

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی

عنوان:

ساخت دستگاه تولید آب از هوای مرطوب و ارزیابی عملکرد آن در شهرهای شمالی کشور

نگارنده: پیام هدایتی نیا

استاد راهنما

دکتر علی جباری مقدم

استاد مشاور

دکتر محمد ضامن

مهر ۱۴۰۰

شماره: ۲۱۱-۲۴/۲۰
تاریخ: ۲۷/۹/۱۴۰۰

شماره:
تاریخ:
ویرایش:

باسمه تعالی

فرمهای ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد
مربوط به ورودی های ۹۴ به بعد



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای پیام هدایتی نیا با شماره دانشجویی ۹۴۳۶۳۲۴ رشته مهندسی مکانیک گرایش سیستم های انرژی تحت عنوان ساخت دستگاه تولید آب از هوای مرطوب و ارزیابی عملکرد آن در شهرهای شمالی کشور که در تاریخ ۱۴۰۰/۰۷/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار شد به شرح ذیل اعلام می گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰ ☐ (ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۸/۹۹ ☐ ج) درجه خوب: نمره ۱۷-۱۷/۹۹ ☒ (د) درجه متوسط: نمره ۱۴-۱۵/۹۹ ☐ ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐ نوع تحقیق: ☐ نظری ☒ عملی			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر علی جباری مقدم	دانشیار	
۲- استاد راهنمای دوم	-	-	-
۳- استاد مشاور	دکتر محمد ضامن	استادیار	
۴- استاد داور اول	دکتر محسن نظری	دانشیار	
۵- استاد داور دوم	دکتر احمد نظری	استادیار	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مسلم صبوری	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر مهدی گردونی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تقدیم اثر

تقدیم به

مقدس‌ترین واژه‌ها در لغت‌نامه دلم، مادر مهربانم که زندگی‌ام را مدیون مهر و عطوفت آن می‌دانم.

پدر، مهربانی مشفق، بردبار و حامی.

همسرم که نشانه لطف الهی در زندگی من است.

برادر و خواهرانم همراهان همیشگی و پشتوانه‌های زندگی‌ام.

اساتید عزیز و گران‌قدر که از محضر پرفیض ایشان بهره‌ها برده‌ام.

تا آنگاه که نیازمند یادگیری هستی، جوینده دانش باش؛ این معنای همه زندگی‌ات است.

"هنری داهرتی"

تشکر و قدردانی

حال که لطف خدا شامل احوالات بنده حقیر بوده تا بتوانم پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد را به پایان برسانم در ابتدا این اثر را تقدیم می‌کنم به اساتید عزیز و ارزشمندم جناب دکتر علی جباری مقدم و جناب دکتر محمد ضامن آنان که مرا آموختند تا بیاموزم.

و تقدیر و تشکر می‌کنم از مادر مهربانم، پدر استوارم، همسر عزیزم، خواهران و برادر نازنینم که در تمامی لحظات ساخت دستگاه حضوری پررنگ داشته‌اند.

هم چنین کمال قدردانی دارم از هم‌کلاسی‌های عزیزم که به هر نحوی کمک به ساخت این دستگاه نمودند.

تعهدنامه

اینجانب **پیام هدایتی‌نیا** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد (دکتری) رشته مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه ساخت دستگاه تولید آب از هوای مرطوب و ارزیابی عملکرد آن در شهرهای شمالی کشور تحت راهنمایی جناب دکتر علی جباری مقدم متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «**Shahrood University of Technology**» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به‌دست‌آوردن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

آب یکی از مهم‌ترین عناصر زیستی جهان هستی است. بحران آب یکی از مهم‌ترین و ناشناخته‌ترین مشکلات است. باتوجه به نقشه‌های اقلیمی در کشور ایران، بیش‌تر از ۶۵ درصد مساحت کشور جزء اقلیم خشک و فرا خشک می‌باشد. اما دو منطقه اقلیمی مرطوب در کشور وجود دارد که یکی در جزایر جنوب کشور و دیگری در مناطق شمالی کشور می‌باشد. در این پایان‌نامه، به نحوه طراحی و ساخت دستگاه تولید آب از رطوبت موجود در هوا و بررسی آن در شهر آزادشهر (یکی از شهرهای شمالی) و روستای پاقلعه (یکی از روستاهای شمالی) که در استان گلستان واقع می‌باشند، پرداخته‌ایم. طراحی و ساخت این دستگاه با استفاده از سیکل تبرید و تجهیزاتی مانند: کمپرسور، کندانسور، اواپراتور، فن، دیمر فن و ترموستات می‌باشد. مبرد مورد استفاده در این دستگاه، گاز R-134a می‌باشد.

پس از بررسی‌ها برای تولید آب در این دستگاه، مشاهده شده است که باتوجه به فشار هوای شهر یا روستایی که در آن، آزمایش‌ها صورت گرفته است، در رطوبت هوا تغییراتی ایجاد می‌شود. همچنین در آزمایشات صورت گرفته، با تغییر در دور فنی که هوای مرطوب را به سمت اواپراتور راهی می‌کند، میزان آب تولید شده اندازه‌گیری شده است. با استفاده از نرم‌افزار solkane محاسباتی بر روی داده‌ها صورت گرفته تا صحت آن‌ها را بتوان بررسی کرد. نسبت میزان تولید آب به شدت مصرف انرژی (GOR) دستگاه بین عدد ۰/۲ تا ۰/۳ بوده است. این دستگاه در منطقه معتدل و مرطوب تا حدود ۱۲ لیتر در روز می‌تواند آب تولید کند. تولید آب کلی در منطقه معتدل و مرطوب و معتدل با سرعت فن کمینه بیشترین مقدار را داشته است. با افزایش دما و افزایش میزان رطوبت مشاهده می‌شود که مقدار آب تولید شده افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: سیکل تبرید، رطوبت هوا، تولید آب، تبخیر کننده، چگالنده

فهرست مطالب

ی	فهرست جداول
ک	فهرست اشکال
۱	فصل ۱: مقدمه
۲	۱-۱ مقدمه.....
۳	۱-۲ انواع روش‌های تولید آب شیرین.....
۳	۱-۲-۱ نمک‌زدایی.....
۳	۱-۲-۲ بازیافت آب.....
۳	۱-۲-۳ تولید آب شیرین از رطوبت هوا.....
۷	۱-۳ منابع رطوبت در ایران.....
۹	فصل ۲: مروری بر منابع
۱۰	۲-۱ مقدمه.....
۱۰	۲-۲ مرور پژوهش‌های گذشته.....
۲۳	فصل ۳: ساخت دستگاه
۲۴	۳-۱ مقدمه.....
۲۴	۳-۲ طرح کلی دستگاه.....
۲۵	۳-۳ نحوه کار سیکل تبرید در دستگاه تولید آب از رطوبت هوا.....
۲۶	۳-۴ طراحی اولیه دستگاه.....
۲۸	۳-۵ مشخصات اجزای دستگاه.....
۲۸	۳-۵-۱ کمپرسور.....
۲۹	۳-۵-۲ کندانسور و اواپراتور.....
۳۰	۳-۵-۳ فیلتر درایر.....
۳۱	۳-۵-۴ فن استوانه‌ای و دیمر کنترل سرعت.....
۳۲	۳-۶ سیستم‌های اندازه‌گیری.....
۳۲	۳-۶-۱ رطوبت‌سنج.....
۳۴	۳-۶-۲ دماسنج.....
۳۵	۳-۶-۳ گیج فشار.....
۳۵	۳-۶-۴ سرعت سنج باد (Anemometer).....
۳۶	۳-۶-۵ اندازه‌گیری مصرف برق.....

۳۷	۳-۶-۶ اندازه گیری تولید.....
۳۸	۳-۷ نصب تجهیزات.....
۴۱	فصل ۴ : نتایج
۴۲	۴-۱ مقدمه.....
۴۲	۴-۲ نحوه انجام آزمایش‌ها.....
۴۳	۴-۳ داده‌های اندازه‌گیری شده از دستگاه.....
۴۵	۴-۴ داده‌های محاسبه شده.....
۴۷	۴-۵ ارزیابی سیکل تبرید با استفاده از نرم‌افزار solkane.....
۴۹	۴-۶ نتایج آزمایش‌ها.....
۵۵	۴-۶-۱ ارزیابی مقدار آب تولید شده و شدت مصرف انرژی توسط دستگاه تولید آب در منطقه معتدل و منطقه معتدل و مرطوب.....
۵۷	۴-۶-۲ مقایسه تولید آب و شدت مصرف انرژی دستگاه با سایر مراجع.....
۵۸	۴-۷ بررسی اقتصادی دستگاه.....
۵۸	۴-۷-۱ هزینه ثابت سالیانه.....
۵۸	۴-۷-۲ هزینه نگهداری و تعمیرات.....
۵۹	۴-۷-۳ هزینه مصرف برق.....
۵۹	۴-۷-۴ هزینه نهایی.....
۶۱	فصل ۵ : نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۶۲	۵-۱ نتیجه‌گیری.....
۶۴	۵-۲ پیشنهادها.....
۶۵	مراجع

فهرست جداول

جدول ۳-۱. مشخصات فنی رطوبتسنج دیجیتالی.....	۳۳
جدول ۳-۲. مشخصات دماسنج.....	۳۴
جدول ۴-۱. پارامترهای اندازه‌گیری شده و واحد آنها.....	۴۳
جدول ۴-۲. داده‌های اندازه‌گیری شده در روستای پاقلعه در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۵ با دور فن مینی‌م	۴۳
جدول ۴-۳. داده‌های اندازه‌گیری شده در روستای پاقلعه در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۶ با دور فن ماکزیم	۴۳
.....	۴۴
جدول ۴-۴. داده‌های اندازه‌گیری شده در شهر آزادشهر تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۴ با دور فن مینی‌م و ولتاژ	۴۴
.....	۲۲۲/۱
جدول ۴-۵. داده‌های اندازه‌گیری شده در شهر آزادشهر تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۳ با دور فن ماکزیم و ولتاژ	۴۴
.....	۲۲۴/۵
جدول ۴-۶. رطوبت مطلق در شهر پاقلعه در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۵ با دور فن مینی‌م و ولتاژ ۲۱۶/۸	۴۶
جدول ۴-۷. رطوبت مطلق در شهر پاقلعه در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۶ با دور فن ماکزیم و ولتاژ ۲۱۵/۶	۴۶
.....	۴۶
جدول ۴-۸. رطوبت مطلق در شهر آزادشهر در تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۴ با دور فن مینی‌م و ولتاژ ۲۲۲/۱	۴۶
.....	۴۶
جدول ۴-۹. رطوبت مطلق در شهر آزادشهر در تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۳ با دور فن ماکزیم و ولتاژ	۴۶
.....	۲۲۴/۵
جدول ۴-۱۰. داده‌های نرم‌افزاری در شهر پاقلعه با دور فن مینی‌م و ولتاژ ۲۱۶/۸	۴۸
جدول ۴-۱۱. داده‌های نرم‌افزاری در شهر پاقلعه با دور فن ماکزیم و ولتاژ ۲۱۵/۶	۴۸
جدول ۴-۱۲. داده‌های نرم‌افزاری در شهر آزادشهر با دور فن مینی‌م و ولتاژ ۲۲۲/۱	۴۸
جدول ۴-۱۳. داده‌های نرم‌افزاری در شهر آزادشهر با دور فن ماکزیم و ولتاژ ۲۲۴/۵	۴۹
جدول ۴-۱۴. داده‌های آزمایشی در دو منطقه مختلف با دور فن ماکزیم و مینی‌م	۵۵
جدول ۴-۱۵. مقایسه تولید آب و شدت مصرف انرژی با توجه به نوع اقلیم در کشور ایران و کشور	۵۷
.....	۵۷
جدول ۴-۱۶. هزینه‌های دستگاه تولید آب	۶۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱. میانگین رطوبت نسبی در ایران [۱۰].....	۸
شکل ۲-۱. نمونه AWG [۳۳].....	۱۷
شکل ۳-۱. شماتیک مجموعه آزمایشگاهی.....	۲۵
شکل ۳-۲. الف) نمای بیرونی ب) نمای داخلی طراحی دستگاه.....	۲۷
شکل ۳-۳. کمپرسور رفت و برگشتی و جوشکاری لوله های مسی ورودی و خروجی.....	۲۹
شکل ۳-۴. الف) اواپراتور ب) کندانسور به همراه فن مورد استفاده در دستگاه.....	۳۰
شکل ۳-۵. فیلتر درایر آلکو.....	۳۱
شکل ۳-۶. الف) فن استوانه‌ای ب) دیمر کنترل سرعت فن.....	۳۲
شکل ۳-۷. رطوبت سنج HTC_2.....	۳۳
شکل ۳-۸. دماسنج مدل ZU-1.....	۳۴
شکل ۳-۹. گیجهای روغنی فشار بالا و پایین.....	۳۵
شکل ۳-۱۰. سرعت سنج باد مدل ar866a.....	۳۶
شکل ۳-۱۱. مولتی متر دیجیتالی اتو رنج VICTOR VC97.....	۳۷
شکل ۳-۱۲. نحوه اندازه گیری تولید لحظه آب در دستگاه.....	۳۸
شکل ۳-۱۳. ساخت استراکچر و نصب تجهیزات اصلی.....	۳۹
شکل ۳-۱۴. پوششدهی و تصویر نهایی از دستگاه.....	۳۹
شکل ۴-۱. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه‌ای و ج) شدت مصرف انرژی در روستای پاقلعه با دور فن مینیمم و ولتاژ ۲۱۶/۸.....	۵۰
شکل ۴-۲. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه‌ای و ج) شدت مصرف انرژی در روستای پاقلعه با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۱۵/۶.....	۵۲
شکل ۴-۳. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه‌ای و ج) شدت مصرف انرژی در شهر آزادشهر با دور فن مینیمم و ولتاژ ۲۲۲/۱.....	۵۳
شکل ۴-۴. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه‌ای و ج) شدت مصرف انرژی در شهر آزادشهر با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۲۴/۵.....	۵۴
شکل ۴-۵. تولید آب کلی در دو منطقه مختلف با دور فن ماکزیمم و مینیمم.....	۵۶
شکل ۴-۶. شدت مصرف انرژی در دو منطقه مختلف با دور فن ماکزیمم و مینیمم.....	۵۶

فصل ۱: مقدمه

۱-۱ مقدمه

آب ماده‌ای بسیار مهم در زندگی بشر می‌باشد. در کره زمین نقاطی وجود دارد که آب در آن نقاط یافت نمی‌شود یا با کمبود آن مواجه هستند. صنعت و کشاورزی کاملاً وابسته به آب است و همین‌طور سلامت انسان‌ها کاملاً در گرو آب سالم است. پس آب هم در اقتصاد و هم در بهداشت دارای اهمیت بسیار فراوانی است.

