RADMAN SANA'T CO.
CONSULTING ENGINEERS

راهنمای راه‌اندازی و نگهداری

سیکل تبرید جذبی

این کتابچه اهدایی به **دانشگاه گلپایگان** جهت استفاده کاربران و دانشجویان آن واحد آموزشی می‌باشد و توسط کارشناسان **شرکت رادمان صنعت نصر** تهیه و تنظیم شده است. مطالب و آزمایشات ارائه شده در این کتابچه صرفاً برای **دستگاه سیکل تبرید جذبی** با شماره سفارش **۴۴۱۶** تهیه شده است و لزوماً در دستگاه‌های مشابه ساخت این شرکت قابل استفاده نمی‌باشد. ضمناً استفاده از مطالب، نمودارها و تصاویر این کتابچه با ذکر منبع بلامانع می‌باشد.

شرکت رادمان صنعت نصر

۱۳۹۴

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

سیکل تبرید جذبی

هدف

- بررسی اصول عملکرد یک سیستم تبرید جذبی
- بررسی فرایند تبرید
- به دست آوردن COP سیکل تبرید

تئوری

تبرید عبارت است از جذب حرارت از مواد و دفع آن به محیط خارج در کلیه سیستم‌های تبرید، حفظ سرما مستلزم گرفتن حرارت از موادی با درجه حرارت پایین تر و خارج کردن آن به محیطی با درجه حرارت بالاتر می باشد.

همان طور که می‌دانید گرما از یک محیط با دمای بالاتر به یک محیط با دمای پایین تر به خودی خود انتقال می‌یابد و نیاز به انجام کار ندارد ولی چنانچه بخواهیم عکس این عمل انجام شود، حتماً نیاز به انجام کار داریم(قانون دوم ترمودینامیک).

سیستم های تبرید شامل فرایندهای زیر می‌باشند:

۱. افزایش درجه حرارت مبرد (مانند فرستادن هوای سرد به داخل ساختمان برای سرد کردن محیط و وسایل داخل و گرم شدن خود هوای سرد)
۲. تغییر فاز (مقدار حرارتی که در اثر تغییر حالت از جامد به مایع یا مایع به گاز یا جامد به بخار جذب میگردد برای برودت استفاده می‌شود.)
۳. انبساط مایع (انبساط مایعات باعث تقلیل درجه حرارت آنها می‌شود.)
۴. انبساط گاز ایده آل (در یک جریان ثابت وقتی یک گاز ایده آل منبسط میشود کاهش درجه حرارت بوجود می آید مقدار افت درجه حرارت ممکن است جدی و قابل توجه باشد که بستگی به وضعیت محل انبساط دارد)

تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴ info@radmansanatco.com
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴ www.radmansanatco.com

۵. تولید خلاء (اگر مخزن بسته ای را در محیطی با فشار کم رها کنیم، کاهش حرارت در مخزن تحت فشار حاصل میشود. چنانچه هوا را با فشار محیط به داخل مخزنی که تحت خلاء است وارد کنیم شود. عکس عمل قبل اتفاق می افتد و در داخل مخزن پس از توازن فشار بیشتر از دزجه حرارت محیط میگردد. این تغییر انرژی از طریق روابط ترمودینامیک اثبات میشود. اما با توجه به اینکه دارای ارزش اقتصادی چندانی نیست بندرت مورد استفاده قرار میگیرد)

۶. انبساط گاز حقیقی(وقتی یک گاز حقیقی منبسط می‌شود. حتی اگر آنتالپی ثابت بماند تغییری در درجه حرارت بوجود آید)

۷. عملیات الکتریکی(با استفاده از الکتریسیته و یا مغناطیس به دو طریق می‌توان ایجاد برودت نمود. یکی با قرار دادن مولکول ها در یک میدان مغناطیسی و دیگر با استفاده از عکس العمل ترموکوپل.

۸. تبرید مغناطیسی عملی است که برای رسیدن به نزدیک درجه حرارت صفر مطلق بسیار مفید بوده و به کار می رود.)

پرکاربردترین روش سردسازی سیستم تراکم و سیستم جذبی می باشد.

