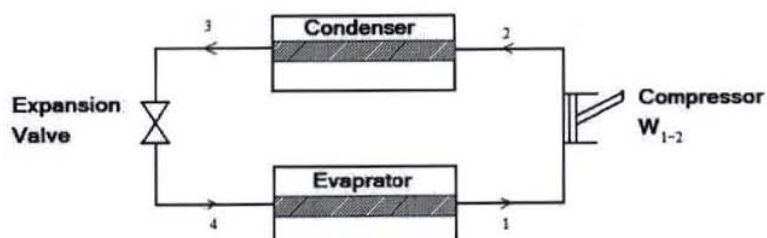


دانشگاه شاهرود
دانشکده مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

دستور کار

آزمایشگاه ترمودینامیک



تهیه کننده:

مهندس غلامرضا نعلچی برزکی

فهرست

۲.....	مطالب لازم در نگارش گزارش.....
۲.....	مشخصات روی جلد.....
۲.....	نکات مورد توجه.....
۲.....	آزمایش دیگ مارست.....
۳.....	شرح دستگاه آزمایش.....
۳.....	نحوه انجام آزمایش.....
۴.....	خواسته‌های آزمایش.....
۴.....	سوالات.....
۵.....	آزمایش بمب کالیمتر.....
۵.....	تئوری آزمایش.....
۵.....	شرح دستگاه آزمایش.....
۵.....	نحوه انجام آزمایش.....
۶.....	خواسته‌های آزمایش.....
۷.....	آزمایش پمپ حرارتی.....
۷.....	تئوری آزمایش.....
۸.....	شرح دستگاه آزمایش.....
۸.....	نحوه انجام آزمایش.....
۹.....	خواسته‌های آزمایش.....
۱۱.....	آزمایش معادل مکانیکی حرارت.....
۱۱.....	تئوری آزمایش.....
۱۱.....	شرح دستگاه آزمایش.....
۱۱.....	نحوه انجام آزمایش.....
۱۲.....	خواسته‌های آزمایش.....
۱۲.....	سوالات.....
۱۳.....	آزمایش موتور هوای داغ استرلینگ.....
۱۳.....	تئوری آزمایش.....
۱۴.....	شرح دستگاه آزمایش.....
۱۴.....	نحوه انجام آزمایش.....
۱۵.....	خواسته‌های آزمایش.....
۱۵.....	سوالات.....
۱۶.....	آزمایش فرایندهای تهویه مطبوع.....
۱۶.....	تئوری آزمایش.....
۱۶.....	شرح دستگاه آزمایش.....
۱۶.....	مشخصات دستگاه.....
۱۷.....	نامگذاری مراحل.....
۱۷.....	مقادیر لازم.....
۱۷.....	نحوه انجام آزمایش.....
۱۷.....	خواسته‌های آزمایش.....

مطالب لازم در نگارش گزارش

- ◀ هدف از انجام آزمایش
- ◀ تئوری آزمایش و روابط مورد نیاز
- ◀ شرح دستگاه آزمایش
- ◀ روش انجام آزمایش
- ◀ داده‌های آزمایش
- ◀ نمونه محاسبات
- ◀ جداول نتایج بدست آمده از محاسبات
- ◀ نمودارها
- ◀ پاسخ به سوالات
- ◀ بحث و نتیجه‌گیری
- ◀ اطلاعات یادداشت شده در آزمایشگاه

مشخصات روی جلد

- ◀ نام آزمایشگاه
- ◀ نام آزمایش
- ◀ نام تهیه‌کننده
- ◀ شماره گروه و نام اعضای گروه
- ◀ تاریخ انجام آزمایش
- ◀ تاریخ تحویل گزارش

نکات مورد توجه

- تحویل گزارش کار: دو هفته بعد از انجام آزمایش
- ارزیابی درس: ۵ نمره کار آزمایشگاهی و ۸ نمره گزارش کار و ۷ نمره امتحان پایان ترم
- نکته: بابت هر جلسه غیبت ۱ نمره و هر جلسه تاخیر ۰/۲۵ نمره کسر خواهد شد.

آزمایش دیگ مارست

هدف از انجام این آزمایش تعیین رابطه بین فشار و درجه حرارت بخار آب اشباع (حالت‌های تعادلی بین آب و بخار آب) در محدوده معینی از فشار نسبی یعنی بین ۰ تا ۱۰ بار (0-145 psi) می‌باشد. همچنین مقادیر اندازه‌گیری شده شیب منحنی اشباع $(dT/dp)_{SAT}$ با مقادیر مشابه محاسبه شده به کمک رابطه کلایرون و معلومات جدول بخار اشباع نیز مقایسه می‌شود.

شرح دستگاه آزمایش

دستگاه آزمایش دیگی استوانه‌ای دوجداره است با درپوشی فلزی که با مهره به بدنه دیگ و نهایتاً به پایه متصل است. بر روی درپوش یک فشارسنج و یک دماسنج و همچنین شیر ورودی آب از بالا نصب است. در کنار دیگ هم شیر کنترل ارتفاع آب که به عنوان شیر تخلیه بخار نیز استفاده می‌شود قرار دارد. این دیگ می‌تواند حاوی بخار آب تا فشار ۱۷ بار باشد، بنابراین قبل از آنکه فشار داخلی دیگ به فشار محیط نرسیده است، از باز کردن شیر تخلیه بخار داخل دیگ و یا شیر تغذیه دیگ خودداری کنید.

نحوه انجام آزمایش

دیگ را از طریق درپوش مخصوص که در بالای آن قرار دارد، از آب تمیز پر کرده تا ارتفاع آب به شیر کنترل ارتفاع برسد سپس شیر تغذیه را در جای خود محکم می‌کنیم. در حالیکه شیر کنترل ارتفاع باز است، هیتر را روشن کرده و صبر می‌کنیم تا بخار از شیر تخلیه خارج شود. سپس شیر را بسته و عمل حرارت دادن را ادامه می‌دهیم و مقادیر مختلف فشار و درجه حرارت را در حالت‌های مختلف یادداشت می‌کنیم، تا فشار نسبی به ۱۰ بار برسد. حال هیتر را قطع کرده و با سرد شدن دیگ و کاهش فشار دوباره مقادیر دما را یادداشت می‌کنیم. با اضافه کردن فشار هوا در آزمایشگاه به مقادیر فشار نسبی، مقادیر فشار را مطلق نموده و همچنین دمای اشباع را از جدول بخار خوانده و همراه با مقادیر دمای بدست آمده از آزمایش در جدولی مشابه جدول مقادیر بدست آمده یادداشت می‌کنیم. سپس مقادیر شیب منحنی اشباع را مطابق جدول محاسبه شیب منحنی اشباع محاسبه می‌کنیم.