دست‌یافتن به آب کافی و مطلوب در بعضی کشورها به دلیل ازدیاد جمعیت و توسعه کارخانه‌جات و آلوده کردن آب شیرین به یک بحران اساسی مبدل شده است. ایران در زمره کشورهایی که با کمبود آب روبرو هستند قرار دارد.

طبق شاخص فالکن مارک^۱ ایران در آستانه قرارگرفتن در بحران شدید آبی است. از آنجایی که در دهه ۸۰ و ۹۰ شمسی تقریباً ۶۹٪ از کل آب تجدیدپذیر سالیانه استفاده شده است، بر اساس شاخص سازمان ملل، ایران هم‌اکنون در وضعیت بحران کم‌آبی شدید قرار دارد. از این‌رو ایران به‌منظور حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲٪ به منابع آب خود بیفزاید که این مقدار باتوجه‌به امکانات و منابع آب موجود غیرممکن به نظر می‌رسد.

علت اصلی مشکلات بهداشتی در کشورهای در حال توسعه، برخورداری نبودن از آب آشامیدنی سالم است. کشورهای در حال توسعه برای پیشرفت به انسان سالم به‌عنوان محور توسعه نیاز دارند که برای دستیابی به این سلامتی باید از آب آشامیدنی مطلوب بهره‌مند بود، در غیر این صورت سلامت و رفاه جامعه به خطر می‌افتد. ابعاد اهمیت آب به دو جنبه بهداشتی و اقتصادی برمی‌گردد. از نظر اقتصادی آب چرخ صنعت را می‌گرداند و فعالیت کشاورزی را رونق می‌بخشد. از منظر بهداشتی نیز سلامت انسان توسط آب باکیفیت تأمین می‌شود. همچنین آب در زندگی جانداران بسیار مؤثر است. این ماده اکثریت وزن بدن را تشکیل می‌دهد و در بسیاری از عملکردهای مهم، از جمله: دفع مواد زائد از بدن، تنظیم دمای بدن و کمک به عملکرد مغز دخیل است.

¹ Falkenmark

۱-۲ انواع روش‌های تولید آب شیرین

روش‌های مختلفی برای استحصال آب شیرین وجود دارد که در اینجا برخی از آنها ذکر می‌شود.

۱- نمک‌زدایی آب دریا یا آب‌های شور دیگر

۲- بازیافت آب

۳- استحصال آب از رطوبت هوا

۱-۲-۱ نمک‌زدایی

قدیمی‌ترین روشی که در قرن ۱۷ میلادی برای تأمین آب موردنیاز کشتی‌ها استفاده می‌شد تولید آب شیرین از آب‌شور دریا به روش تبخیری بود. فناوری نمک‌زدایی در صنعت از اواخر قرن ۱۹ میلادی آغاز شد و امروزه در بسیاری از کشورها برای تولید آب شیرین استفاده می‌شود. پیش‌بینی‌ها بیان می‌کند که تا سال ۲۰۲۵ بالای ۶۰٪ آب موردنیاز زمین از طریق فرایند نمک‌زدایی تأمین شود.

۱-۲-۲ بازیافت آب

آب بازیافتی یا اصلاح شده همان فاضلاب تصفیه شده می‌باشد که ناخالصی‌ها از آن حذف شده و در آبیاری استفاده می‌شود. هدف این فرایند، پایداری و حفاظت از آب، به جای آب‌های تصفیه شده از سطح رودخانه‌ها و اقیانوس‌ها است. آب بازیافتی برای اکوسیستم و بهبود زیبایی‌شناسی نیز سودمند است.

۱-۲-۳ تولید آب شیرین از رطوبت هوا

تولید آب از رطوبت هوا پدیده‌ای طبیعی بوده که شکل ساده آن تولید شبنم می‌باشد. استفاده از شبنم تولید شده برای تأمین آب موردنیاز در بین موجودات زنده وجود دارد. نمونه‌ای از آن را می‌توان در

خشک‌ترین زیستگاه‌های جهان یعنی بیابان نامیب^۳ یافت. در جنوب غربی آفریقا که زیستگاه سوسک-های تیره است، برخی از آن‌ها آب شبنم و مه اقیانوس را در تپه‌های شنی جمع‌آوری می‌کنند. آنها یا از بدن خود استفاده می‌کنند یا یک ساختار کوچک برای جمع‌آوری آب یا گیاهانی مانند کاکتوس که دارای سیستم جمع‌آوری آب کارآمد هستند، ایجاد می‌کنند با خارها و تریکوم‌های توزیع شده روی ساق خود، آب مه را جمع‌آوری می‌کنند[۱].

انسانها نیز چنین سیستم‌هایی را مورد توجه قرار داده و ساختارهای ویژه‌ای برای آن اختراع نموده‌اند. سوسک یا کاکتوس در مناطق خشک با کمک ساختارهای نانو و ماکرو آب جمع‌آوری می‌کند. به عنوان مثال زیبولد^۴ در سال ۱۹۱۲ چاه‌های هوایی با ابعاد ۲۰ متر عرض، ۶ متر ارتفاع و قطر ۸ متر ساخت[۲]. اگرچه هدف از این ساختار متراکم کردن آب شبنم بود، تحقیقات بیشتر نشان داد که آن آب مه را جمع‌آوری می‌کند، با وجود هدف اولیه، این ساختار ۳۶۰ لیتر آب در هر روز به مدت سه سال تولید می‌کرد تا زمانی که آزمایش به دلیل شکست در پایه ساختار خاتمه یافت[۳].

در دهه‌های اخیر، در نتیجه تغییرات آب‌وهوایی و مدیریت نادرست، کمبود آب و خشکسالی در حال افزایش است که هم بر انسان و هم بر تنوع زیستی به‌شدت تأثیر می‌گذارد. در نتیجه چنین پدیده‌هایی، تحقیقات بیشتری باهدف یافتن راه پایدار جایگزین برای به‌دست‌آوردن آب شیرین برای جنگل‌کاری و آب آشامیدنی برای مصرف انسان و حیوانات انجام شده است، یکی از این سیستم‌ها تولیدکننده آب اتمسفری است[۴].

تولیدکننده آب اتمسفری (AWG)^۵ سیستمی است که آب را از هوای مرطوب استخراج می‌کند. در طبیعت، این اتفاق به‌صورت مه یا شبنم می‌افتد[۵] برای جمع‌آوری آب از هوای مرطوب، در حال حاضر دو روش موجود است:

³ namib

⁴ Zibold

⁵ Atmospheric Water Generator

۱- سیستم‌های غیرفعال AWG مانند سیستم جمع‌آوری آب مه با استفاده از تورها و ساختار پشتیبان [۶] یا سیستم جمع‌آوری شبنم با استفاده از ورقه‌های پلاستیکی یا انواع دیگر ورق‌ها برای تراکم آب بدون استفاده از منبع انرژی خارجی [۷].

۲- سیستم‌های AWG فعال که در آنها فرایند تراکم به طور مصنوعی با ورودی منبع انرژی خارجی مانند برق تحریک می‌شود تا آب با استفاده از قطعاتی مانند کمپرسور خنک‌کننده، مبدل حرارتی، کندانسور رطوبت، فن و مخزن آب خنک شود و آب را در این مرحله جمع‌آوری کند [۸].

هرکدام از این سیستم‌ها مزایا و معایب خود را دارند. AWG غیرفعال از مواد مدرن در دستگاه‌های ساده و بادوام استفاده می‌کند (یعنی چنین سیستمی می‌تواند با استفاده از تور مصنوعی، تیرها و مخزن آب کار کند) که می‌تواند با حداقل تخصص خارجی نگهداری شود [۹]. با این حال، عیب آن تولید کم آب و حساسیت آن نسبت به باد، دما و رطوبت است [۷]. AWG فعال نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا و منبع تغذیه اضافی دارد، اما از نظر تولید حجم بیشتر آب آشامیدنی در مقایسه با سیستم‌های غیرفعال AWG بسیار مؤثر و کارآمد است.

AWG در پروژه‌های مختلف استفاده شده است، به عنوان مثال در یک پروژه کشاورزی در قبرس با استفاده از AWG فعال [۸]، سیستم جمع‌آوری آب شبنم در جزایر اقیانوس آرام در پلینزی فرانسه [۹] یا سیستم‌های جمع‌آوری آب مه در شیلی و پرو. نتایج پروژه‌ها نشان می‌دهد که مقدار آب تولید شده توسط سیستم‌های مختلف AWG میزان و محل استفاده آنها را تعیین می‌کند. به عنوان مثال، اکثر AWG‌های غیرفعال به عنوان منابع آب مکمل در فصل خشکسالی تلقی می‌شوند.

علاوه بر این، آنها بسیار وابسته به موقعیت مکانی هستند. به عنوان مثال، سیستم جمع‌آوری آب مه فقط می‌تواند در مکان‌های خاصی مانند مناطق کوهستانی و ساحلی مستقر شود. از سوی دیگر، AWG‌های فعال به موقعیت مکانی کمتر وابسته هستند و می‌توانند آب شبنم را در حجم بیشتری بازیابی کرده و منبع اصلی آب شوند.

AWG ها به عوامل محیطی مانند دما، ارتفاع، رطوبت و باد وابسته هستند. انتخاب سایت مناسب برای آزمایش یا استفاده از نوع خاصی از AWG بسیار مهم است. بسته به نوع ژنراتور، ممکن است عامل خاصی نسبت به سایر عوامل تأثیر بیشتری داشته باشد. در این تحقیق عوامل مهمی چون دور فن مورد مطالعه قرار می گیرند. پس از بررسی انواع AWG و متغیرهای کاری آنها، نوعی از ژنراتور با بیشترین بهبود انتخاب می شود.

تولید آب با استفاده از رطوبت موجود در هوا به دو شیوه خنک کردن یا متراکم کردن هوا و یا ترکیب این دو امکان پذیر است. جمع آوری آب از هوا به میزان بخار آب موجود در هوا بستگی دارد، در دسترس بودن یا چگالی بخار آب به عواملی مانند موقعیت مکان بستگی دارد، به عنوان مثال، موقعیت مکانی در کنار یک توده بزرگ آب مانند دریا دارای بخار آب بیشتری نسبت به کویر است. دما نیز عامل مهمی است زیرا دمای بالاتر می تواند بخار آب بیشتری را نسبت به هوای سرد نگه دارد. عوامل دیگری مانند فشار، ارتفاع و زمان روز (از آنجا که مستقیماً به دما ارتباط دارد) نیز در میزان رطوبت مطلق نقش اساسی دارند. مطالعات قبلی نشان داد که سیستم چگالشی رطوبت هوا در مناطق گرم و مرطوب راندمانی بهینه دارد.

از نکات فوق می توان نتیجه گرفت که به طور کلی، AWG عملکرد بهتری در مکان هایی با دمای متوسط به بالا، رطوبت مطلق بالا و موقعیت های نزدیک به سطح زمین دارد زیرا چگالی بخار آب بیشتر است.

جمع آوری آب از هوای مرطوب به انرژی نیاز دارد مگر اینکه تغییر فاز به طور طبیعی از طریق تغییر دما یا فشار اتفاق بیفتد، یعنی شبنم شب هنگام روی چمن، روی خارهای کاکتوس یا تشکیل مه به دلیل تغییر ارتفاع و دما. برای تشکیل آب از هوای مرطوب، ابتدا باید هوای گرم و مرطوب را تا زیر نقطه شبنم خنک کرد، زیرا سرد شدن هوا انرژی جنبشی مولکول های بخار آب را کاهش داده و احتمال پیوند و شکل گیری را افزایش می دهد. قطرات آب مایع هنگامی که تغییر فاز (بخار آب به قطره آب)

اتفاق می‌افتد، انرژی به شکل گرما آزاد می‌شود. از بین بردن گرمای نهان برای حفظ بخارات آب تشکیل شده بسیار مهم است در غیر این صورت تبخیر می‌شوند.