سردسازی با مدار بسته بخار

این روش نیز خود به دو دسته سیستم تبرید تراکمی و سیستم تبرید جذبی دسته بندی می‌شود.

سیستم تبرید تراکمی

در این سیستم مبرد در کمپرسور فشرده شده و در اوپراتور منبسط می‌شود این انبساط باعث تبخیر مبرد و سرد شدن اوپراتور میگردد. بخار مبرد در قسمتی به نام کنداسور کندانس میشود و حرارت گرفته شده را دهد.به محیط پس می

سیستم های تبرید جذبی

برخلاف سیستم‌های تبریدی، سیستم تبرید جذبی مستقیما از انرژی گرمایی استفاده میکند. سیستم تبرید جذبی شامل سیستم های جذبی آب و آمونیاک و سیستم های جذبی لیتیوم بروماید و آب یک مرحله ای یا چندمرحله‌ای و سیستم‌های جذبی با جاذب جامد (solid absorption chiller) میباشد.

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

اساس کار سیستم های تبرید جذبی

تفاوت اصلی بین سیستمهای جذبی و تراکمی در این است که در سیستمهای جذبی به جای استفاده از انرژی مکانیکی برای ایجاد تغییرات لازم در ماده سرمازا به منظور تکمیل سیکل تبرید از انرژی حرارتی استفاده میشود.

مقایسه چیلرهای جذبی نسبت به چیلرهای تراکمی تبخیری

۱. چیلرهای جذبی از انرژی گرمایی برای تولید برودت استفاده می کنند در حالیکه چیلرهای تراکمی تبخیری از انرژی الکتریکی بهره می‌برند. با توجه به ارزان بودن سوخت و منابع انرژی گرمایی در ایران هزینهٔ بهره برداری چیلرهای جذبی به طور قابل توجهی پایین‌تر از چیلرهای تراکمی تبخیری خواهد بود.
۲. چیلرهای جذبی تقریباً فاقد قطعات گردنده بوده و در نتیجه میزان مصرف قطعات یدکی و نیاز به تعمیرات در آنها بسیار کم میباشد. به همین دلیل هزینه های جاری تعمیراتی به مقدار بسیار زیادی نسبت به چیلرهای تراکمی تبخیری کاهش مییابد.
۳. آلودگی صوتی و لرزش در چیلرهای جذبی نسبت به چیلرهای تراکمی تبخیری بسیار کم میباشد لذا برای محیطهای حساس از نظر کاهش سر و صدا بسیار مناسب است.
۴. بهره‌برداری از چیلرهای جذبی بسیار ساده و آسان است.
۵. از نظر حفظ محیط زیست چیلرهای جذبی هیچگونه آلودگی برای محیط زیست نداشته و لایه ازون را تخریب نمیکنند.

سیستم جذبی آب آمونیاک

در این سیستم مبرد آمونیاک و سیال جاذب، آب میباشد. سیستم جذبی آب آمونیاک که تنها سیستم جذبی بوده که سالها در صنایع از آن استفاده میگردید، امروزه نیز خصوصا در تبرید با درجات حرارت پایین به‌کار میرود. درقدیم از سیستم جذبی دریخچالهای نفتی خانگی استفاده میگردید ، که شمای آن در شکل (۲) داده شده است. تفاوت سیکل تبرید جذبی آمونیاک با شکل تراکم بخار در نحوه

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

تراکم سیال است.

در سیکل تبرید جذبی بخار آمونیاک در فشار پایین از اواپراتور خارج شده و وارد جاذب میشود و در آنجا جذب محلول رقیق آمونیاک میگردد. این فرآیند در درجه حرارت کمی بالاتر از محیط صورت میگیرد و مقدار کمی گرما به محیط انتقال پیدا میکند. این مایع به داخل مخزن سرازیر میشود و سپس وارد ژنراتورمیگردد. در ژنراتور در درجه حرارت بالا حرارت میبینند و در اثر انتقال حرارت از منبع درجه حرارت بالا بخار آمونیاک از محلول جدا شده (چون در اینجا محلول آمونیاک و آب مورد بررسی است و به دلیل اینکه درجه حرارت اشباع آمونیاک پایین تر از آب است زودتر بخار می شود.) و این بخار به درون چگالنده می رود.

