oint \frac{\partial Q}{T} \le 0$$

در رابطهٔ فوق T دمای سیّال کاری سیکل در طول فرآیندها است. تساوی هنگامی برقرار است که سیکل برگشت‌پذیر درونی باشد.

سیکل برگشت‌پذیر درونی است: $\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$

سیکل‌برگشت‌ناپذیر درونی است: $\oint \frac{\delta Q}{T} < 0$

مثال ۵: مطابق شکل روبرو یک موتور حرارتی با سه منبع حرارتی در تماس است. رابطه‌ای برای راندمان حرارتی این سیکل در صورتی که همهٔ فرآیندها برگشت‌پذیر باشند بدست آورید.



حل: طبق قانون اوّل: $W = 2Q - Q_c$

از طرف دیگر: $\frac{-Q_c}{T_c} + \frac{Q}{T_A} + \frac{Q}{T_B} = 0$

$$Q_c = Q(\frac{T_C}{T_A} + \frac{T_C}{T_B})$$

حال با توجّه به تعریف راندمان حرارتی: $\eta_{th} = \frac{W}{2Q}$

$$= 1 - \frac{Q_c}{2Q} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_{th} = 1 - \frac{T_c}{2}(\frac{1}{T_A} + \frac{1}{T_B})$$

ـ قانون دوّم ترمو برای فرآیندهای ترمودینامیکی

• سیستم: $S_2 - S_1 = \int \frac{\delta Q}{T} + Sg$

$$ds = \frac{\delta Q}{T} + \delta sg$$

$$ds = \frac{\delta q}{T} + \delta sg$$

یادداشت:

.....

.....

.....

.....

• نکات مهم در رابطه با قانون دوم در فرآیندها (قالب سیستم)

۱) در فرآیندهای آدیاباتیک هیچگاه انتروپی کاهش نمی‌یابد.

۲) اگر در فرآیندی انتروپی کاهش یافت حتماً دفع حرارت وجود داشته است.

۳) یک فرآیندی که در آن انتروپی ثابت مانده است لزوماً برگشت‌پذیر نیست.

۴) اگر در فرآیندی جذب حرارت وجود داشت حتماً انتروپی افزایش می‌یابد.

۵) برای فرآیندهای برگشت‌پذیر تغییر انتروپی و انتقال حرارت هم علامتند.

• حجم کنترل:

$$\left.\frac{ds}{dt}\right)_{c.\forall.} + \sum_{e} \dot{m}_e \Delta_e - \sum_{i} \dot{m}_i \Delta_i = \sum_{c.s.} \dot{Q} + \dot{S}g$$

• در شرایط SSSF، $\left.\frac{ds}{dt}\right)_{c.\forall.} = 0$

• برای توربین، کمپرسور، پمپ، نازل، دیفیوزر، شیر انبساط (آدیاباتیک) با توجه به آدیاباتیک بودن این دستگاهها در شرایط متعارف کاریشان:

$$\dot{m}(s_e - s_i) = sg$$

• تعریف راندمان ایزنتروپیک برای توربین:

$$\eta_{s_i t} = \frac{W_a}{W_s}$$

کار تولیدی توربین ایزنتروپیک از کار تولیدی تمامی توربین‌های آدیاباتیکی که شرایط ورودی و نسبت فشار یکسانی دارند بالاتر است.

• تعریف راندمان ایزنتروپیک برای کمپرسور

$$\eta_{s_i c} = \frac{w\Delta}{wa}$$

کار مصرفی کمپرسور ایزنتروپیک از تمامی کمپرسورهای آدیاباتیکی که شرایط ورودی و نسبت فشار یکسانی دارند پایین‌تر است.

ـ اصل افزایش انتروپی

• تغییر انتروپی سیستم (یا حجم کنترل) و پیرامون روی هم همواره بزرگتر یا مساوی صفر است.

$$\Delta S_{net} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} \geq 0$$

$$\frac{dS_{net}}{dt} = \frac{dS_{\Delta.\forall.}}{dt} + \frac{dS}{dt})_{surr} \geq 0$$

• از این قانون بهتر است برای تحلیل قانون دوّم فرآیندهایی که در آنها سیستم یا حجم کنترل با یک منبع حرارتی در ارتباط است استفاده شود.

• موازنهٔ انتروپی هنگامی برقرار است که تمامی فرآیندها برگشت‌پذیر باشند.

یادداشت:

.....

.....

.....

.....