جدول مقادیر بدست آمده

ردیف	فشار مطلق (بار)	دمای تعادل بخار و آب (°C)			دمای اشباع (°C) (از جدول بخار)
		افزایش فشار	کاهش فشار	میانگین	
۱	P ₁	T' ₁	T'' ₁	T ₁	T _{s1}
۲	P ₂	T' ₂	T'' ₂	T ₂	T _{s2}
۳	P ₃	T' ₃	T'' ₃	T ₃	T _{s3}
...	...	...	...	...	...

جدول محاسبه شیب منحنی اشباع

ردیف	فشار متوسط	شیب تجربی DT/DP	دمای اشباع ($^{\circ}C$) (جدول)	حجم ویژه بخار (V_g)	گرمای نهان تبخیر (h_{fg})	شیب محاسبه شده (dT/dP) _{sat}
۱	$P_{av1} = \frac{P_1 + P_2}{2}$	$\frac{T_2 - T_1}{P_2 - P_1}$	T_{s1}	V_{g1}	h_{fg1}	$T_{s1} \cdot V_{g1} / h_{fg1}$
۲	$P_{av2} = \frac{P_2 + P_3}{2}$	$\frac{T_3 - T_2}{P_3 - P_2}$	T_{s2}	V_{g2}	h_{fg2}	$T_{s2} \cdot V_{g2} / h_{fg2}$
۳	$P_{av3} = \frac{P_3 + P_4}{2}$	$\frac{T_3 - T_2}{P_3 - P_2}$	T_{s3}	V_{g3}	h_{fg3}	$T_{s3} \cdot V_{g3} / h_{fg3}$
...	...	...	...	...	...	...

خواسته‌های آزمایش

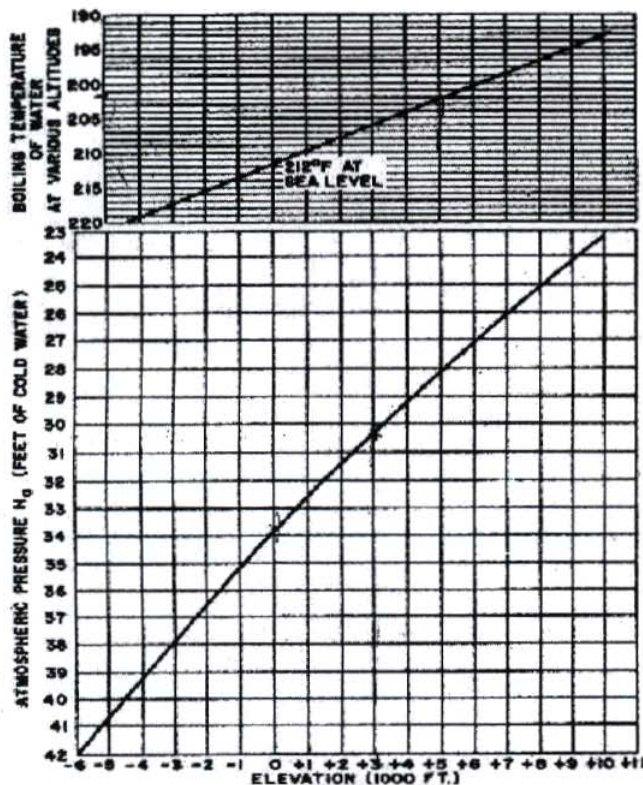
۱- رسم منحنی دما بر حسب فشار (T-P) با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در حالت رفت و برگشت (افزایش و کاهش فشار) و مقادیر موجود در جدول بخار آب اشباع. مقایسه سه منحنی و بحث و نتیجه‌گیری پیرامون نحوه رفتار آنها.

۲- رسم منحنی $\left(\frac{dT}{dP}\right)_{SAT}$ بر حسب فشار، با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از رابطه

$$\text{کلاپیرون} \left(\frac{dT}{dP}\right)_{SAT} = \frac{T \times v_g}{h_{fg}} \text{ و مقایسه آنها و بحث و نتیجه‌گیری پیرامون آنها.}$$

سوالات

منحنی تغییرات فشار هوا و نقطه جوش آب با زاویه تغییرات ارتفاع



۱- دلیل تخلیه هوا را قبل از شروع

آزمایش بیان کنید.

۲- منابع احتمالی خطا را بررسی کنید.

۳- خواص مایع و بخار آب را با توجه به

این آزمایش مورد بحث قرار داده و

نمونه صنعتی و عملی که در آنها این

رابطه مؤثر است را بیان کنید.

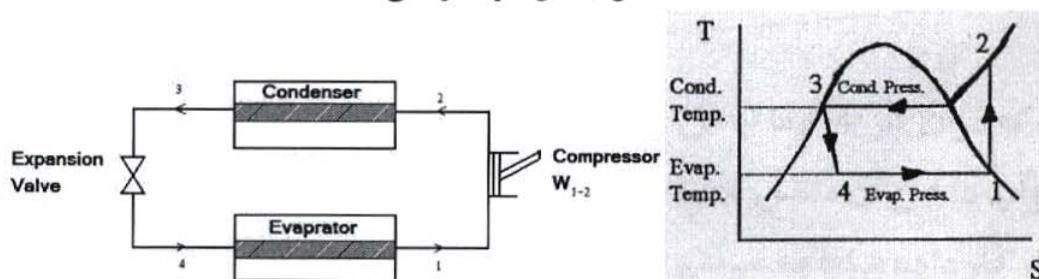
آزمایش پمپ حرارتی

هدف از انجام این آزمایش شناخت اجزای یک سیکل تبرید، بررسی عملکرد یک سیستم پمپ حرارتی در شرایط مختلف و مقایسه سیکل واقعی با سیکل ایده‌آل و بررسی تفاوت آنها می باشد.