مدار آب

مخزن آب حاوی مخلوط حدود 65 % آب و حدود 35 % آمونیاک میباشد .این مخلوط، آمونیاک غنی نامیده میشود .آمونیاک غنی از مخزن به سمت بویلر جریان مییابد .در اینجا بخار آمونیاک از مخلوط در دمای حدود 150درجه سلسیوس جدا میشود و به صورت حباب به قسمت بالای لوله منتقل میشود .این اتفاق در بویلر مانند یک پمپ عمل میکند که تمام سیستم را در حرکت نگه میدارد .مخلوطی که قسمت زیادی از آمونیاک خود را از دست داده مخلوط ضعیف نامیده میشود .فشار بخار ایجاد شده در بویلر، مخلوط ضعیف را به جاذب میفرستد .مخلوط ضعیف در لوله های کویل جاذب می چکد و به مخزن ذخیره باز میگردد .در اینجا سیکل آب کامل میگردد.

مدار آمونیاک

بخارآمونیاک که در بویلر از مخلوط جدا شده در دمای حدود ۶۰ درجه به کندانسور میرسد. کندانسور توسط پرههای روی آن در دمای اتاق نگهداری میشود. در این دما(دمای اتاق) و فشار حدود ۲۵ بار(فشار مطلق) بخار آمونیاک چگالیده می شود. آمونیاک مایع درون یک لوله موئین که به عنوان یک بازدارنده نیز عمل میکند

تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴ info@radmansanatco.com
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴ www.radmansanatco.com

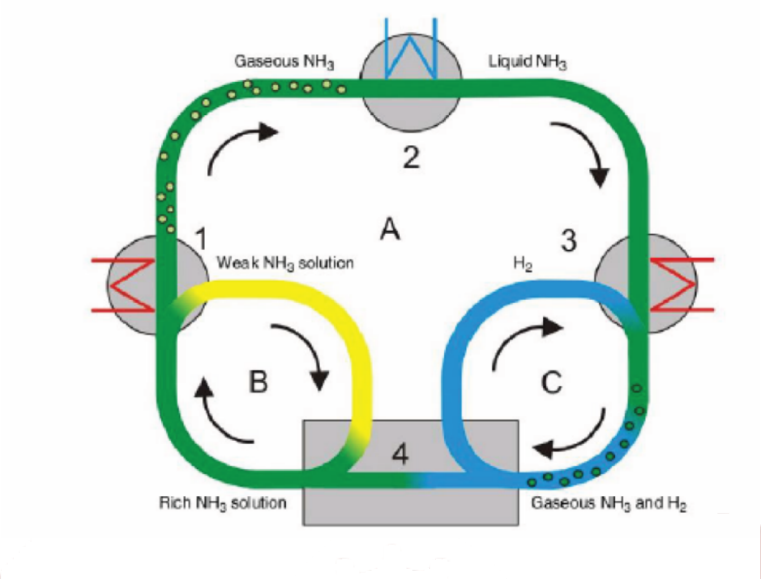
جریان مییابد و سپس از مبدل حرارتی گازی و اواپراتور عبور میکند. آمونیاک لولههای داخلی اواپراتور را مرطوب میکند. در این هنگام گاز کمکی هیدروژن به درون اواپراتور دمیده میشود. گاز هیدروژن باعث افت فشار جزئی آمونیاک در اواپراتور شده و در نتیجه آمونیاک شروع به تبخیر و جذب حرارت از محیط میکند. بنابراین اواپراتور سرد میشود. سپس، مخلوط گازی آمونیاک و هیدروژن به مخزن باز میگردد و مجددا در لولههای جاذب بالا میرود. در اینجا (درون جاذب) مخلوط گازی آمونیاک و هیدروژن در تماس با مخلوط ضعیف (در مدار آب) قرار میگیرد. در اینجا آمونیاک تقریبا بهطور کامل در آب حل شده و بهصورت مخلوط غنی به مخزن باز میگردد.