گرمای نهفته یا انرژی آزاد شده از فرایند تراکم یک میلی‌لیتر آب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حدود ۲۵۰۰ ژول است. مقدار انرژی لازم برای جوشاندن آب و شکستن پیوند H_2O به همان میزان برای تبدیل هوا/گاز مرطوب به مایع است. این مقدار انرژی برابر با ۱ دقیقه استفاده از لامپ ۷۴۰ W است. تا به امروز در ایران در مورد استحصال آب از رطوبت هوا فعالیتی منظم و با برنامه انجام نگرفته است.

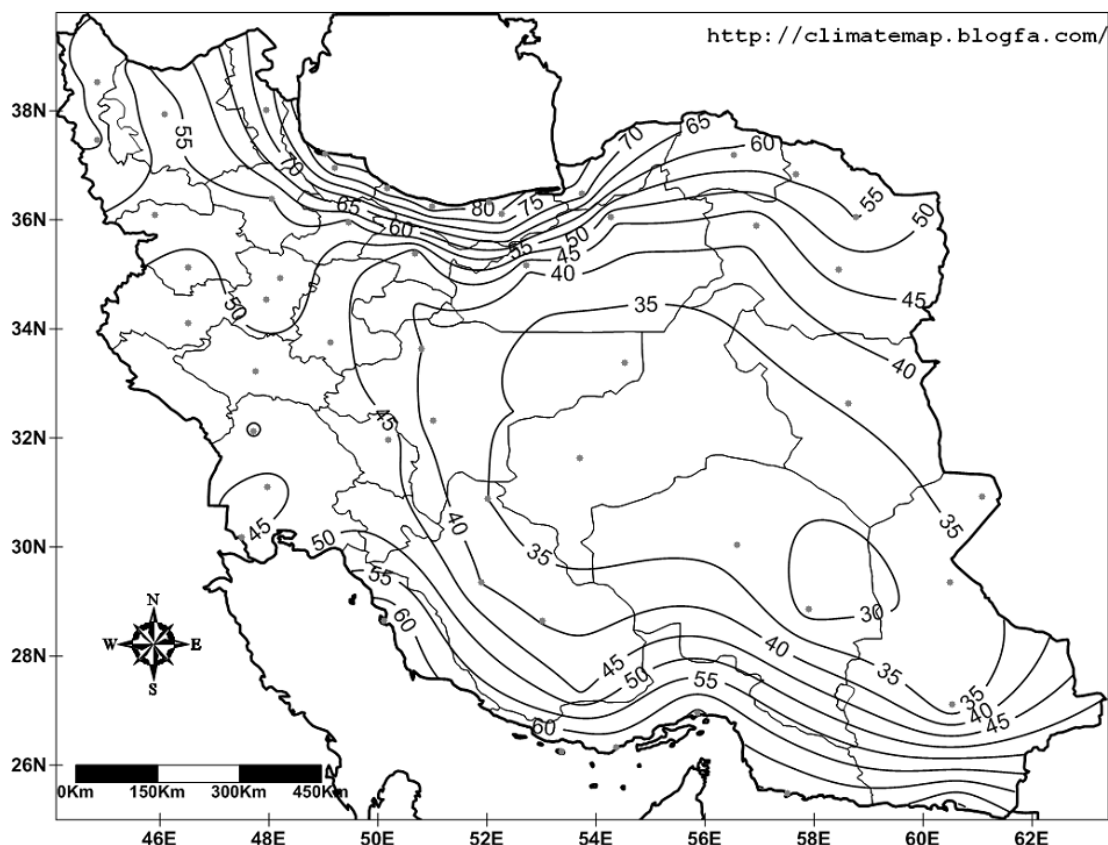
۳-۱ منابع رطوبت در ایران

در ایران دو اقلیم مرطوب وجود دارد:

۱- منطقه گرم و مرطوب جزایر و سواحل جنوب کشور

۲- منطقه معتدل و مرطوب شمالی

منطقه اول، خشک و کم‌باران و منطقه دوم پرباران می‌باشد. نوار ساحلی جنوب ایران، از نوع اول می‌باشد. مسافت این نوار برابر با ۲۰۰۰ کیلومتر می‌باشد و به دو بخش سواحل خلیج فارس و دریای عمان تقسیم می‌شود. شکل ۱-۱ مقدار متوسط رطوبت نسبی در مناطق مختلف ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱. میانگین رطوبت نسبی در ایران [۱۰]

میزان کم ریزش‌های جوی سالیانه و عدم جریان‌های سطحی دائمی (رودخانه‌ها) از مهم‌ترین ویژگی‌های این منطقه است. ویژگی محیطی دیگر این منطقه رطوبت نسبی بالای هوا به‌خصوص در نزدیکی ساحل است که به باران پنهان معروف است و تا حدی جبران کمبود باران را می‌نماید. می‌توان از رطوبت هوا به‌ویژه در فصل تابستان آب بیشتری استحصال کرد. در فصل گرما، رطوبت نسبی هوا در این منطقه به‌خصوص تحت تأثیر جریان‌های موسمی کشور هند به حدود ۸۰٪ می‌رسد.

در تحقیق حاضر دستگاه تولید آب از رطوبت هوا بر پایه سیکل تبرید با هدف ارزیابی تولید آب در شهرهای شمالی کشور ساخته شده و به صورت موردی عملکرد آن مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل ۲: مروری بر منابع

۱-۲ مقدمه

یکی از روشهای نوین تولید آب شیرین استفاده از رطوبت اتمسفر می باشد که می تواند به مردمی که در مناطق گرم و مرطوب زندگی می کنند و با کمبود آب مواجه هستند کمک کند. در این روش از سرد کردن یا متراکم کردن هوای جو برای چگالش رطوبت هوا و به دست آوردن آب استفاده می شود. ایده های مختلفی برای استحصال رطوبت هوا وجود دارد، می توان مواردی همچون استفاده سرمای آبهای سرد اعماق دریا، سرمای زمین، سیکل تبرید مانند دستگاههای تهویه مطبوع و کولر ترموالکتریک را نام برد. تمام روش های نام برده، با سرد کردن هوای جو رطوبت موجود در آن را استخراج می کند. در ادامه به بررسی مطالعات و تحقیقات صورت گرفته در این زمینه پرداخته می شود.

۲-۲ مرور پژوهش های گذشته

در ابتدا برخی مطالعات که به جمع آوری آب از رطوبت و مه موجود در هوا پرداخته اند ارائه می شود. سال ۱۹۵۷ تومی [۱۰] با انجام آزمایش هایی نتیجه گرفت که اگر در هر مترمکعب ابر حتی یک گرم آب وجود داشته باشد، با عبور افقی ابر از یک مترمربع توری به مدت یک ساعت و در باد ملایمی که سرعت آن ۴ متر در ثانیه باشد، حدود ۴۱ لیتر آب جمع آوری می شود. کنس برای یک دستگاه باران ساز، از رشته های سیمی آویزان به عنوان جمع کننده های متراکم کننده استفاده نمود (به وسیله این رشته های سیمی، بخار آب به مایع تبدیل می شد). این طرح تنها هنگامی که هیچ گونه ابری تابش گرمایی زمین را مسدود نمی کرد قابل استفاده بود. جرارد و ورزل [۱۱] در سال ۱۹۶۷ روشی ارائه دادند که می توانست به وسیله چگالش رطوبت موجود در هوا، آب آشامیدنی در ساحل یا جزایر به دست آورند. در این روش از آب های عمیق دریا که دمای کمتری دارد، به عنوان سیال خنک کننده در کندانسور استفاده شده بود، با عبور هوای جو از کندانسور دمای آن کاهش یافته و رطوبت موجود در هوا چگالش می یافت، آب چگالش یافته جمع شده و می توانست در کشاورزی و یا آشامیدن استفاده شود. آب دریا

به وسیله پمپ به ساحل آورده می شد و بعد از استفاده در کندانسور می توانست در ژنراتور و آسیاب آبی مورد استفاده قرار گیرد.

در سال ۱۹۶۹ هلستروم [۱۲] در آزمایشگاه به وسیله یک دستگاه تهویه مطبوع اقدام به گرفتن آب از رطوبت هوا کرد. در این آزمایش او به وسیله فن، هوا با رطوبت و دمای مختلف را وارد سیستم می کرد تا مقدار آبی که به دست می آید را اندازه گیری کند. در این روش آب بسیار گران به دست می آید اما در مواردی که آب در دسترس نیست و به آب کمی نیاز است می توان از این روش استفاده کرد. محوی و همکاران [۱۳] سال ۲۰۱۳ بر روی مدیریت استفاده و بهره برداری آب حاصل از چگالش رطوبت هوا در کولرهای گازی پژوهش کردند. بنا بر نتایج PH آبهای استحصالی کمی اسیدی است، دلیل این امر می تواند مربوط به حضور گازهای موجود در هوا به خصوص گاز دی اکسید کربن باشد. البته اسیدی بودن آب آزمایش شده زیاد نبوده و نزدیک محدوده خنثی است. آزمون آماری ANOVA اختلاف معنی داری بین میانگین pH در ۴ منطقه نشان نداد.

سال ۱۹۸۶ ویگرن [۱۴] مطالعاتی در زمینه سیستم های تولید آب چگالشی انجام داد. این سیستم دارای ۲۰۰ لوله به قطر ۱۰ سانتی متر و طول ۵۰ متر بود. هوای مرطوب توسط یک فن با توان ۳-۱۰ کیلووات به لوله های مدفون سوراخ دار، به زیرزمین هدایت می شد. نوردل [۱۵] نیز در سال ۱۹۸۷ یک نمونه کوچک آزمایشگاهی سیستم تولید آب، در کشور سوئد برای آبیاری گلخانه ساخت. این دو سیستم بر اساس اختلاف دمای شب و روز کار می کردند. در طول روز، دمای هوای مرطوب از زیرزمین بالاتر است در نتیجه به وسیله انتقال حرارت، زیرزمین گرم شده و هوای مرطوب خنک و رطوبت آن چگالش می یابد. اما در طول شب هوای گلخانه سردتر از زیرزمین است، زیرا زیرزمین به وسیله هوای مرطوب در طول روز گرم شده است. در نتیجه در شب با گردش درآوردن هوای سرد محیط در زیرزمین، باعث سرد شدن خاک شده و خاک برای سرد کردن هوا در روز بعد آماده می شود.

سال ۲۰۰۶ لیندبلاد و همکاران [۱۶] مطالعه تئوری بر روی سیستم های تولید آب چگالشی خوراکی انجام دادند و آب تولیدی را در انتهای لوله جمع آوری کردند. با مدل سازی عددی معادلات

انتقال حرارت در نرم افزار متلب مقدار $1/8 \text{ kg/ (day.m)}$ آب تولیدی را با استفاده از حل عددی به دست آوردند.

محمد عطا [۱۷] در سال ۲۰۱۱ یک سیستم چگالش رطوبت هوا بر اساس کولر ترموالکتریک طراحی کرد، سیستم او شامل المنت های خنک کننده، واحد انتقال حرارت و واحد گردش هوا بود و یک پنل سلول خورشیدی با جریان خروجی بالا که المان های خنک کننده را با کنترلر جریان راه اندازی می کرد، او پیش بینی کرد، سیستم طراحی شده حدود یک لیتر آب در ساعت بازدهی داشته باشد. سال ۲۰۱۴ ناندی و همکاران [۱۸] سیستمی مانند دستگاه محمد عطا [۱۷] طراحی کردند. این سیستم در مناطقی با رطوبت بالا تقریباً ۱ لیتر در ساعت تا زمانی که نور خورشید باشد آب تولید می کند. سوریانیکسی [۱۹] در سال ۲۰۱۶ طرحی را ارائه کرد که بر پایه کولر ترموالکتریک از رطوبت هوا، آب تولید کرد، در توان ۱۲۵ وات و دبی هوای ۱۹۰ cfm آزمایش را انجام دادند. بیشترین میزان آب ۰/۶۱ لیتر در ساعت به دست آوردند.

در سال ۱۳۹۵ بازیار و ایرج پور [۲۰] روی توسعه المان ترموالکتریک در طراحی و ساخت دستگاه استحصال آب از رطوبت هوا کار کردند. آنها آزمایشات خود را در بازه رطوبت نسبی ۱۰ تا ۳۵ درصد انجام دادند، و به حداکثر آب تولیدی ۶/۵ میلی لیتر در ساعت دست یافتند.

جوشی و همکاران [۲۱] در سال ۲۰۱۷ دستگاه تولید آب از رطوبت هوا ساختند و مورد آزمایش قرار دادند. آنها از ۱۰ ترموالکتریک برای خنک کاری هوا و چگالش آب استفاده کردند. منبع تغذیه استفاده شده در این پروژه ۶۰ وات توان خروجی داشت. آنها در دمای 30°C و رطوبت نسبی ۹۰٪ به مقدار آب ۲۵۰ میلی لیتر در ۱۰ ساعت دست یافتند.