تئوری آزمایش

شکل زیر سیکل ایده‌آل تبرید تراکمی را نشان می‌دهد (۱-۲-۳-۴-۱). بخار اشباع با فشار کم وارد کمپرسور می‌شود و در یک فرایند برگشت‌پذیر و آدیاباتیک فشار آن افزایش می‌یابد (فرایند ۱-۲). سپس در یک فرایند فشار ثابت درون کندانسور گرما از دست می‌دهد (فرایند ۲-۳) و بصورت مایع اشباع کندانسور را ترک می‌کند. مایع اشباع در یک فرایند انتروپی ثابت ($h_3=h_4$) منبسط شده و نهایتاً مخلوط مایع و بخار در اواپراتور در یک فرایند فشار ثابت تبدیل به بخار اشباع می‌شود (فرایند ۴-۱).

سیکل ایده‌آل تبرید تراکمی



ضریب عملکرد یک سیکل تبرید عبارت است از نسبت ظرفیت تبرید به کار کمپرسور

$$\beta = \frac{q_l}{W_C} = \frac{q_{4-1}}{W_{1-2}}$$

اگر سیکل برای یک پمپ حرارتی بکار رود، ضریب عملکرد عبارتست از نسبت حرارت دفع شده به کار کمپرسور

$$\beta = \frac{q_h}{W_C} = \frac{q_{2-3}}{W_{1-2}}$$

که در این روابط

$q_l = h_1 - h_4 \equiv$ گرمای منتقله در اواپراتور بر واحد جرم

$q_h = h_2 - h_3 \equiv$ گرمای منتقله در کندانسور بر واحد جرم

$W_C = h_2 - h_1 \equiv$ کار ورودی به کمپرسور بر واحد جرم

بنابراین ضریب عملکرد یک پمپ حرارتی عبارتست از:

$$\beta = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

سیکل واقعی تبرید تراکمی با سیکل ایده‌آل آن که در صفحه قبل راجع به آن بحث شد، متفاوت می‌باشند. این تفاوت بدلیل افت فشار ناشی از جریان سیال و نیز انتقال حرارت با محیط است. در اینجا تفاوت‌های سیکل واقعی تبرید تراکمی با سیکل ایده‌آل آن را بطور اجمال بررسی می‌کنیم.

- بخار ورودی به کمپرسور احتمالاً SUPER HEAT می‌باشد.
- در فرایند تراکم برگشت‌ناپذیری وجود دارد.

- در کمپرسور انتقال حرارت از محیط به سیال یا از سیال به محیط (با توجه به اینکه دمای کدامیک بیشتر باشد) وجود دارد. بنابراین در فرآیند تراکم امکان دارد انترپوی کم یا زیاد شود.
 - فشار مایع وقتی که کندانسور را ترک می‌کند، کمتر از فشار بخار به هنگام ورود به کمپرسور است.
 - معمولاً دمای مایعی که کندانسور را ترک می‌کند، کمتر از دمای اشباع مایع است و نیز این دما بین کندانسور و شیر انبساط نیز احتمالاً کم می‌شود. البته این کاهش دما مطلوب است، زیرا مایع با انترپوی کمتری وارد اواپراتور می‌شود و در آنجا انرژی بیشتری جذب می‌کند.
 - در اواپراتور نیز افت فشار وجود دارد. بخار در هنگام ترک اواپراتور احتمال دارد SUPER HEAT باشد.
 - بدلیل انتقال حرارت در لوله‌ها بین اواپراتور و کمپرسور دمای بخار بالاتر می‌رود. این افزایش دما نامطلوب است زیرا حجم مخصوص بخار بالا می‌رود و در نتیجه کار ورودی به کمپرسور افزایش می‌یابد.
- پمپ حرارتی ماشینی است که اساس کار آن جذب گرما از یک منبع با درجه حرارت پایین در اواپراتور و تحویل این گرما در کندانسور است. پمپ حرارتی برای گرم کردن فضاهای مختلف، یا آب گرم خانه مناسب است. طبق قانون دوم ترمودینامیک برای انتقال گرما از یک محیط سرد به یک محیط گرم باید کار وارد سیستم شود. با بررسی سیکل تبرید تراکمی، به وضوح مشاهده می‌شود که انرژی گرمایی تولید شده توسط پمپ حرارتی از کار ورودی به آن بیشتر است. بنابراین در سیستم‌های گرمایش به منظور کاهش انرژی مصرفی می‌توان از پمپ حرارتی استفاده نمود.
- در کاربردهای عملی، منبع درجه حرارت پایین در اواپراتور عموماً آب یا هواست، اما می‌توان از منابع دیگری مانند تشعشع خورشیدی، بخار آب فشار پایین، دودکش یا گازهای خروجی ماشین‌های حرارتی نیز استفاده نمود.

شرح دستگاه آزمایش

دستگاه مورد آزمایش یک پمپ حرارتی می‌باشد. سیال عامل در این پمپ حرارتی R_{12} می‌باشد. منبع با دمای پایین در اواپراتور هوای محیط است، بدین معنی که در اواپراتور حرارت از هوای محیط به R_{12} منتقل می‌شود و R_{12} تبخیر می‌گردد. در کندانسور بخار داغ R_{12} گرمای نهان خود را به آب منتقل می‌کند و تقطیر می‌گردد. سیکلی که R_{12} در این دستگاه طی می‌کند، همان سیکل تبرید تراکمی است که قبلاً توضیح داده شد.

نحوه انجام آزمایش

شیر ورودی آب را تا مقدار ماکزیمم (۶۰ گرم بر دقیقه) باز می‌کنیم. کلید اصلی دستگاه را روشن کرده و صبر می‌کنیم (حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه) تا پمپ حرارتی حالت پایدار پیدا کند. مشاهدات خود را که شامل مقادیر زیر می‌باشد، در جدولی یادداشت می‌کنیم.

دماهای T_1 تا T_6 و فشار اواپراتور (P_1) و فشار کندانسور (P_2)

دبی آب خنک‌کننده کندانسور

مدت زمانی که دیسک کنتور یک دور می‌زند (x)

سپس دبی آب را چند بار کاهش داده (برای دبی‌های ۳۵، ۲۰ و ۱۰ گرم بر دقیقه) و صبر می‌کنیم تا شرایط پایدار شود و مشاهدات خود را یادداشت می‌نماییم. پس از اتمام آزمایش دبی آب کندانسور را به مدت ۲ تا ۳ دقیقه افزایش داده سپس دستگاه را خاموش کنید و شیر ورودی آب را ببندید.