مدار هیدروژن

مخلوط ضعیف در جاذب، آمونیاک را تقریبا به صورت کامل جذب میکند درحالی که هیدروژن کاملا دست نخورده باقی میماند .هیدروژن گازی تقریبا خالص و سبک، جاذب را قسمت بالا به سمت اواپراتور ترک مینماید .هیدروژن در قسمت بالای اواپراتور در آمونیاک مرطوب (آمونیاک مایع و خالصی که از لوله موئین وارد اواپراتور شده است) دمیده میشود .با تبخیر آمونیاک در هیدروژن، دما در اواپراتور تا دماهای پایین کاهش مییابد .بنابراین فشار در اواپراتور از یک بار فشار بخار آمونیاک (فشار مطلق) و 24 بار فشار هیدروژن (فشار مطلق) تشکیل شده است. تبخیر پیوسته آمونیاک باعث میشود که فشار بخار آمونیاک (و به همان نسبت دمای تبخیر) به آرامی افزایش یابد. چگالی مخلوط گاز آمونیاک و هیدروژن به صورت معناداری بیشتر از چگالی هیدروژن خالص میباشد .مخلوط گازی سنگین هیدروژن و آمونیاک به سمت مخزن کشیده میشود. حرکت مخلوط سنگین به سمت پایین باعث بالارفتن مخلوط آمونیاک و گاز هیدروژن در سمت جاذب میگردد. در جاذب مخلوط گاز آمونیاک و هیدروژن در مجاورت مخلوط آب ضعیف بازگشتی از بویلر قرار می گیرند و آمونیاک آن جذب میشود. هیدروژن سبک نیز باقی میماند که به سمت بالای اواپراتور هدایت میشود تا مجددا

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

در آمونیاک مایع در بالای اواپراتور دمیده شود و سیکل هیدروژن کامل گردد. در پایین جاذب، مخلوط آب و آمونیاک به مخزن باز میگردد.



شکل(۱) سیکل جذبی آمونیاک

شرح دستگاه

همانطور که گفته شد دستگاه شامل دو مدار اصلی آب و آمونیاک می باشد و همچنین سیستم شامل کندانسور، اواپراتور، جاذب و ژنراتور میباشد. در سیکل تبرید یخچال نفتی ابتدا با حرارت تولید شده توسط المنت حرارتی دمای محلول آب و امونیاک موجود در ژنراتور افزایش میابد تا جایی که آمونیاک به علت دمای جوش پایینتر بخار شده و از محلول جدا میشود. بخار آمونیاک از لوله باریکی که پمپ حباب نام دارد بالا میرود و همراه خود مقداری محلول رقیق آب و آمونیاک را نیز به سمت بالا میبرد و وارد مسیر جدیدی به سمت جاذب میشود.