چاوز و همکاران [۲۲] یک بررسی فنی برای دو فناوری امیدوارکننده و دو سیستم تجاری که می تواند در سیستم های بادی ترکیبی به کار رود - همچنین به عنوان سیستم های استخراج آب از هوا

(EWAS)^۶ شناخته می‌شود - برای شرایط خاص آب‌وهوایی موجود در شمال شرقی برزیل انجام دادند. علاوه بر این، شرح کاملی از مؤلفه‌های اصلی فناوری‌های نوآورانه و راه‌حل‌های تجاری را توضیح دادند و تجزیه و تحلیل مصرف انرژی را برای هر یک از این سیستم‌ها به منظور مقایسه انجام دادند. آنها ظرفیت استخراج آب و بهره‌وری انرژی (برای دو EWAS تجاری) را برای یک نقطه عملیاتی نظری در وسط منطقه نیمه بیابانی شمال شرقی ارزیابی کردند. این نقطه با استفاده از نمودار هوای مرطوب معروف به دست می‌آید. اطلاعات مهم در مورد حداقل شرایط محیطی برای غشاها و کویل‌ها را نیز در نظر گرفتند. سه نوع اصلی از ژنراتورهای الکتریکی و مزایا و معایب آن را، برای تخمین نسبت توان به برق و آب تولید شده شرح دادند. برای همه موارد فوق، اندازه‌گیری صحیح نمونه اولیه EWAS برزلی و کاربرد احتمالی آن در یک منطقه نیمه‌خشک هدف مقاله آنها بود.

لیو و همکاران [۲۳] یک تولیدکننده آب قابل حمل (۷ کیلوگرم) با دو خنک‌کننده ترموالکتریک (TEC)^۷ طراحی و به طور آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند. رطوبت نسبی هوای ورودی مختلف و نرخ‌های مختلف جریان هوا برای دستیابی به تأثیرات آنها بر میزان آب تولید شده و میزان تراکم را نیز مورد بررسی قرار دادند. مقدار آب تولید شده و میزان چگالش با افزایش رطوبت نسبی افزایش یافت. مقدار آب تولید شده با افزایش نرخ جریان هوا نیز افزایش یافت اما نرخ چگالش روندی معکوس داشت. حداکثر آب تولیدی ۲۵/۱ گرم در هر ساعت با سطح چگالش ۰/۲۱۶ مترمربع و توان ورودی ۵۸/۲ وات بود. سیستم آنها دارای اندازه کوچکی بوده و می‌تواند در نرخ‌های جریان هوای کم، کار کند که برای مصارف بیرون خانه مناسب می‌باشد.

چهار درصد از گاز طبیعی تولید شده در سطح جهان به دلیل عدم وجود زیرساخت‌های انتقال گاز و اقتصاد نامطلوب، در میادین نفتی شعله‌ور می‌شود. کارهای اخیر استفاده از این گاز اضافی را برای برداشت آب از هوا (AWH)^۸ برای عملیات میادین نفتی پیشنهاد داده است که در آن چرخه‌های تبرید

^۶ Extraction Water from Air Systems(EWAS)

^۷ Thermoelectric Cooler(TEC)

^۸ Atmospheric Water Harvesting(AWH)

با گاز مایع از طریق چگالش ظرفیت خنک‌سازی برای رطوبت‌زدایی در مقیاس بزرگ را ایجاد می‌کنند. ازکان و همکاران [۲۴] یک چارچوب مدل‌سازی عمیق و جامع برای پیش‌بینی چگالش آب در سیستم‌های AWH مجهز به گازهای زباله ایجاد کردند. آنها در مرحله اول، سیستم‌های تبرید مجهز به گاز برای شناسایی پارامترها و ملاحظات اصلی سیستم را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در مرحله دوم، یک مدل تحلیلی برای جذب پدیده‌های پیچیده انتقال حرارت و جرم مرتبط با چگالش هوای مرطوب در یک مبدل حرارتی پوسته و لوله ایجاد کردند که شامل استفاده از روابط انتقال حرارت و جرم برای تخمین خط فرایند رطوبت‌زدایی است. مدل آنها می‌تواند میزان چگالش آب را به‌عنوان تابعی از میزان جریان گاز، هوای محیط و سیستم تبرید استفاده‌شده پیش‌بینی کند و برای پیش‌بینی میزان برداشت آب بر پایه گاز در میدان‌های نفتی شیل ایگل فورد (تگزاس) و باکن (داکوتای شمالی) استفاده می‌شود که بیشترین میزان گاز شعله‌ور شده ایالات متحده را تشکیل می‌دهد. نتایج آنها نشان داد که یک مترمکعب گاز طبیعی می‌تواند به ترتیب $\frac{2}{3}$ و $\frac{1}{65}$ گالن آب را (به طور متوسط سالانه) در تگزاس و داکوتای شمالی چگالیده کند. میزان میعان‌ات وابسته به آب‌وهوا از ۳-۱۰ (تگزاس) و ۰-۰.۸ (داکوتای شمالی) گالن / روز / مترمربع از مساحت کندانسور است. به‌طور کلی، AWH مبتنی بر گاز شعله‌ور می‌تواند به ترتیب ۷۷ و ۴۰ درصد از گاز اضافی را در تگزاس و داکوتای شمالی استفاده کند. کار آنها جنبه‌های مختلف چگالش هوای مرطوب را تجزیه و تحلیل کرد و حساسیت میزان چگالش به پارامترهای اصلی مهندسی را ارزیابی کرد. به‌طور کلی، کار آنها ابزار مدل‌سازی بنیادی را برای پیش‌بینی عملکرد انواع سیستم‌های چگالش هوای مرطوب توسعه می‌دهد.

باقری [۲۵] عملکرد و محدودیت‌های سیستم‌های تجاری برداشت آب از هوا (AWH) را به‌صورت تجربی بررسی کردند. آنها یک سیستم آزمایشگاهی و روش تست جدید، به پیروی از استانداردهای مربوطه ASHRAE و ANSI / AHRI، برای اندازه‌گیری نرخ برداشت آب و توان الکتریکی ورودی چندین AWH در اندازه مسکونی از تولیدکنندگان مختلف توسعه دادند. آنها سیستم را به محفظه محیطی مجهز کردند تا از تمام شرایط اقلیمی در آزمایشگاه تحقیقاتی در دانشگاه سیمون فریزر پیروی

کرده و ویژگی‌های عملکرد سیستم‌های AWH را به دست آورند. نتایج نشان داد دامنه نرخ برداشت آب، دامنه شدت انرژی از ۱/۰۲ کیلووات‌ساعت در لیتر برای آب‌وهوای گرم و مرطوب تا ۶/۲۳ کیلووات‌ساعت در لیتر برای آب‌وهوای سرد و مرطوب، و محدودیت‌های آب‌وهوایی فن آوری AWH معمولی را در برمی‌گیرد که می‌تواند به‌عنوان یک بستر برای توسعه بیشتر سیستم‌های AWH با کارایی بالاتر در آینده فراهم کند.

من اسلامی و همکاران [۲۶] یک تجزیه و تحلیل جامع ترمودینامیکی تولید آب از هوای مرطوب با استفاده از کولرهای ترموالکتریک (TEC) ارائه دادند. سیستم آنها از تعدادی خنک‌کننده ترموالکتریک، یک فن برای تأمین گردش هوای موردنیاز، دو کانال هوای سرد و گرم، هیت‌سینک و سلول‌های خورشیدی برای تأمین انرژی خنک‌کننده‌های حرارتی و فن تشکیل شده بود. آنها اثرات مختلف پارامترهای طراحی را مورد بررسی و بحث قرار داده و طرح پیشنهادی برای دستیابی به حداکثر اثربخشی که به‌عنوان مقدار آب تولید شده در واحد مصرف انرژی تعریف می‌شود، را بهینه کردند. از آنالیز حساسیت برای یافتن تعداد بهینه TEC ها، طول کانال‌ها و عملکرد سیستم در دماهای مختلف استفاده کردند. سیستم به‌دست‌آمده قادر بود فقط با مصرف ۲۰ وات برق از طریق هوا با رطوبت نسبی ۷۵٪ و دمای ۳۱۸، ۲۶ میلی‌لیتر آب تولید کند. علاوه بر این، عملکرد سالانه و بهینه‌سازی این دستگاه را در سه شهر جنوبی ایران بر اساس داده‌های هواشناسی ساعتی ارائه دادند. سرانجام، مقایسه سیستم فعلی با سایر مولدهای آب هوا نشان داد که طرح پیشنهادی دارای کارآمدترین سیستم در بین دستگاه‌های مشابه به‌ویژه در رطوبت نسبی زیاد است.

سالک و همکاران [۲۷] یک دستگاه مولد آب اتمسفری خورشیدی بهبودیافته برای تولید آب بیشتر با مصرف انرژی کمتر پیشنهاد دادند. سیستم آنها شامل سه قسمت بود: سیکل تبرید جذبی آمونیاک خورشیدی، سیکل نمک‌زدایی آب شور و سیکل رطوبت‌زدایی هوا. سیستم آنها از دو منبع بزرگ آب به طور هم‌زمان با ورودی برق معادل با AWG مشترک (مولد آب اتمسفری) آب تولید می‌کرد. آنها تجزیه و تحلیل ترمودینامیکی سیستم را توسط تجزیه و تحلیل پارامتریک سیکل‌های سری انجام دادند و

منحنی عملکرد دستگاه را باتوجه به نتایج ارائه دادند. از این منحنی‌ها می‌توان برای تعیین تولید آب دستگاه جدید AWG بهبودیافته در هر مکان (شهر) با داشتن رطوبت نسبی هوا و دمای محل موردنظر استفاده کرد. آنها عملکرد دستگاه جدید AWG را در چهار شهر ایران مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. میزان تولید آب AWG در شهرهای مورد بررسی به طور متوسط حدود ۱۶۵٪ بهبود یافت.

شوریده و همکاران [۲۸] نمونه اولیه یک مولد آب جوی در مقیاس کوچک (AWG) که از اثر پلتیر برای خنک‌سازی استفاده می‌کند را طراحی و ساختند. آنها از یک روش طراحی سیستماتیک استفاده کردند و رفتارهای سیستم AWG را با استفاده از اندازه‌گیری ظرفیت خنک‌کاری و ضریب عملکرد (COP) کولر ترموالکتریک (TEC) بررسی کردند. به همین ترتیب، یک مدل ریاضی که از دمای سیال اطراف و نسبت رطوبت نسبی به عنوان نیروی محرکه انتقال گرما و جرم استفاده می‌کند، برای بهینه‌سازی و طراحی سطوح گسترش‌یافته مستطیل شکل و تخمین نرخ تولید آب استفاده کردند. از سیستم AWG تکمیل شده، که در یک محفظه پرینت سه بعدی شده قرار دارد، برای بررسی تجربی تأثیر تغییر سرعت جریان هوا، رطوبت و جریان TEC بر میزان تولید آب استفاده کردند. آزمایشات آنها تأیید کرد که قرار دادن فن ورودی در برخی موارد تولید آب را کاهش می‌دهد. عملکرد آب با رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. همچنین نشان دادند که افزایش جریان تک TECها منجر به افزایش نرخ تولید آب می‌شود. باین حال، این افزایش با مصرف انرژی مخصوص بالاتر و در نتیجه کاهش COP همراه است.



شکل ۱-۲. نمونه AWG [۳۳]

افزایش سریع جمعیت جهانی و رشد اقتصادی منجر به کمبود جدی آب در بسیاری از کشورها شده است. یکی از راه حل ها برداشت آب از طریق رطوبت‌زدایی از هوای محیط توسط چگالش است. با این حال، مشابه سیستم تهویه مطبوع سنتی، برای خنک کردن هوا تا دمای نقطه شبنم برای رطوبت‌زدایی، انرژی زیادی در فرآیند چگالش لازم است. بنابراین، ژائو و همکاران [۲۹] یک سیستم ترکیبی از رطوبت-زدایی و برداشت رطوبت غشا فیبر الیاف توخالی را پیشنهاد دادند، که نه تنها باعث رطوبت‌زدایی هوا می‌شود بلکه همچنین برای تولید آب تمیز به طور همزمان رطوبت را برداشت می‌کند. نیروی محرک برای نفوذ بخار آب از ترکیب هوای چرخشی خشک و یک فشار خلا کوچک ۰/۱۷ بار حاصل شد. نتایج محاسبه آنها نشان داد که سیستم غشایی پیشنهاد شده، نه تنها هوای خنک تازه تولید می‌کند بلکه آب تمیز را با حداقل انرژی چگالیده می‌کند. این دستگاه ۱ متر مکعب هوای خنک تازه فقط در ۸/۰ کیلوژول تولید می‌کند در حالی که سیستم تهویه مطبوع سنتی به ۱۰/۵۵ کیلوژول نیاز دارد که به معنای صرفه‌جویی در مصرف انرژی تا ۲۴/۳ درصد است. علاوه بر این، همچنین آب تمیز محصول جانبی دستگاه آنها است. محاسبه آنها نشان داد که فقط ۶۸۷/۴ کیلوژول برای تولید یک کیلوگرم آب

تمیز صرف می‌شود در حالی که برای انجام مستقیم همین کار از هوای اتمسفر به ۱۱۲۵ کیلوژول نیاز است. بنابراین، سیستم غشایی پیشنهادی آنها، ۳۸/۹ درصد در مصرف رطوبت صرفه‌جویی می‌کند.