جدول نتایج

		آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵
نوع سیال	زمان گردش یک دور دیسک کنتور	X (sec)					
R ₁₂	فشار اواپراتور (مکش کمپرسور)	P _{1g} (kpa)					
	فشار کندانسور (خروج کمپرسور)	P _{2g} (kpa)					
	دمای مکش کمپرسور	T ₁ (°C)					
	دمای خروجی کمپرسور	T ₂ (°C)					
	دمای خروجی کندانسور	T ₃ (°C)					
	دمای ورودی اواپراتور	T ₄ (°C)					
آب	دبی جرمی	M _w (g.sec)					
	دمای ورودی کندانسور	T ₅ (°C)					
	دمای خروجی کندانسور	T ₆ (°C)					

خواسته‌های آزمایش

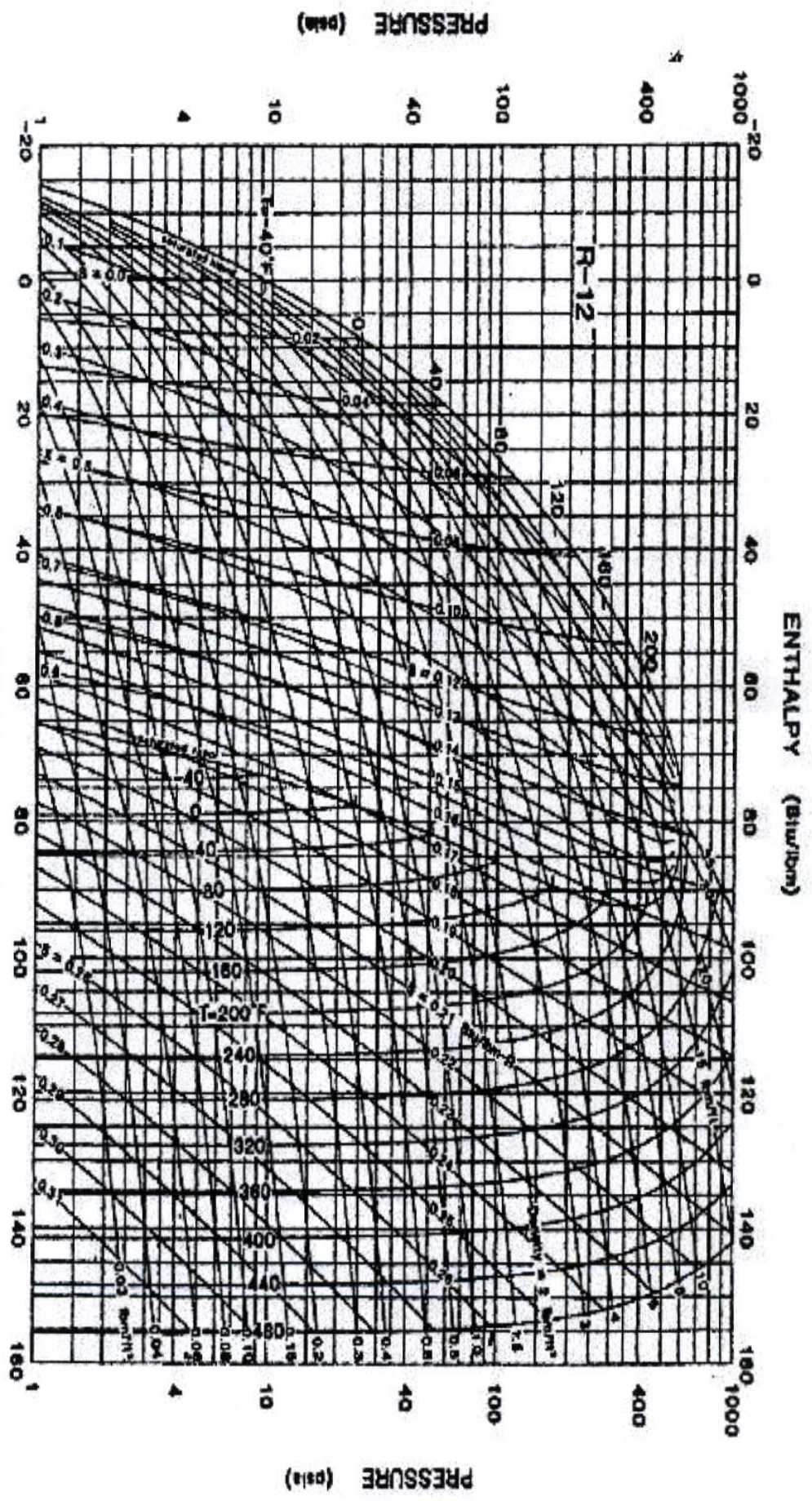
- محاسبه قدرت ورودی، گرمای خروجی و ضریب عملکرد در دبی متوسط آب خنک‌کننده کندانسور
- رسم منحنی ضریب عملکرد برحسب درجه حرارت آب خروجی از کندانسور
- انجام محاسبات ذیل در یکی از دبی‌های میانی (با فرض ناچیز بودن کاهش فشار در کندانسور یعنی $P_2=P_3$ و آدیاباتیک بودن فرایند انبساط یعنی $h_3=h_4$)
 مشخص نمودن نقاط زیر روی دیاگرام P-H، جهت مقایسه سیکل ایده آل و سیکل واقعی
 نقطه ۱: تقاطع بین P_1 و T_1 ($P_{1abs} = P_{1gauge} + 101.3$)
 نقطه ۲: تقاطع بین P_2 و T_2 ($P_{2abs} = P_{2gauge} + 101.3$)
 نقطه ۲s: حرکت روی خط انتروپی ثابت، از نقطه ۱ تا فشار P_2
 نقطه ۳: تقاطع بین P_3 و T_3 ($P_3 = P_2$)
 نقطه ۴: حرکت روی خط انتروپی ثابت، از نقطه ۳ تا دمای T_4
 وصل نمودن نقاط ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و همچنین نقاط ۱ و ۲s و ۳ و ۴ یعنی سیکل واقعی و مقایسه آنها و بحث روی فرایندهای مختلف این دو سیکل.
 انجام موازنه انرژی در کندانسور (بین گرمای منتقل شده از R₁₂ و گرمای منتقل شده به آب) و بدست آوردن دبی R₁₂

۴. محاسبه نرخ انتقال حرارت (و علامت آن) در کمپرسور به ترتیب زیر

محاسبه نرخ کار ورودی به کمپرسور

محاسبه تغییرات انتروپی در کمپرسور

محاسبه نرخ انتقال حرارت در کمپرسور با توجه به رابطه $w = h_1 - h_2 + q$



نمودار (۲۲-۵۲) نمودار متبر ۲۲

آزمایش معادل مکانیکی حرارت

هدف از انجام آزمایش بررسی رابطه بین کار و گرما با توجه به قانون اول ترمودینامیک است.