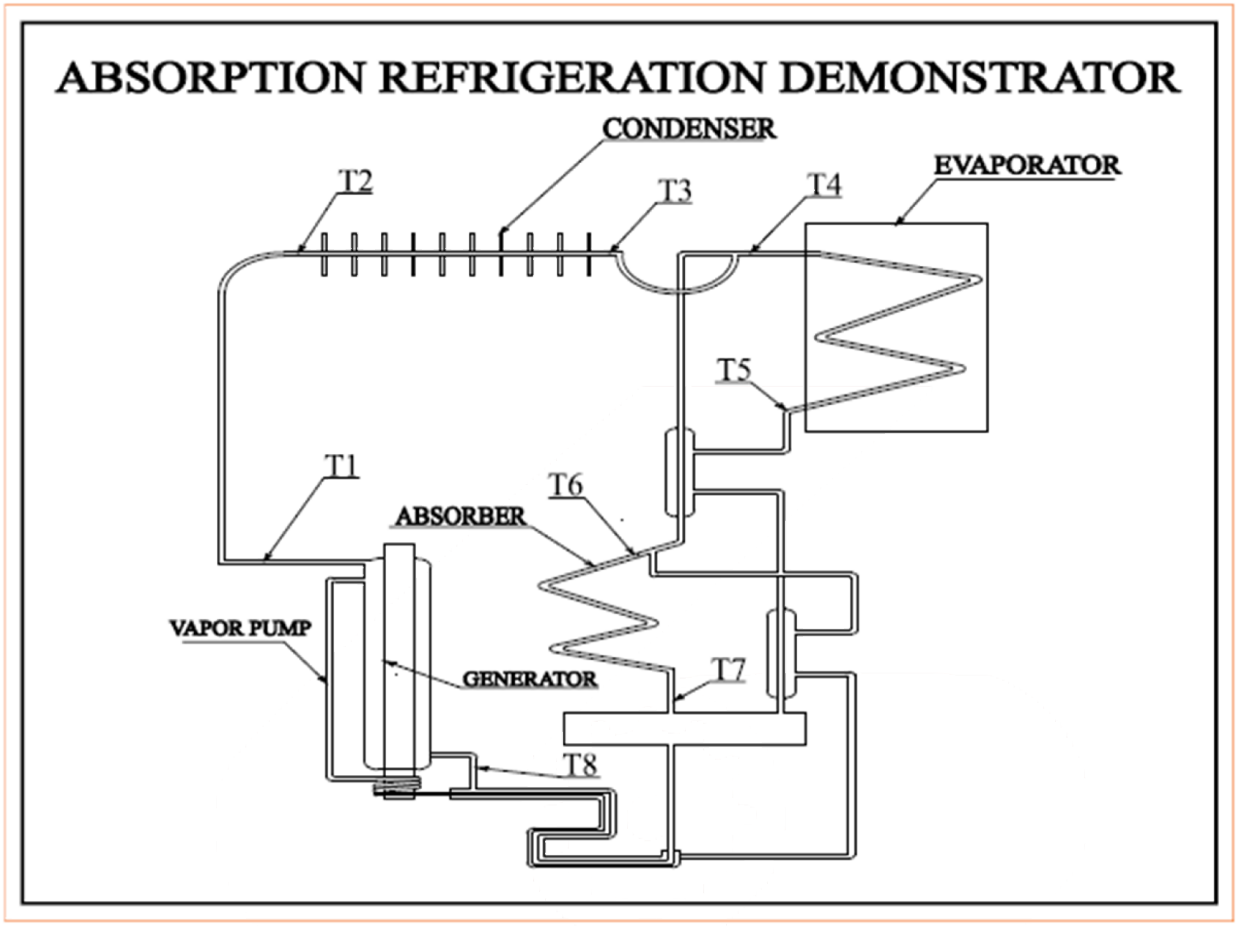
info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

بخار آمونیاک بعد از عبور از کندانسور هوایی که در پشت یخچال قرار دارد تقطیر میشود. آمونیاک مایع وارد اواپراتور یخچال شده و با گرفتن حرارت از درون یخچال مجدداً تبخیر میشود. تا اینجا عملیات تبرید به پایان رسیده است، ولی برای ادامه تبرید باید بخار آمونیاک مجدداً وارد محلول آب و آمونیاک شود.

برای این امر از گاز کمکی هیدروژن کمک میگیرند این گاز عملیات جذب آمونیاک توسط آب را تسهیل مینماید و در پایان مجدداً از محلول جدا شده و وارد مخزن هیدروژن می شود. با این حساب بخار آمونیاک متصاعد شده از اواپراتور(مبرد)، هیدروژن(تسهیل کننده جذب) و محلول رقیق آب و امونیاک که توسط پمپ حباب به جریان افتاده در یک سری لوله به نام جاذب در مجاورت هم قرار میگیرند و در طول جاری شدن از لوله که شیب کمی به سمت پایین دارد به مرور بخار آمونیاک جذب محلول رقیق آب و آمونیاک شده و محلول غلیظ حاصل در مخزنی ذخیره میشود تا سیکل تبرید را ادامه دهند. به علت بازده بالای سیستمهای تراکمی در مقیاس مشابه از این سیستم استفاده چندانی نمیشود اما هنوز در جاهایی که گاز و برق برای تبرید وجود ندارد از یخچال نفتی استفاده می شود. از محاسن این چیلرها میتوان به مصرف کم الکتریسیته به خاطر عدم وجود کمپرسور، بازده بالا، توانایی کار در محیطهای گرم (بالای 45 درجه سانتی گراد) به علت دارا بودن کندانسور هوایی و غیره نام برد.

در این دستگاه از المنت حرارتی به عنوان مصرف کننده (روی اواپراتور) استفاده شده است. با تغییر توان المنت توسط تغییر ولتاژ می توان COP دستگاه را محاسبه کرد.