الاشماوی [۳۰] برای اولین بار و به‌عنوان منبع جایگزین آب قابل بوت شدن، استخراج آب از هوای اتمسفری را با استفاده از آب‌شیرین‌کن خورشیدی لوله‌ای به‌صورت آزمایشگاهی تحت شرایط بسیار مرطوب هوای مرطوب (۱۲٪) از شهر هیل، عربستان سعودی (N ۲۷/۶۴، E ۴۱/۷۵) آزمایش کرد. او از یک دهانه مستطیل شکل با بستر پارچه‌ای نخی مشکی پر شده از ماده خشک‌کن کلرید کلسیم استفاده کرد. دستگاه او مجهز به یک فن کوچک هوا برای گردش هوای محیط درون لوله در ساعات شب بود (روند جذب). فرایند جذب تحت ۵ شرایط مختلف سرعت هوا (طبیعی، ۰/۵، ۱، ۳ و ۴ متر بر ثانیه) آزمایش شد. فن خارج شده و طرف لوله در طی ساعات روز بسته می‌شود و باعث تبخیر آب از محلول خشک‌کن می‌شود، بخار بر روی سطح داخلی لوله چگالیده می‌شود (فرایند بازسازی) و به خارج دستگاه استخراج می‌شود. آب تبخیر شده در پایان روند بازآفرینی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که حداکثر تولید آب ۴۶۷ میلی‌لیتر در مترمربع در روز برای ۴ متر در ثانیه سرعت هوا با ۲۵ درصد راندمان حرارتی، درحالی‌که حداقل تولید ۲۳۰ میلی‌لیتر در مترمربع در روز برای گردش هوای طبیعی با ۱۲/۲ درصد بازده حرارتی بود. هزینه تولید آب برای گردش طبیعی هوا ۰/۴ دلار / لیتر و برای سرعت هوای ۴ متر بر ثانیه ۰/۲ دلار در لیتر بود. مطالعه او امکان استخراج آب از مناطق کم رطوبت در مکان‌های کویری را اثبات کرد. دستگاه پیشنهادی او هنوز برای رسیدن به اندازه کافی بالغ به تلاش تحقیقاتی بیشتری نیاز دارد. دستگاه پیشنهادی او را می‌توان بدون نیاز به زیرساخت مستقیماً در مکان‌های کویری استفاده کرد.

کمبود آب یک نگرانی فعلی و یک مشکل آینده است. برداشت آب از هوا (AWH) یک راه‌حل پیشنهادی جدید برای تأمین آب کافی برای نیازهای انسان به‌ویژه در مناطق دور است. با این حال، مواد جاذب یکی از اجزای چالش‌برانگیز این سیستم‌ها است. به‌طور کلی، یک جاذب مناسب باید دارای ظرفیت جذب آب بالا، دمای بازسازی کم و ساختار جایگزینی آسان، مناسب برای استقرار در بستر باشد. انتظاری

و همکاران [۳۱] سه کامپوزیت نمد فعال کربنی^۹ با ساختار لایه‌ای را سنتز کرده و پتانسیل آنها را برای استفاده در سیستم‌های AWH تجزیه و تحلیل کردند. عملکرد این کامپوزیت‌های ACF در مورد سه نمک مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجربی نشان داد که بالاترین ظرفیت ۲/۹ گرم آب در هر گرم جاذب در ۷۰ درصد رطوبت نسبی بدون هیچ‌گونه نشتی است. همچنین، پارامترهای منافذ، جذب نامتعادل و متعادل، دمای بازتولید، قابلیت بازیافت و نفوذ حرارتی نمونه‌ها مورد آزمایش قرار گرفتند. آنها همچنین چرخه ترمودینامیکی سیستم را مورد مطالعه قرار داده و یک چرخه جذب سه‌فازی در مطالعه خود ارائه دادند. تجزیه و تحلیل دقیق نشان داد که استفاده ترکیبی از فرایند جذب - جذب می‌تواند ظرفیت جذب را به طور گسترده‌ای بهبود بخشد. مطالعات تجربی و نظری ثابت کرد که این کامپوزیت‌ها مواد بسیار امیدوارکننده‌ای برای کاربردهای برداشت آب هستند. برای نشان دادن توانایی این مواد، آنها نمونه اولیه‌ای ارائه دادند که این مواد را به عنوان ماده خشک‌کننده خود پیشنهاد می‌کند. نمونه کوچک آنها توانست به طور خودکار ۱/۵۱ گرم آب شیرین در هر چرخه در هر گرم جاذب با رطوبت نسبی ۷۰٪، بدون هیچ‌گونه درگیری انسانی برداشت کند.

جاذب‌های بخار آب با ظرفیت جذب آب بالا و به‌ویژه سینتیک جذب / دفع بخار سریع، گلوگاه تولید آب تمیز مطلوب در AWG شده‌اند. لی و همکاران [۳۲] جاذب بخار نانو جدیدی را تشکیل دادند که از یک کپسول توخالی نانوکربن با LiCl در داخل هسته خالی ساخته شده است. جاذب می‌تواند بخار آب موجود در هوای محیط را تا ۱۰۰٪ از وزن خود تحت ۶۰٪ رطوبت نسبی ظرف ۳ ساعت گرفته و در مدت زمان فقط نیم‌ساعت تحت تابش نور خورشید به سرعت آب جذب شده را آزاد کند. یک دستگاه AWG به صورت دسته‌ای قادر به انجام ۳ دوره جذب/دفع در طی ۱۰ ساعت در طی یک روز آزمون در شرایط خارج از منزل بود و ۱/۶ کیلوگرم آب/کیلوگرم جذب تولید کرد. آنها نمونه اولیه دستگاه AWG را طراحی، ساخته و با موفقیت نشان دادند، و به روش احتمالی استقرار گسترده AWG برای اهداف عملی اشاره داشتند.

⁹ Active Carbon Felt (ACF)

مرادی و همکاران [۳۳] یک آب سردکن آشامیدنی اداری را به دستگاه جذب رطوبت تبدیل کردند. اواپراتور نوع مخزنی آب سردکن جدا شده و یک اواپراتور لوله‌پره‌ای نصب شد. یک کانال در ورودی اواپراتور نصب شد. یک فن، یک رطوبت‌ساز با دمای خنک و یک هیتر در داخل این کانال نصب شد، که می‌توان با آن میزان رطوبت و تولید گرما را تنظیم کرد. چندین فشار سنج در مکانهای مختلف سیکل نصب شده و عملکرد سیکل را هنگام کار کنترل می‌کنند. تغییرات فشار در مکانهای مختلف سیکل در شرایط مختلف هوای ورودی اندازه‌گیری شد. MHI^{10} به عنوان نسبت آنتالپی چگالش به کل گرمای داده شده تعریف شد. تغییرات این شاخص با تغییر شرایط ورودی ارزیابی شد. نتایج آنها نشان داد که با افزایش دمای هوا، فشار کندانسور و اواپراتور افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از آب جذب شده در MHI های مختلف نشان داد که با افزایش این شاخص، مقدار آب جذب شده افزایش می‌یابد. نمودار آب جذب شده بر اساس MHI می‌تواند برای تخمین میزان آب جمع‌شده از این دستگاه در شرایط مختلف آب و هوایی استفاده شود. آنها مقدار آب جمع شده از این دستگاه را برای چندین شهر مختلف ایران ارائه کردند. نتایج نشان داد که در MHI های بالا برای دستگاهی با یک‌چهارم اسب بخار، نرخ تولید آب می‌تواند به ۲۵۰ گرم در ساعت برسد. همچنین اگر دستگاه در این شرایط به طور مداوم کار کند، می‌تواند روزانه حدود ۴ کیلوگرم آب تولید کند.

تو و هوآنگ [۳۴] روش‌های مؤثر برداشت آب از هوا برای استفاده مسکونی در مناطق خشک آب و هوایی را مورد بحث و بررسی قرار دادند. یک فرآیند دستکاری هوا برای مرطوب‌سازی هوا از طریق چرخ‌های خشک‌کن چند مرحله‌ای قبل از رطوبت‌زدایی توسط اواپراتور برای برداشت آب پیشنهاد دادند. این روش نه تنها دمای تبخیر را افزایش می‌دهد بلکه میزان برداشت آب (WHR)^{۱۱} را نیز بسیار افزایش می‌دهد. آنها دو پیکربندی چرخ خشک‌کننده چند مرحله‌ای را مقایسه کرده و ساختار چرخ خشک‌کن مناسب، طول و تعداد مراحل را پیشنهاد دادند. در مورد سیستم انرژی، دو پیکربندی سیستم پمپ

¹⁰ Moisture Harvesting Index (MHI)

¹¹ Water Harvesting rate (WHR)

حرارتی (HPS)^{۱۲} مقایسه شده و بازیابی گرما بسیار توصیه می‌شود، که می‌تواند عملکرد سیستم را حدود ۷۰٪ افزایش دهد. آنها همچنین اثرات دمای چگالش و نسبت رطوبت خروجی هوا را پس از برداشت آب بر راندمان برداشت آب و WHR^{۱۳} مورد مطالعه قرار دادند. هنگامی که شرایط محیط ۴۰ درجه سانتیگراد و ۵ گرم بر کیلوگرم باشد، پیشنهاد می‌شود تحت شرایطی عمل کنید که $w_{reg,out}$ ۶ گرم بر کیلوگرم و t_c ۹۰ درجه سانتیگراد باشد. WHR و WHE^{۱۴} می‌تواند به ترتیب به ۳۲.۵ کیلوگرم در ساعت و ۱.۲۶ کیلوگرم کیلووات ساعت برسد. عملکرد سیستم، که MSDW-2 و HPS-2 را تصویب می‌کند، تحت شرایط مختلف محیط مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت، محدوده‌هایی با WHE بالا برای محدوده‌های مختلف $w_{reg,out}$ خلاصه شد.

وو و همکاران [۳۵] دستگاهی به نام "شتاب‌دهنده هواشناسی برای برداشت آب از هوا با استفاده از یک برج بسیار بلند که در آن هوای گرم و مرطوب از پایین وارد می‌شود و تا قسمت بالای آن توسط نیروی شناوری بالا می‌رود، پیشنهاد دادند. این دستگاه AeAc^{۱۵} اصول کاری مشابه با نیروگاه‌های برق دودکش خورشیدی (SCPP)^{۱۶} دارد. آنها یک مدل ریاضی برای محاسبه انرژی پتانسیل و آب قابل تولید در محیط‌های مختلف ایجاد کردند. نتایج محاسبه آنها نشان داد که ابرها در داخل و خارج از دودکش ایجاد می‌شوند و گرمای نهان آزاد شده توسط بخار می‌تواند به طور محسوسی باعث افزایش توان خروجی SCPP اصلاح شده شود. با یک روش جمع‌آوری آب مناسب، این سیستم می‌تواند آب و انرژی تجدیدپذیر بدون کربن را برای مصارف مسکونی و کشاورزی تأمین کند. مطالعه آنها این چشم‌انداز را باز می‌کند که با بهبودهای جزئی، با استفاده از این سازه‌های بلند مهندسی، تولید انرژی قابل‌توجه و آب شیرین می‌تواند ممکن شود.

¹² Heat Pump Systems (HPS)

¹³ Water Harvesting Ratio (WHR)

¹⁴ Water Harvesting Efficiency (WHE)

¹⁵ Aerological Accelerator (AeAc)

¹⁶ Solar Chimney Power Plant (SCPP)

فصل ۳: ساخت دستگاه

۱-۳ مقدمه

در پژوهش حاضر به طراحی و ساخت دستگاه استحصال آب از رطوبت هوا پرداخته شده است، به علت ابعاد کوچک دستگاه استحصال آب می‌تواند در اندازه کوچک و قابل حمل طراحی شود. در این فصل تجهیزات آزمایشگاهی به کاررفته در سیستم تولید آب و دستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترهای آزمایشگاهی بررسی می‌شود. همچنین چگونگی انجام آزمایش و اندازه‌گیری کمیت‌های دما، رطوبت و دبی هوا تشریح خواهد شد. در انتها به بررسی خطای تجهیزات آزمایشگاهی در داده‌های به دست آمده خواهیم پرداخت.

۲-۳ طرح کلی دستگاه

در این پایان‌نامه دستگاهی با ابعاد آن $50 \times 75 \times 110$ سانتی‌متر طراحی و ساخته شده است. هدف از ساخت این دستگاه تولید آب مصرفی حدود ۲۰ لیتر در روز برای یک خانه می‌باشد. طبق مطالعات صورت گرفته از پژوهش‌های گذشته، مشاهده شده است که مقدار شدت مصرف انرژی برای دستگاه‌های مشابه ساخته شده در بازه‌ی بین ۰/۲۵ تا ۱/۵ کیلووات در هر ساعت برای تولید یک لیتر آب می‌باشد که در این پایان‌نامه بر اساس عدد ۰/۷ کیلو وات ساعت به ازای هر لیتر، گرمای نهان آب به دست می‌آید که با استفاده از آن و مقدار COP، انرژی سرمایشی مورد نیاز و همین‌طور توان مورد نیاز کمپرسور محاسبه می‌شود.