تئوری آزمایش

قانون اول ترمودینامیک که در واقع شکل ترمودینامیکی اصل بقای انرژی است، بیان می‌دارد که طی هر سیکل که سیستم طی می‌کند، انتگرال سیکلی گرما با انتگرال سیکلی کار متناسب است. در این قانون هیچ محدودیتی برای جهت جریان کار و گرما وجود ندارد. از نظر قانون اول ترمودینامیک سیکلی که در آن مقدار معینی گرما از سیستم گرفته شده باشد و معادل همان مقدار کار روی سیستم صورت گرفته باشد و سیکلی که جریان کار و گرما در آن معکوس سیکل اول باشد هر دو صادق هستند، اما عملاً مشاهده می‌شود سیکل‌هایی که قانون اول ترمودینامیک را نقض نمی‌کنند لزوماً قابل اجرا نیستند.

در این آزمایش قانون اول ترمودینامیک برای فرایندی که در آن کار به گرما تبدیل می‌شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد. گرما به یک ظرف و آب داخل آن منتقل شده و تغییر انرژی داخلی ظرف و آب محاسبه می‌شود و با مقدار کار داده شده به سیستم مقایسه می‌شود.

شرح دستگاه آزمایش

دستگاهی که با آن آزمایش را انجام می‌دهیم، از یک کالیمتر برنجی با درپوشهای پلاستیکی که درون آن مقدار معینی آب ریخته می‌شود و توسط یک موتور الکتریکی گردانده می‌شود تشکیل شده است. نوار مخصوصی به دور کالیمتر پیچانده می‌شود، که از یک طرف به نیروسنج متصل و از طرف دیگر آن وزنه‌هایی آویزان است. توسط یک کنتور تعداد دفعات گردش کالیمتر شمارش می‌شود. برای اندازه‌گیری دمای آب از یک دماسنج دیجیتالی که روی پایه مخصوصی نصب شده است، استفاده می‌گردد. محل دماسنج و زاویه قرار گرفتن آن و همچنین محل نیروسنج قابل تنظیم است.

نحوه انجام آزمایش

مراحل انجام آزمایش به ترتیب زیر می‌باشد:

مقداری آب (۶۰ گرم) داخل کالیمتر می‌ریزیم. ترمومتر را در جای مخصوص طوری تنظیم می‌کنیم که نوک آن درون آب قرار بگیرد. سپس وزنه‌ای (۱/۵ کیلوگرم) را روی کفه مربوطه (وزن کفه ۴۰ گرم می‌باشد) قرار می‌دهیم. کلید موتور را روشن می‌کنیم و بوسیله تاکومتر تعبیه شده، دور کالیمتر را حدود 120 rpm تنظیم می‌کنیم. مقدار آب موجود در کالیمتر و عدد مربوط به نیروسنج و وزن وزنه اضافه شده را یادداشت می‌کنیم. در هر ۱۰۰ دور گردش کالیمتر دمای ترمومتر را خوانده و در جدول مقادیر بدست آمده یادداشت می‌کنیم. آزمایش را تا ۱۰۰۰ دور ادامه می‌دهیم.

آزمایش را برای وزنه‌های دیگر و برای وزن آب داخل کالیمتر بیشتر (۸۰ گرم) تکرار می‌کنیم.

جدول مقادیر بدست آمده

دور	دما
0	T_0
100	T_1
200	T_2
...	...
...	...

کار مکانیکی انجام شده بصورت زیر محاسبه می شود:

(وزن کفه + وزن وزنه) + عدد نیروسنج = نیروی اصطکاک

تعداد دور $\times$ محیط کالیمتر $\times$ نیروی اصطکاک = کار

گرمای تولید شده بصورت زیر محاسبه می شود:

$$Q = (m_{H_2O} C_{H_2O} + m_b c_b) \times \Delta T$$

مقادیر لازم عبارتند از:

$$m = 0.4 \text{ m}$$

$$m_b = 290 \text{ gr}$$

$$c_b = 0.092 \text{ kcal/kg K}$$

$$c_{H_2O} = 1 \text{ kcal/kg K}$$

خواسته های آزمایش

۱- با توجه به آنکه $W = T \cdot \theta$ (که در آن W کار و T گشتاور و θ مقدار چرخش است) روابط ارائه شده برای کار را توضیح دهید.

۲- با توجه به اعداد بدست آمده راندمان دستگاه $\left(\eta = \frac{Q}{W} \right)$ را محاسبه کنید.

سوالات

۱- چگونه می توان از گرمای بدست آمده کار تولید کرد.

۲- منابع خطا و راههای رفع آن را ذکر کنید.

۳- طرح دیگری برای انجام این آزمایش ارائه کنید.

آزمایش فرایندهای تهویه مطبوع

هدف از انجام این آزمایش بررسی و اندازه‌گیری تغییرات و تحولات ترمودینامیکی از جمله دما، رطوبت نسبی، تغییرات انتروپی و انتقال حرارت و بالاخره عملکرد در هر قسمت از دستگاه تهویه مطبوع می‌باشد.

تئوری آزمایش

تهویه مطبوع عموماً به سیستمی از روشهای تهیه و توزیع هوا اطلاق می‌شود، که پارامترهایی نظیر درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی هوا، نسبت رطوبت هوا، سرعت توزیع یا انتقال هوا، درجه پاکی و تمیزی هوا را کنترل کند و به حد مطلوب برساند.