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴



شکل (۲) شماتیك دستگاه

info@radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
www.radmansanatco.com
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

اجزای کلی دستگاه

- کندانسور
- اواپراتور
- جاذب
- ژنراتور
- مخزن ذخیره
- فن
- ترموکوپل
- تابلو برق و کنترل و ادوات ابزار دقیق

مقادیر اندازه‌شده گیری

T_1: دمای خروجی بویلر

T_2 : دمای ورودی کندانسور

T_3: دمای خروجی کندانسور

T_4: دمای ورودی اواپراتور

T_5: دمای خروجی اواپراتور

T_6: دمای ورودی جاذب

T_7: دمای خروجی جاذب

T_8: دمای ورودی بویلر

P_1: مقدار حرارت تولیدی در بویلر

info@radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
www.radmansanatco.com
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

راه‌اندازی دستگاه

مرحله اول:

در ابتدا کلید ON سیستم را فعال کرده ،با روشن شدن هیتر درون ژنراتور فرآیند سیکل آغاز می‌شود. حدود ۴۵ تا ۶۰ دقیقه به سیستم زمان دهید تا سیکل به حالت پایدار برسد. سپس به ترتیب دماهای T_1 تا T8 را از نمایشگر مربوطه خوانده و در جدول یادداشت کرده و COP دستگاه را به دست آورید. جهت محاسبه توان ژنراتور مقاومت آن را ۶۴۰ اهم در نظر بگیرید.

مرحله دوم:

در مرحله دوم با استفاده از کلید FAN ON/OFF ، فن دستگاه را روشن نمائید و بعد از یادداشت و COP مربوطه را محاسبه کنید. با این کار تاثیر فریند جابجایی روی اواپراتور را مشاهده خواهید نمود.

مرحله سوم:

در مرحله سوم با روشن نمودن هیتر و فن به صورت همزمان درون محفظه مراحل قبل را نمایید. COP سیکل را می توانید با تغییر ولتاژ مصرف کننده (هیتر روی اواپراتور) محاسبه کنید.

مقاومت هیتر را حدود ۴۸۰ اهم در نظر بگیرید.

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

این مرحله از آزمایش این امکان را به شما خواهد داد که قانون دوم ترمودینامیک را برای یک حجم کنترل مورد بررسی قرار دهید. بدین منظور با استفاده از یک سرعت‌سنج سرعت هوای عبوری از فن را یادداشت نموده و با داشتن سطح مقطع ورود و خروج هوا m° را محاسبه نمائید.

$$Q - W = m\,(h_i - h_0)$$

$$Q = MCP(T_i - T_0)$$

CP هوا را از جدول موجود در منابع در دمای میانگین محفظه استخراج نمائید.

محاسبات

با توجه به اینکه:

$$T_G\text{: Temperature of Generator} = \frac{T1+T8}{2}$$

$$T_C\text{: Temperature of Condenser} = \frac{T2+T10}{2}$$

$$T_E\text{: Temperature of Evaporator} = \frac{T4+T5}{2}$$

$$T_A\text{: Temperature of Absorber} = \frac{T6+T7}{2}$$

COPمربوط به سیستمهای تبرید جذبی را میتوان به صورت رابطه(۲) نوشت:

$$COP = \frac{q_E}{q_G}$$

$$COP = \frac{T_E(T_G - T_C)}{T_G(T_A - T_E)} \qquad (۱)$$

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴

جدول (۱):دماهای مورد نیاز

Sr.No.	P(Watt)	$T_1(^\circ C)$	$T_2(^\circ C)$	$T_3(^\circ C)$	$T_4(^\circ C)$	$T_5(^\circ C)$	$T_6(^\circ C)$	$T_7(^\circ C)$	$T_8(^\circ C)$	$T_9(^\circ C)$	$T_{10}(^\circ C)$
۱											
۲											
۳											
۴											

- مقاومت المنت هیتر بویلر ۶۴۰ اهم می باشد.
- مقاومت المنت هیتر اواپراتور ۴ ۸۰ اهم می باشد.

info@radmansanatco.com
www.radmansanatco.com
تلفن : ۰۷۱۳۶۳۵۹۳۰۴
فاکس : ۰۷۱۳۶۲۴۳۴۲۴