گرمای نهان آب از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L_v = 0.7 KWh * 3600s = 2520 \frac{KJ}{Kg} \quad (3-1)$$

مقدار سرمایش مورد نیاز از رابطه زیر یافت می‌شود:

$$Q_l = 20L * 2520 \frac{KJ}{Kg} = 50400 KJ \approx 0.6 KW \quad (3-2)$$

COP را ۲ در نظر می‌گیریم و با استفاده از فرمول‌های زیر توان کمپرسور مورد نیاز را به دست

می‌آوریم:

$$W = \frac{Q_l}{COP} = \frac{0.6}{2} = 0.32KW \approx 0.5HP \quad (3-3)$$

باتوجه به محاسبات صورت گرفته و کمپرسورهای موجود در بازار، کمپرسور ۰/۵ اسب بخار برای

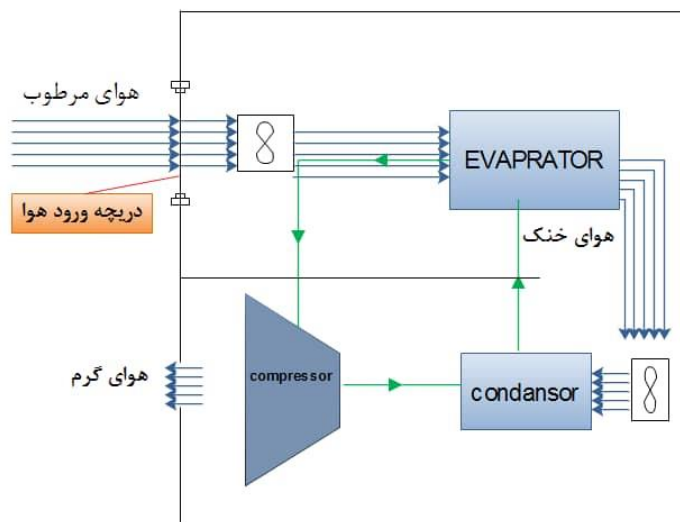
این دستگاه تهیه شده است. کندانسور هم باتوجه به نوع کمپرسور، ۰/۵ اسب بخار می‌باشد. اما اواپراتور

به دلیل اینکه سطح بیشتری داشته باشد $\frac{3}{4}$ اسب بخار می‌باشد.

۳-۳ نحوه کار سیکل تبرید در دستگاه تولید آب از رطوبت هوا

در شکل ۱-۳ طرح شماتیک طراحی شده دستگاه تولید آب از رطوبت هوا نمایش داده شده که تجهیزات

مختلفی را که در این سیستم به کار رفته و محل استقرار آنها دیده می‌شود.



شکل ۱-۳. شماتیک مجموعه آزمایشگاهی

سیال عامل (مبرد R-134a) درون سیکل پس از گرم شدن در اواپراتور به صورت بخار در می‌آید

و به سمت کمپرسور هدایت می‌شود. در کمپرسور مبرد بخار شده به صورت بخار با فشار بالا به سمت

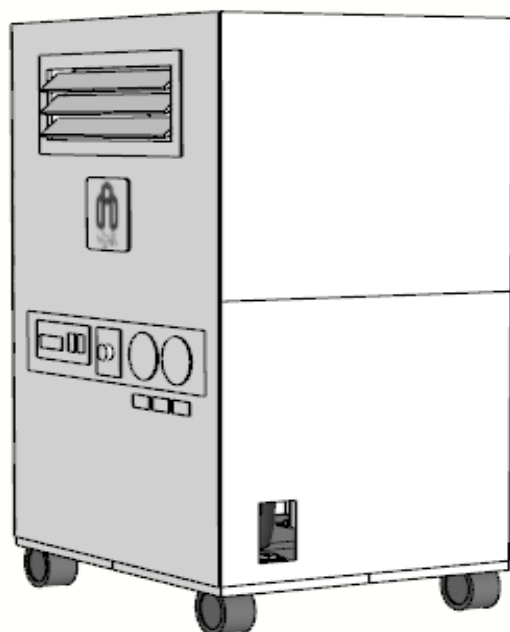
کندانسور حرکت می‌کند و در کندانسور بخار فشار بالا به مایع اشباع تبدیل می‌شود و مجدداً این مایع به سمت اواپراتور هدایت شده و سیکل ادامه پیدا می‌کند.

هوای مرطوب بیرون از طریق فن با دور فن متغیر وارد اواپراتور می‌شود. این هوای مرطوب به وسیله اواپراتور خنک شده و میعان می‌شود. سپس هوای خنک به سمت کندانسور و کمپرسور هدایت می‌شود و همزمان مانع گرم شدن بیش از حد کمپرسور نیز می‌شود.

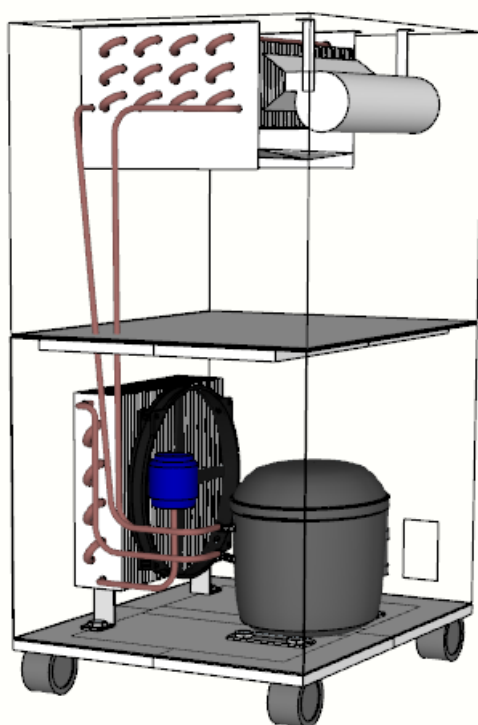
۴-۳ طراحی اولیه دستگاه

در شکل ۲-۳ طرح اولیه دستگاه تولید آب از رطوبت هوا در محیط نرم افزار Sketch Up Pro نمایش داده شده است که در آن می‌توان تجهیزات مختلفی را که در این دستگاه به کار گرفته شده با توجه به ابعاد و اندازه آن‌ها و محل استقرار آن‌ها و همچنین قالب کلی دستگاه تولید آب را دید.

طراحی به گونه‌ای صورت گرفته است که امکان ورود هوا از یک دریچه وجود دارد. هوا در بخش بالای دستگاه از روی اواپراتور عبور می‌کند. آب تولیدی در زیر اواپراتور و درون یک مخزن جمع‌آوری می‌شود. در بخش پایین دستگاه نیز کندانسور و کمپرسور قرار دارد. همان‌طور که گفته شده یک فن وظیفه برقراری جریان هوا از روی کندانسور و به طور همزمان خنک کاری کمپرسور را بر عهده دارد. ابعاد حدودی دستگاه ۵۰*۷۵*۱۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. توضیحات اجزای دستگاه در بخش بعد ارائه می‌شود



الف



ب

شکل ۲-۳. الف) نمای بیرونی ب) نمای داخلی طراحی دستگاه

۳-۵ مشخصات اجزای دستگاه

تجهیزات بکار رفته در این آزمایش شامل: کمپرسور، کندانسور، اواپراتور می باشد. وسایل اندازه گیری از قبیل: فن، کنترلر دور فن، رطوبت سنج، دماسنج، هات فیلم، مولتی متر که در ادامه به آنها پرداخته شده است.

۳-۵-۱ کمپرسور

کمپرسور وسیله ای است که نمونه ای را در حالت گازی فشرده می کند و حجم آن را کاهش می دهد. سپس فشار و دمای آن نمونه افزایش می یابد. طبقه بندی کمپرسورها بر اساس نوع کارکردشان به دودسته تقسیم می شوند:

الف- جابه جایی مثبت^{۱۷}:

۱- رفت و برگشتی^{۱۸} یا سیلندر پیستونی

۲- تیغه ثابت^{۱۹}

۳- اسکرول^{۲۰}

۴- اسکرو^{۲۱}

۵- مداری^{۲۲}

ب- دینامیکی چرخشی^{۲۳}:

۱- سانتریفیوژ^{۲۴}

¹⁷ Positive displacement

¹⁸ Reciprocating

¹⁹ Stationary vane

²⁰ Scroll

²¹ Screw

²² Orbital

²³ Rotor-dynamic

²⁴ Centrifugal

۲- جریان محوری^{۲۵}

در این پایان نامه از کمپرسوری رفت و برگشتی با قدرت یکدوم اسب بخار که ساخت شرکت آمریکایی تکامسه^{۲۶} می باشد استفاده شده است.



شکل ۳-۳. کمپرسور رفت و برگشتی و جوشکاری لوله های مسی ورودی و خروجی

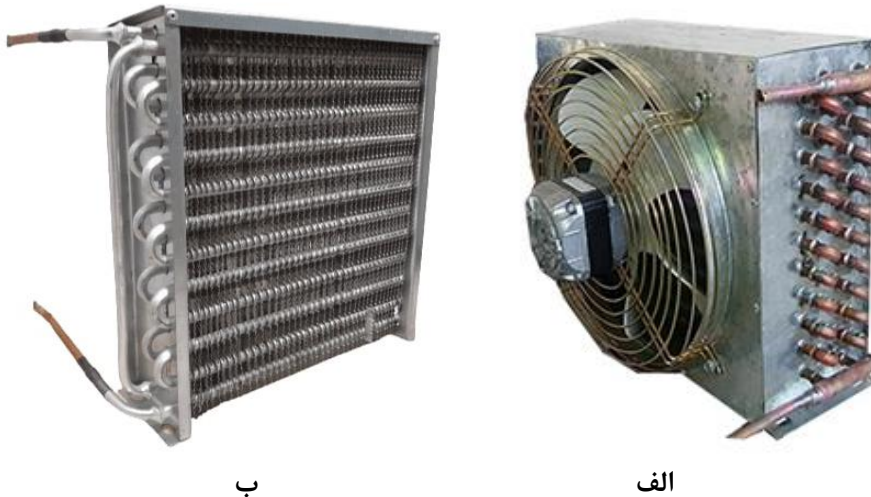
۲-۵-۳ کندانسور و اواپراتور

هر دو نوعی مبدل حرارتی هستند که در سیکل تبرید با جذب و دفع گرما باعث ایجاد برودت می شوند. اواپراتور وسیله ای است که مبرد در آن تبخیر می شود و چون عمل تبخیر یک عمل گرماگیر است حرارت را از اطراف خودش جذب می کند. مبرد سپس در کندانسور تقطیر می شود یعنی از حالت گاز به مایع تبدیل می شود. این عمل گرماده است و حرارتی که در اواپراتور جذب شده در کندانسور دفع می شود. انواع کندانسور از نظر ساختار عبارت اند از: کندانسور آبی (آب خنک)، هوایی (هوا خنک) و تبخیری کندانسور دستگاهی است که از لوله های (کوئل های) پر پیچ و خمی تشکیل شده که سیال کاری با دمای بالا در آن به سه روش حرارت خود را از دست می دهد تا به مایع تبدیل شود (تقطیر) که

²⁵ Axial flow

²⁶ Tecumseh

این سه روش عبارتند از: ۱- آب خنک (آبی) ۲- هواخنک (هوایی) ۳- تبخیری (ترکیبی) که اگر سیال خنک‌کننده آن آب باشد به آن کندانسور آبی، اگر هوا باشد کندانسور هوایی و اگر هم آب و هم هوا باشد کندانسور تبخیری گویند.



شکل ۳-۴. الف) اوپراتور ب) کندانسور به همراه فن مورد استفاده در دستگاه

۳-۵-۳ فیلتر درایر

فیلتری است که در حقیقت جداکننده رطوبت و ناخالصی‌های موجود در مبرد است. فیلتر درایر آلکو از محصولات برودتی معتبر به شمار می‌رود و یکی از محصولات شناخته شده این شرکت می‌باشد. لازم به ذکر است که شرکت آلکو از زیر مجموعه‌های شرکت امرسون^{۲۷} می‌باشد.



شکل ۳-۵. فیلتر درایر آلکو

۳-۵-۴ فن استوانه‌ای و دیمر کنترل سرعت

فن استوانه‌ای با نام فن جریان متقابل در بازار شهرت دارد. در لاتین به نام CROSS FLOW یا Tangential معروف است. این فن متشکل از یک بدنه استوانه‌ای، یک بوبین، پروانه، دو بوش (که در سروه آن قرار می‌گیرد) است. در ساخت این دستگاه از فن استوانه‌ای که توسط کمپانی بنیس وارد کشور می‌شود استفاده شده است.

دیمر فن وسیله‌ای است که عموماً برای کنترل سرعت فن استفاده می‌شود. این کنترلر در بیشتر موارد در توان‌های پایین ساخته می‌شود. دیمر فن در دو مدل تک‌فاز و سه‌فاز ساخته می‌شود. در این پایان‌نامه از دیمر فن ساخت کارخانه دلند استفاده شده است.