شرح دستگاه آزمایش

اجزاء دستگاه تهویه مطبوع عبارتند از:

۱. یک فن سانتریفوژ (گریز از مرکز) که دارای قابلیت کنترل سرعت است.
۲. بویلر که می‌تواند بخار تولید کرده و بخار تولیدی را بوسیله رانندن آن به طرف هواساز به هوا اضافه کند.
۳. یک پیش گرمکن که دارای توانی در حدود ۲ کیلووات است.
۴. یک کویل سرد با یک خروجی برای آب تقطیر شده که ضمن سردکن هوا، فرایند رطوبت زدایی را نیز انجام می‌دهد.
۵. یک دوباره گرمکن که دارای توانی در حدود ۱ کیلووات است.
۶. یک اریفیس که برای اندازه‌گیری میزان دبی هوا استفاده می‌شود.

مشخصات دستگاه

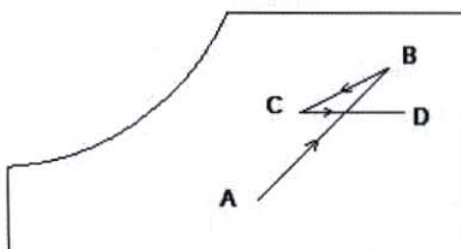
ماکزیمم هوای عبوری $0.13 M^3 / S$ ، پیش گرمکن با المنتهای حرارتی پره‌دار به توان $2 \times 1.0 kw$ در $220v$ ، دوباره گرمکن با المنتهای الکتریکی پره‌دار به توان $2 \times 0.5 kw$ در $220v$ ، بادزن سانتریفوژ توان ورودی حدود $120 kw$ در $240v, 50Hz$ ، محفظه تبخیر آب (دیگ بخار) دارای گرمکن‌های الکتریکی با توان $2 \times 2.0 kw, 1 \times 1.0 kw$ در $220v$ (اسمی) و یک کنترلر سطح آب، سردکردن اواپراتور یک سیکل سرمایش تراکمی با مایع مبرد R_{12} ، سرعت کمپرسور $2700 - 3000 rev / min$ ، $50Hz, 200v$ (در زیر بار)، حجم جاروب شده $25.95 Cm^3 / rev$ ، وسیله اندازه‌گیری جریان هوا که شامل صفحه اریفیس با مانومتر لوله کج، وسیله اندازه‌گیری دما شامل ۴ جفت ترمومتر برای اندازه‌گیری دمای خشک و مرطوب، در سیکل سرمایش نیز سه عدد سنسور دما تعبیه شده است.

مقادیری که توسط این دستگاه قابل اندازه‌گیری و تعیین می‌باشند عبارتند از:

- شرایط هوا قبل و بعد از فرایندهای متغیر (بوسیله حس کننده‌های مرطوب و خشک)
- شدت انتقال انرژی در هر گرمکن، محفظه تولید بخار، فن و دستگاه سردکن
- دبی جرمی هوا
- فشار و دمای مبرد
- دبی حجمی سیال مبرد
- شدت تقطیر بخار در خنک کن

نامگذاری مراحل

هوا در ورود (A)، هوا بعد از پیش گرمکن (B)، هوا بعد از سرمایش و رطوبت زدایی (C)، هوا بعد از دوباره گرمکن (D)، خروجی R_{12} از تبخیر کننده یا اواپراتور (۱)، قبل از شیر انبساط (۳)، ورودی R_{12} به تبخیر کننده (۴).



اگر تمامی اجزاء دستگاه روشن باشد، مسیری که هوا روی منحنی سایکرومتریک طی می کند، مانند نمودار مقابل خواهد بود

مقادیر لازم

قدرت ورودی فن تقریباً $72W$ در شرایط عملکرد نرمال، گرمای ویژه هوا $C_{p_{air}} = 1.005 KJ / KgK$ ، گرمای

ویژه آب $C_{p_{water}} = 4.18 KJ / KgK$ ، افت حرارتی از بویلر $4.3W / K$ ، کالبراسیون اریفیس و اندازه گیری دبی جرمی هوا $\dot{m}_a = 0.0504 \sqrt{z / v_D} (kg / s)$ که در آن z افت فشار بر حسب $(mm.H_2O)$ و V_D حجم مخصوص هوا در نقطه D (از منحنی سایکرومتریک) است فشار استاندارد اتمسفر $101.3 kN / m^2 (1013 mbar)$

تذکر: برای اطمینان از اینکه گرمکن های دستگاه هواساز بدون وجود جریان هوا روشن نباشد، تنظیم کننده سرعت فن را از قبل باید روشن کرد و سپس بعد از چند لحظه گرمکن ها را وارد مدار کرده و در هنگام خاموش کردن دستگاه تمامی گرمکن های بویلر و گرمکن های هوا و سیکل سرمایش را خاموش کرده و فن را در حداکثر سرعت قرار داده و بعد از ۵ دقیقه فن را خاموش کرد.

نحوه انجام آزمایش

عدد مانومتر مربوط به اریفیس را یادداشت کنید سپس جریان ماکزیمم هوا را برقرار نموده و پیش گرمکن را روشن کنید. هنگامیکه شرایط پایدار شد، مقادیر دمای خشک و مرطوب ورودی و خروجی و نیز عدد مانومتر مربوط به اریفیس را یادداشت کنید.

در مرحله دوم دوباره گرمکن را روشن نموده و در شرایط پایدار مقادیر خواسته شده را یادداشت نمایید. در مرحله سوم پیش گرمکن و دوباره گرمکن را خاموش کرده و سیکل سرمایش را روشن نمایید. پس از آنکه سیستم به حالت پایدار رسید مقادیر خواسته شده را یادداشت کنید.

خواسته های آزمایش

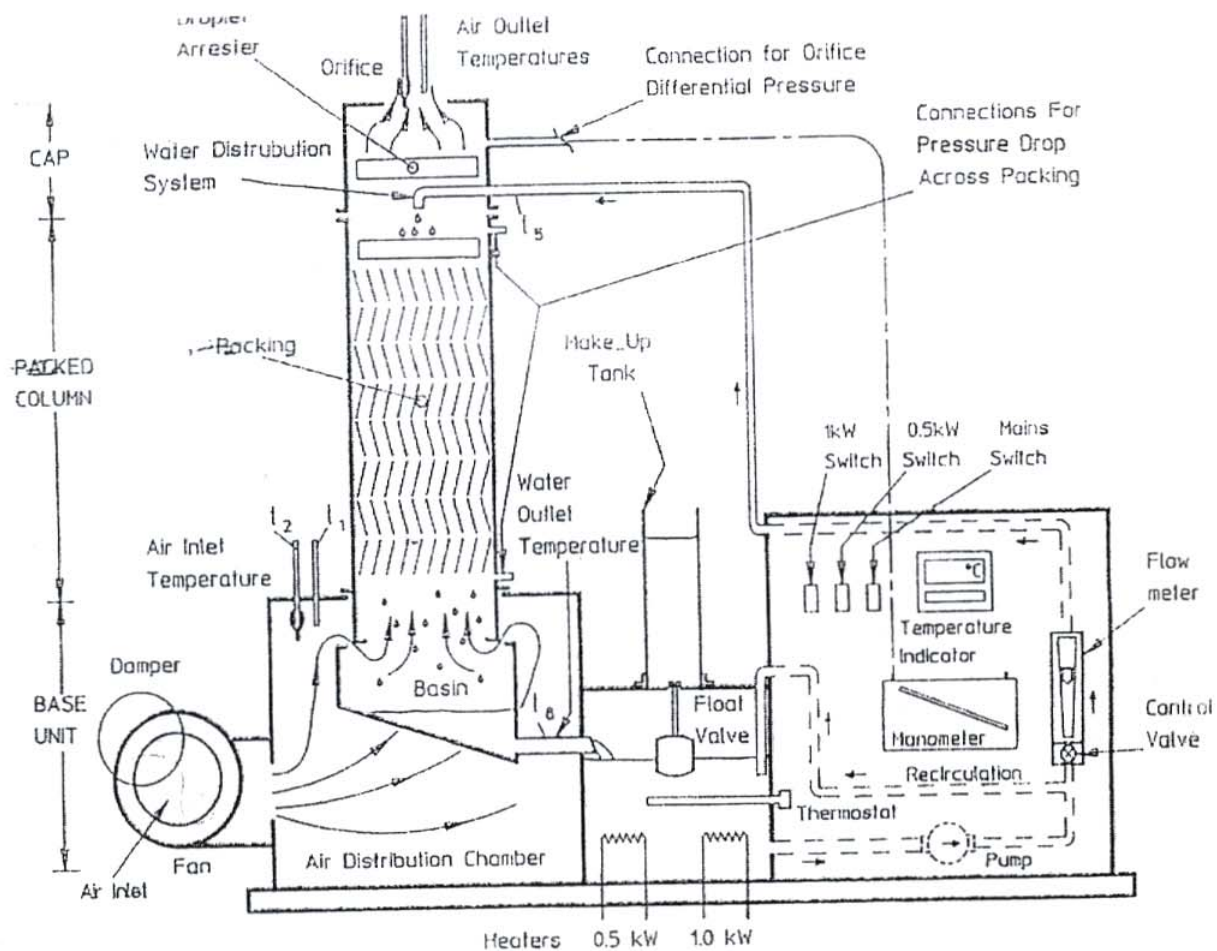
برای تمام مراحل آزمایش:

۱. با کمک اعداد مانومتر مربوط به اریفیس دبی جرمی هوا را محاسبه کنید.
۲. با توجه به دماهای خشک و مرطوب، نقاط A و D را روی نمودار سایکرومتریک مشخص نموده و بقیه مشخصات هوا را در این نقاط تعیین کنید و تغییرات مشخصات هوا را مشخص کنید.
۳. در آزمایش گرمایش، مقدار گرمای داده شده به هوا را با مقدار گرمای اندازه گیری شده با استفاده از دبی هوا و تغییر انتالپی مقایسه کنید.

Cooling Tower

برج خنک کننده

بدون شک در میان عملیات رطوبت‌زنی عمل سرد کردن بوسیله هوا را می‌توان به عنوان مهمترین آنها به شمار آورد. برای استفاده مجدد از آبی که ضمن گذشتن از مبدل‌های حرارتی و چگالنده گرم می‌شود از برج خنک کننده استفاده می‌شود. برای این منظور آب گرم را در مجاورت جریان هوا قرار می‌دهند تا در اثر تبخیر و از دست دادن گرمای نهان تبخیر مربوطه سرد شود.



شرح دستگاه:

مسیر گردش آب : آب گرم از طریق پمپ مخزن آب ، پس از گذشتن از راتمر به قسمت بالای برج می‌رود. آب پس از گذشتن از حسگر t_5 ، بصورت یکنواخت از بالای برج بر روی آکنه‌ها فرو می‌ریزد و بر روی صفحات آکنه‌ها جاری می‌شود و در نتیجه یک لایه با مساحت زیاد در معرض جریان هوا قرار می‌گیرد. در طی ریزش آب از آکنه ، آب سرد می‌شود که عمدتاً بخاطر تبخیر آب می‌باشد. آب سرد از پایین برج به حوضچه برج هدایت شده و دمای آن با حسگر t_6 خوانده شده و سپس به مخزن خوراک سرازیر می‌شود. سطح آب مخزن خوراک به علت تبخیر آب افت پیدا می‌کند و ارتفاع آب در این تانک توسط یک شناور سوزنی و با استفاده از آب جبرانی تنظیم می‌شود. تحت شرایط پایا میزان آب خروجی از تانک تغذیه معادل مقدار آب تبخیر شده که توسط جریان هوا به بیرون حمل می‌شود، خواهد بود.