الف



ب

شکل ۳-۶. الف) فن استوانه‌ای ب) دیمر کنترل سرعت فن

۳-۶ سیستم‌های اندازه‌گیری

۳-۶-۱ رطوبت‌سنج

دماسنج و رطوبت‌سنج HTC-2 برای اندازه‌گیری دما و رطوبت محیط بکار می‌رود. این دماسنج دارای دو سنسور دما و یک سنسور رطوبت داخلی می‌باشد. سنسور دمای اول داخلی بوده و سنسور دمای دوم دارای سیم ۱.۵ متری می‌باشد. این ترمومتر دیجیتال محیطی به‌صورت رومیزی و یا دیواری قابل‌استفاده

می‌باشد. این رطوبت‌سنج دیجیتالی محیط دارای تاریخ و ساعت و حافظه ماکزیمم و مینیمم می‌باشد.

دستگاه با یک باتری نیم قلمی چندین ماه کار می‌کند. مشخصات فنی دستگاه عبارت‌اند از:

جدول ۱-۳. مشخصات فنی رطوبت‌سنج دیجیتالی

اندازه‌گیری دمای داخلی	-۱۰ تا +۵۰ درجه سانتی‌گراد
اندازه‌گیری دمای خارجی	-۵۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد
دقت اندازه‌گیری دما	۱ درجه سانتی‌گراد
اندازه‌گیری رطوبت	۹۹-۱۰ درصد
دقت اندازه‌گیری رطوبت	۵درصد
نوع حافظه	دارای حافظه ماکزیمم و مینیمم گیری برای دما و رطوبت
ابعاد	105*100 میلی‌متر
دقت سنجش	±1 درجه سانتی‌گراد
صفحه‌نمایش	LCD
طول عمر باتری	1620
وزن	130 گرم
نوع دماسنج	دیجیتال
منبع انرژی	باتری AAA 1.5V



شکل ۷-۳. رطوبت سنج HTC_2

۲-۶-۳ دماسنج

دماسنج وسیله‌ای است که از آن برای اندازه‌گیری دما استفاده می‌کنیم. در این پایان‌نامه چهار عدد دماسنج مدل ZU-1 که دارای سنسور بیرونی می‌باشد، استفاده شده است. این دماسنج‌ها به ترتیب روی لوله ورودی اواپراتور، لوله خروجی اواپراتور، لوله ورودی کندانسور و لوله خروجی کندانسور به وسیله چسب، چسبانده شده و با یک لایه عایق پوشانده شده است. مشخصات این دماسنج عبارت است از:

جدول ۲-۳. مشخصات دماسنج

ابعاد	15×28×48 میلی‌متر
وزن	13 گرم
نحوه سنجش	دیجیتال
دقت سنجش	1 درجه سلسیوس
نوع دماسنج	دیجیتال
صفحه‌نمایش	LCD
ضد آب	خیر
هشدار دمای غیرمجاز	ندارد
قابلیت خاموشی خودکار	ندارد
منبع تغذیه	2 عدد باتری AG13
طول عمر باتری	۲ سال ساعت



شکل ۳-۸. دماسنج مدل ZU-1

۳-۶-۳ گیج فشار

گیج فشار یا پرشر گیج یک دستگاه خاص برای اندازه‌گیری فشار است که امکان استفاده از آن در سیستم‌های لوله‌کشی یا در یک مخزن وجود دارد و تغییرات فشار در شرایط مختلف را دنبال می‌کند. جهت اندازه‌گیری فشارمبرد ورودی کمپرسور و خروجی آن به ترتیب از گیج‌های روغنی فشار بالا و پایین ساخت کمپانی‌های yonchi و techno cool استفاده کردیم.



شکل ۳-۹. گیج‌های روغنی فشار بالا و پایین

۳-۶-۴ سرعت سنج باد (Anemometer)

سرعت‌سنج باد با پراب تلسکوپی مدل ar866a ساخت شرکت KEYENCE یک بادسنج رشته حرارتی بادقت بسیار بالا می‌باشد. پروب تلسکوپی بادسنج ar866a برای اندازه‌گیری مجاری تهویه مطبوع و سایر منافذ کوچک ایده‌آل است. در سرعت‌های خیلی کم باد، می‌توان از دماسنج استفاده کرد.

این بادسنج دارای پراب باریک می‌باشد که در اندازه‌گیری در شبکه‌های مشبک و دیفوزرها مناسب می‌باشد. استفاده از رشته‌های حرارتی به همراه ترمسیتور استاندارد در بادسنج مدل ar866a باعث شده که سرعت و دقت اندازه‌گیری افزایش یابد.

از دیگر امکانات این سرعت‌سنج باد می‌توان به قابلیت ذخیره و بازخوانی حداکثر و حداقل مقدار اندازه‌گیری شده و همچنین نگهداری داده‌ها اشاره کرد.

بادسنج ar866a دارای ریزپردازنده است که باعث شده بیشترین دقت ممکن را داشته باشد و ویژگی‌ها و امکانات ویژه‌ای را برای این بادسنج فراهم کرده است.

سنسور دمایی که برای اندازه‌گیری دما تعبیه شده است باعث شده که زمان لازم برای پاسخ‌دهی به حداقل مقدار ممکن کاهش یابد.

کمترین و بیشترین جریان قابل اندازه‌گیری به ترتیب ۰/۳ و ۳۰ متر بر ثانیه می‌باشد. نوع سنسور آن Hot wire بوده و قابلیت اندازه‌گیری دما را نیز دارد. واحدهای اندازه‌گیری آن ft/min , km/h , m/s knots می‌باشد.



شکل ۱۰-۳. سرعت سنج باد مدل ar866a

۵-۶-۳ اندازه‌گیری مصرف برق

برای اندازه‌گیری مقدار جریان و ولتاژ مصرفی از مولتی متر دیجیتالی اتورنج VC97 ساخت شرکت ویکتور استفاده شده است. مولتی متر دیجیتال اتورنج سلکتوری DC، AC مدل VC97 کارخانه Victor

جزء یکی از کاربردی‌ترین و اصلی‌ترین تجهیزات دقیق تست و اندازه‌گیری جهت تعمیرات، تولید و راه‌اندازی در آموزشگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها، صنایع، کارخانجات، کارگاه‌های تولیدی و تعمیرگاه‌های برق و الکترونیک محسوب می‌شود و از طریق آن می‌توان ولتاژ، جریان، مقاومت الکتریکی، ظرفیت خازنی، فرکانس و دما را اندازه‌گیری نمود.



شکل ۱۱-۳. مولتی متر دیجیتالی اتورنچ VICTOR VC97

۶-۶-۳ اندازه‌گیری تولید

تولید دستگاه در یک مخزن که زیر اواپراتور تعبیه شده است جمع‌آوری می‌شود. اما در حین انجام آزمایش‌ها باتوجه‌به اینکه در فاصله زمانی کوتاه باید تولید اندازه‌گیری شود، برای اندازه‌گیری مقدار آب تولیدی از بشر مدرج ۱ لیتری که زیر صفحه زیرین اواپراتور تعبیه شده است استفاده شده است. با ثبت زمان و حجم آب تولید میزان تولید لحظه‌ای محاسبه می‌گردد. در شکل ۱۲-۳ تصویری از نحوه اندازه‌گیری تولید لحظه‌ای دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۳. نحوه اندازه گیری تولید لحظه آب در دستگاه

۷-۳ نصب تجهیزات

استراکچر دستگاه از جنس قوطی‌های آلومینیومی است که با استفاده از میله‌گرد و واشر به یکدیگر کلاف شده‌اند. ابعاد دستگاه ۵۰*۷۵*۱۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. استراکچر دارای دو واحد بالا و پایین است. در واحد بالا یک عدد فن استوانه‌ای در مقابل اواپراتور قرار گرفته است. در قسمت بالای اواپراتور یک صفحه تخت از جنس گالوانیزه نصب شده است. در قسمت زیرین اواپراتور هم یک عدد صفحه از جنس گالوانیزه وجود دارد که هم شیب عرضی و هم شیب طولی به آن داده شده است تا آب تولید شده توسط اواپراتور را در یک نقطه متمرکز کرده و به سمت ظرفی از جنس گالوانیزه با حجم حدود ۱۵ لیتر که در زیر این صفحه تعبیه شده است، هدایت کند.

در واحد پایینی دستگاه، کمپرسور، کندانسور، فن، درایر وجود دارد که با اواپراتور، از طریق لوله‌های مسی جوش داده شده، متصل می‌باشند. بین این دو واحد فضایی تعبیه شده است تا هوای خنک خروجی از اواپراتور به واحد پایین هدایت شود تا بتوان کمپرسور را نیز خنک نگه داشت.

فضای بیرونی استراکچر با ورق‌های آلومینیومی پوشیده شده است. در قسمت جلوی دستگاه، دو عدد گیج فشار بالا و پایین، سه عدد دماسنج، یک عدد ترموستات و یک عدد هم دیمر فن جاگذاری شده است.



شکل ۳-۱۳. ساخت استراکچر و نصب تجهیزات اصلی



شکل ۳-۱۴. پوشش دهی و تصویر نهایی از دستگاه

فصل ۴ : نتایج

۱-۴ مقدمه

در استحصال آب از رطوبت هوا پارامترهایی از قبیل رطوبت نسبی، دما و دبی هوای عبوری، نقش مؤثری در بازده سیستم تولید آب ایفا می کنند. در این فصل تأثیر هر یک از این پارامترها نشان داده می شود، نتایج ابتدا به صورت جدول و در ادامه در نمودارهایی جداگانه نشان داده می شوند، هر یک از پارامترها با میزان تولید لحظه ای و تجمعی آب مقایسه می شوند تا تأثیر مثبت یا منفی هر پارامتر در تولید آب مشخص شود.

۲-۴ نحوه انجام آزمایش ها

پارامترهای اندازه گیری شده در جدول ۴-۱ آورده شده است. این اندازه گیری با توجه به پارامترهای متغیر دور فن مینیوم و ماکزیمم، دما و رطوبت در دو منطقه آزادشهر و پاقله به دست آمده است. شهرستان آزادشهر واقع در استان گلستان و در فاصله ۷۵ کیلومتری از مرکز استان قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۰ متر می باشد و مختصات جغرافیایی آن ۵۵ درجه و ۴ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی می باشد. نوع اقلیم این منطقه معتدل و مرطوب است.

روستای پاقله واقع در شهر رامیان در استان گلستان می باشد. ارتفاع این روستا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا است و مختصات جغرافیایی آن ۵۵ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی می باشد. نوع اقلیم این منطقه معتدل می باشد.

نحوه آزمایش به این صورت است که دستگاه روشن شده و در بازه های ۱۵ دقیقه ای تمامی متغیرها اندازه گیری می شوند. مشاهده می شود فشارهای بالا و پایین دستگاه بعد از حدود ۳۰ دقیقه به صورت پایا در می آیند و دماهای اندازه گیری شده نیز تقریباً در یک محدوده می باشند. سعی شده است آزمایش ها تا ۱ ساعت و ۴۵ دقیقه به طول بینجامد. آب تولید شده نیز در یک بشر یک لیتری مندرج ریخته شده و اطلاعات مربوط به آن در تمامی بازه ها یادداشت شده است.

جدول ۴-۱. پارامترهای اندازه‌گیری شده و واحد آن‌ها

متغیرهای اندازه‌گیری شده	واحد	متغیرهای اندازه‌گیری شده	واحد
دمای مبرد ورودی اواپراتور	°C	فشار بالا	bar
دمای مبرد خروجی اواپراتور	°C	فشار پایین	bar
دمای مبرد خروجی کندانسور	°C	شدت جریان	A
دمای مبرد ورودی کندانسور	°C	دمای محیط	°C
تولید	CC	رطوبت محیط	%
رطوبت هوای خروجی اواپراتور	%	دمای هوای خروجی اواپراتور	°C

۳-۴ داده‌های اندازه‌گیری شده از دستگاه

داده‌هایی که از دستگاه اندازه‌گیری شده در جداول ۴-۲ تا ۴-۵ برای دو موقعیت مکانی پاقله و آزادشهر

نشان داده شده است. پارامترها با توجه به دو دور فن مینی‌م و ماکزیمم که سرعت آن‌ها به ترتیب ۰/۹۴

و ۱/۲۵ متر بر ثانیه می‌باشد، اندازه‌گیری شده است.