مسیر حرکت هوا: هوا توسط فن از محیط وارد دستگاه می‌شود و میزان آن توسط دمپر قابل تنظیم است. هوای ورودی به محفظه پایین برج رفته و دمای خشک و مرطوب آن به ترتیب با حسگرهای t_1 و t_2 اندازه گرفته می‌شود. هوا به بالای برج هدایت شده و با ستون آکنه تماس پیدا می‌کند. با عبور جریان هوا از ستون آکنه، میزان رطوبت آن افزایش یافته و آب سرد می‌شود. هوای خروجی از بالای برج از یک روزنه قطره‌گیر عبور می‌کند. این روزنه بعنوان تله‌گیر قطرات عمل کرده و قطرات را به برج آکنه بر می‌گرداند. جریان هوا از طریق روزنه اریفیس و تماس با حسگرهای دمای خشک t_3 و دمای مرطوب t_4 به محیط وارد می‌شود. دبی جرمی جریان خروجی از رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$m = 0.0137 \sqrt{\frac{x}{V_B}}$$

$$m_a = 0.0137 \sqrt{\frac{x}{(1 + w_B) v_{aB}}}$$

که $\dot{m}$ = دبی جرمی هوای مخلوط خروجی بر حسب kg/s

x = اختلاف فشار اریفیس بر حسب mmH₂O

V_B = حجم ویژه مخلوط هوای خروجی از بالای برج بر حسب m³/kg

v_{aB} = حجم هوای خشک در نقطه خروجی

انرژی داده شده به آب توسط پمپ 0.1 kw است. ابعاد برج $(150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 600\text{mm})$ است.
مشخصات آکنه:

تعداد پایه‌ها 8 عدد، تعداد صفحات آکنه بازای هر پایه 10 عدد، مساحت کل آکنه‌ها 1.19 مترمربع
ارتفاع آکنه 0.48 متر و سطح مخصوص آکنه 110 بر حسب مساحت/حجم $\left(\frac{1}{m}\right)$ است.

ظرفیت آب سیستم بجز مخزن آب جبرانی 3 لیتر است. قطر مخزن آب جبرانی 6.98 سانتی متر می باشد
نشانگر دما: نشانگر دما می‌تواند دمای خشک و مرطوب t_1 الی t_6 را بترتیب شماره‌هایی که در شکل دستگاه
داده شده، مشخص نماید.

فشارسنج شیب‌دار: از این وسیله برای اندازه‌گیری فشار اریفیس یا مقاومت آکنه در محدوده فشاری صفر الی
چهل میلی‌متر آب استفاده می‌شود. این فشارسنج کالیبره شده است و معادل فشارسنج عمودی است.

آزمایش اول برج خنک کننده

هدف: بررسی تأثیر بار سرمایشی بر دمای ابروچ

انجام آزمایش: برج خنک‌کننده را با شرایط زیر آماده کنید و مدتی را منظور کنید تا شرایط عملکرد
آن بصورت پایا برسد.

- دبی آب: 40 g/s

- مانومتر دیفرانسیلی جریان هوا: 16 میلی‌متر آب

- بار سرمایشی: صفر

مشاهدات خود را در جدول زیر وارد کنید. با ثابت نگه داشتن دبی آب و هوا، بار سرمایشی را تا 0.5 kw

افزایش دهید، وقتی شرایط پایدار گردید مشاهدات خود را دوباره یادداشت نمایید.

آزمایش را برای بار سرمایشی 1 و 1.5 کیلو وات تکرار کنید.

نتایج اندازه‌گیری :

شماره آزمایش	1	2	3	4
t_1 (°C)				
t_2 (°C)				
t_3 (°C)				
t_4 (°C)				
t_5 (°C)				
t_6 (°C)				
t_7 دمای آب جبرانی (فرض می‌شود که برابر t_1 است)				
x اختلاف فشار اریفیس بر حسب میلی‌متر آب				
m_w دبی آب بر حسب گرم بر ثانیه				
$\bar{Q}$ بار سرمایشی بر حسب کیلووات	0	0.5	1	1.5
m_E مقدار آب جبرانی بر حسب کیلوگرم				
y فاصله زمانی بر حسب ثانیه				
ΔP افت فشار ستون آکنه بر حسب میلی‌متر آب				
دمای اپروچ				
دبی جرمی هوا				

آزمایش دوم برج خنک کننده

هدف: بررسی ارتباط بین سرعت هوا و :

الف) درجه حرارت اپروچ (Wet bulb approach) (اختلاف بین دمای آب خنک شده در حوضچه برج

و دمای مرطوب هوا در ورودی برج خنک‌کن)

ب) افت فشار ستون آکنه

انجام آزمایش: سرعت بار سرمایشی آب (سرعتی که حرارت از آب گرفته می‌شود) 1 kW با ماکزیمم

جریان هوا و دبی جرمی آب 40 gram/s در نظر بگیرید. فشار اوریفیس را نیز طبق جدول و بر اساس مقادیر

خواسته شده قرار دهید. سپس بار سرمایشی آب را 1.5 kW قرار داده و با همان شدت جریان هوا و دبی جرمی

آب، مقادیر خواسته شده را ثبت نمایید.

نتایج اندازه گیری :

شماره آزمایش	1	2	3	4	5	6	7	8
t_1 (°C)								
t_2 (°C)								
t_3 (°C)								
t_4 (°C)								
t_5 (°C)								
t_6 (°C)								
t_7 دمای آب جبرانی (فرض می شود برابر t_1 است)								
X اختلاف فشار اریفیس بر حسب میلی متر آب								
md دبی آب بر حسب گرم بر ثانیه								
Q بار سرمایشی بر حسب کیلووات	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5
m_e مقدار آب جبرانی بر حسب کیلوگرم								
y فاصله زمانی بر حسب ثانیه								
ΔP افت فشار ستون آکنه بر حسب میلی متر آب								
دمای اپروچ								
دبی جرمی هوا								
سرعت هوا بر حسب متر بر ثانیه								

"سئوالات و مطالب مورد نیاز در رابطه با تهیه گزارش کار"

- * (۱) نمودار تغییرات دمای اپروچ و بار سرمایشی را رسم و تفسیر نمایید. (آزمایش اول)
- * (۲) نمودار تغییرات دمای اپروچ با سرعت هوا را بدست آورده و تفسیر کنید؟ (آزمایش دوم)
- (۳) انواع برج خنک کننده را توضیح دهید و کاربرد هریک را در صنعت بنویسید.
- (۴) دمای مرطوب چیست و چه استفاده ای از آن می توان کرد؟
- (۵) موازنه انرژی و مواد را با استفاده از بکاربردن سیستم پایدار در حال تعادل و به کمک جدول و چارت فیزیکومتریک اطراف برج خنک کننده بدست آورید.
- (۶) نوع پرکن چه تاثیری بر کارایی برج دارد آن را با روش های تئوری اثبات کنید.
- (۷) برج خنک کننده را با اطلاعات موجود طراحی کنید.