جدول ۴-۲. داده‌های اندازه‌گیری شده در روستای پاقله در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۵ با دور فن مینی‌م

زمان	Time	15:30	15:45	16:00	16:16	16:30	16:45	17:00	17:17
دمای ورودی اواپراتور (°C)	Te,in	6	8	9	9	9	8	8	8
دمای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	16.3	13	12.8	11.3	11.3	9.8	10	9.3
دمای خروجی کندانسور (°C)	Tc,out	39.2	44.4	46.2	45.7	46.9	46.2	45.7	42.7
دمای ورودی کندانسور (°C)	Tc,in	43.5	63.3	71.2	73	74.7	75.4	75.1	75.3
فشار بالا (bar)	High p	15.2	18	19.5	19.5	20	19.5	19.5	19.5
فشار پایین (bar)	Low p	1.3	1.7	1.9	1.95	2	2	2	2
شدت جریان (A)	I	4.5	4.65	4.75	4.79	4.83	4.81	4.79	4.83
دمای محیط (°C)	Tamb	26.9	25.9	26.1	26.3	26.3	26.1	24.8	24.5
رطوبت محیط	Φamb	43	46	45	43	42	43	47	46
دمای هوای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	11.3	12.1	12.7	12	10	7.5	7	6.7
رطوبت هوای خروجی اواپراتور	Φe,out	37	33	27	34	30	33	32	36
تولید (cc)		0	0	0	0	50	100	150	190

جدول ۳-۴. داده‌های اندازه‌گیری شده در روستای پاقلعه در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۶ با دور فن ماکزیمم

زمان	Time	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45
دمای ورودی اواپراتور (°C)	Te,in	5	8	8	9	9	10	10	9
دمای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	18.8	17.3	17	17.2	17	17.3	17.3	17.2
دمای خروجی کندانسور (°C)	Tc,out	36.8	42.3	44.1	44.3	44.8	45.1	44.7	44.3
دمای ورودی کندانسور (°C)	Tc,in	42.7	64.3	70.7	74.2	76.3	77.3	77.2	77.5
فشار بالا (bar)	High p	14.5	18.5	19.5	20	20	20	20	20
فشار پایین (bar)	Low p	1.1	1.8	2	2	2	2.1	2.1	2
شدت جریان (A)	I	4.25	4.76	4.81	4.87	4.92	4.91	4.92	4.97
دمای محیط (°C)	Tamb	24.7	21.1	24	24	21.7	22.2	23.1	20.2
رطوبت محیط	Φamb	48	56	52	49	49	56	52	50
دمای ورودی اواپراتور (°C)	Te,in	24.7	21.1	24	24	21.7	22.2	23.1	20.2
دمای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	9.9	7.7	6.8	5.7	5.6	5.9	6.9	6.1
تولید (cc)		0	0	30	90	140	200	250	330

جدول ۴-۴. داده‌های اندازه‌گیری شده در شهر آزادشهر تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۴ با دور فن مینیمم و ولتاژ ۲۲۲/۱

زمان	Time	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30
دمای ورودی اواپراتور (°C)	Te,in	12	13	13	14	13	14	14	14
دمای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	24.1	20.4	20.8	20.5	19.7	19.3	19.4	19.1
دمای خروجی کندانسور (°C)	Tc,out	46.4	48.4	51.2	51.3	51.6	53.2	52	52.5
دمای ورودی کندانسور (°C)	Tc,in	57.5	71.6	78	82.4	83.5	84.7	84.9	85.3
فشار بالا (bar)	High p	19	21	22	23	22.5	23	23	23
فشار پایین (bar)	Low p	1.9	2	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
شدت جریان (A)	I	5.09	5.22	5.32	5.3	5.23	5.25	5.33	5.34
دمای محیط (°C)	Tamb	28.9	27.1	23.1	25	27.4	28.6	24.7	23.7
رطوبت محیط	Φamb	67	73	85	73	66	65	77	80
دمای ورودی اواپراتور (°C)	Te,in	28.9	27.1	23.1	25	27.4	28.6	24.7	23.7
دمای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	14.5	10	9.7	9.6	8.7	8.3	9	9.4
رطوبت خروجی اواپراتور	Φe,out	35	42	43	37	36	38	39	42
تولید (cc)		0	20	80	200	310	430	550	680

جدول ۵-۴. داده‌های اندازه‌گیری شده در شهر آزادشهر تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۳ با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۲۴/۵

مکان	آزادشهر	تاریخ	1400/06/03	دور فن	max	ولتاژ	224.5		
زمان	Time	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30
دمای ورودی اواپراتور (°C)	Te,in	13	14	15	16	16	16	16	15
دمای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	26.7	24	23.3	23.2	33	23.3	23	22.1
دمای خروجی کندانسور (°C)	Tc,out	40.3	48	50.4	51.6	51.9	51.5	51.2	51.3
دمای ورودی کندانسور (°C)	Tc,in	45.4	65.9	76.6	82.2	84.5	85.4	86	86.2
فشار بالا (bar)	High p	15	20	22	23	23	23.5	23	23.5
فشار پایین (bar)	Low p	1	2	2.2	2.3	2.4	2.45	2.4	2.5
شدت جریان (A)	I	5.05	5.09	5.34	5.43	5.45	5.47	5.48	5.42
دمای محیط (°C)	Tamb	29.3	28.1	24.3	26.3	24.3	27.5	26.3	26.9
رطوبت محیط	Φamb	58	63	62	64	62	57	59	57
دمای ورودی اواپراتور (°C)	Te,in	29.3	28.1	24.3	26.3	24.3	27.5	26.3	26.9
دمای خروجی اواپراتور (°C)	Te,out	29.4	19	18.5	18.1	17.9	17.5	18	16.4
رطوبت خروجی اواپراتور (°C)	Φe,out	40	43	53	49	47	42	43	40
تولید (cc)		0	0	20	100	160	250	330	420

۴-۴ داده‌های محاسبه شده

در این بخش نمونه‌ای از محاسبات انجام گرفته آورده شده است.

فشار هوا در آزادشهر و پاقلعه به ترتیب به طریق زیر محاسبه شده است:

$$p = p_0 - \rho gh \quad (۴-۱)$$

با استفاده از نمودار سایکرومتریک با وارد کردن دمای ورودی و خروجی اواپراتور و رطوبت ورودی

و خروجی اواپراتور، رطوبت مطلق ورودی و خروجی محاسبه شده است که بترتیب در جدول ۴-۴ تا ۴-۴

۹ آورده شده است.

جدول ۴-۶. رطوبت مطلق در شهر پاقلعه در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۵ با دور فن مینیمم و ولتاژ ۲۱۶/۸

مکان	پاقلعه	تاریخ	1400/05/25	دور فن	min	ولتاژ	216.8		
زمان	Time	15:30	15:45	16:00	16:16	16:30	16:45	17:00	17:17
رطوبت مطلق ورودی (g/kg)	ω_{in}	9.19	7.68	11.4	10.5	10.3	10.4	10.5	10.1
رطوبت مطلق خروجی (g/kg)	ω_{out}	3.5	3.3	2.8	3.3	2.6	2.4	2.2	2.5

جدول ۴-۷. رطوبت مطلق در شهر پاقلعه در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۶ با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۱۵/۶

مکان	پاقلعه	تاریخ	1400/05/26	دور فن	max	ولتاژ	215.6		
زمان	Time	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45
رطوبت مطلق ورودی (gr/kg)	ω_{in}	10.73	10.05	11.15	10.5	9.11	10.77	10.55	8.47
رطوبت مطلق خروجی (gr/kg)	ω_{out}	3.29	3.05	2.59	2.33	2.45	2.63	2.53	2.67

جدول ۴-۸. رطوبت مطلق در شهر آزادشهر در تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۴ با دور فن مینیمم و ولتاژ ۲۲۲/۱

مکان	آزادشهر	تاریخ	1400/06/04	دور فن	min	ولتاژ	222.1		
زمان	Time	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30
رطوبت مطلق ورودی (gr/kg)	ω_{in}	17.33	16.99	15.55	14.96	15.6	16.5	15.51	15.17
رطوبت مطلق خروجی (gr/kg)	ω_{out}	3.67	3.27	3.28	2.8	2.56	2.63	2.84	3.14

جدول ۴-۹. رطوبت مطلق در شهر آزادشهر در تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۰۳ با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۲۴/۵

مکان	آزادشهر	تاریخ	1400/06/03	دور فن	max	ولتاژ	224.5		
زمان	Time	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30
رطوبت مطلق ورودی (gr/kg)	ω_{in}	15.3	15.51	12.13	14.15	12.13	13.51	13.02	13.03
رطوبت مطلق خروجی (gr/kg)	ω_{out}	10.53	6.02	7.21	6.49	6.14	5.35	5.65	4.74

چگالی هوا با استفاده از دمای میانگین ورودی و خروجی اواپراتور به صورت زیر محاسبه می شود:

$$p = \rho RT \rightarrow \rho = \frac{p}{RT} \quad (۴-۲)$$

تولید تئوری و مقدار تولید عملی نیز بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\dot{m}_{air} = \rho AV \quad (4-3)$$

$$\text{تولید تئوری} = \dot{m}_{air}(W_1 - W_2) \quad (4-4)$$

توان مصرفی نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = VI \quad (4-5)$$

متوسط توان مصرفی نیز به صورت میانگین تمامی توان‌های محاسبه شده می‌باشد.

شدت مصرف انرژی نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{شدت مصرف انرژی} = \frac{\text{توان مصرفی}}{\text{تولید در ساعت}} \quad (4-6)$$

۴-۵ ارزیابی سیکل تبرید با استفاده از نرم‌افزار solkane

نرم‌افزار solkane توسط شرکت solvay ساخته شده است که در بیشتر کارخانجات سازنده دستگاه

تبرید تراکمی نظیر انواع چیلر و پکیج‌های انبساط مستقیم استفاده می‌شود و از طریق آن می‌توان

تحلیلی بر محاسبه آیت‌های سیکل نظیر راندمان دستگاه و آنتالپی، آنتروپی، دبی سیال و سایر مشخصات

آن داشت.

محاسباتی با استفاده از نرم‌افزار solkane روی داده‌هایی که در حالت پایا هستند صورت گرفته

شده که به ترتیب در جداول ۴-۱۰ تا ۴-۱۳ آورده شده است:

جدول ۱۰-۴. داده‌های نرم‌افزاری در شهر پاقلعه با دور فن مینی‌م و ولتاژ ۲۱۶/۸

66.37	66.37	66.37	°C	دمای اشباع فشار بالا
-10.08	-10.08	-10.08	°C	دمای اشباع فشار پایین
19.38	20.08	19.88	K	سوپرهیت
23.67	20.67	20.17	K	ساب کول
942.4296	934.6248	938.5272	W	توان ترمودینامیکی
2.13	2.03	2.03	KW	توان سرمایش
2.26	2.18	2.18		COP
14.343	14.13	14.13	g/s	m dot ref

جدول ۱۱-۴. داده‌های نرم‌افزاری در شهر پاقلعه با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۱۵/۶

67.48	67.48	67.48	°C	دمای اشباع فشار بالا
-10.08	-8.83	-8.83	°C	دمای اشباع فشار پایین
27.28	26.13	26.13	K	سوپرهیت
23.18	22.78	22.38	K	ساب کول
964.3788	954.6768	952.7364	W	توان ترمودینامیکی
2.13	2.15	2.15	KW	توان سرمایش
2.22	2.27	2.26		COP
13.931	14.129	14.186	g/s	m dot ref

جدول ۱۲-۴. داده‌های نرم‌افزاری در شهر آزادشهر با دور فن مینی‌م و ولتاژ ۲۲۲/۱

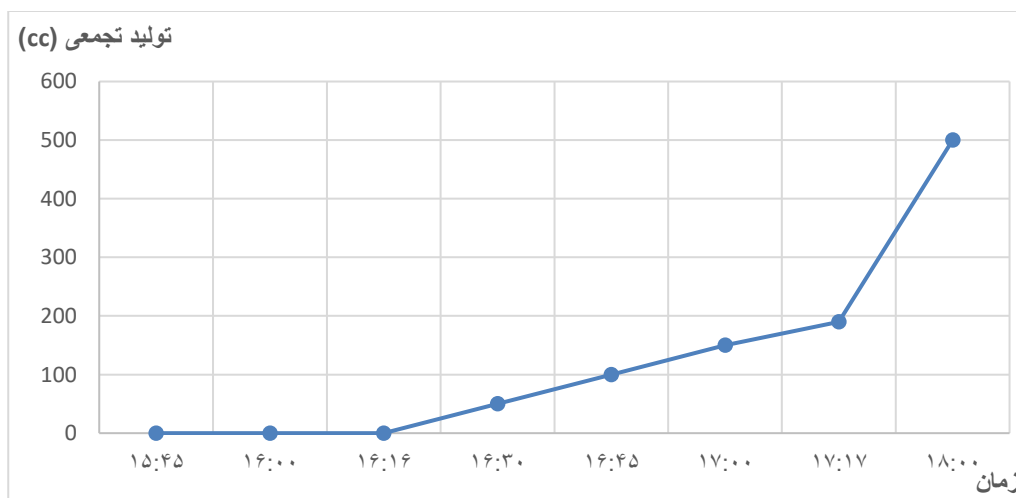
73.74	73.74	73.74	°C	دمای اشباع فشار بالا
-5.37	-5.37	-5.37	°C	دمای اشباع فشار پایین
24.47	24.77	24.67	K	سوپرهیت
21.24	21.74	20.54	K	ساب کول
1067.413	1065.414	1049.423	W	توان ترمودینامیکی
2.25	2.25	2.2	KW	توان سرمایش
2.11	2.13	2.1		COP
15.941	15.824	15.689	g/s	m dot ref

جدول ۱۳-۴. داده‌های نرم‌افزاری در شهر آزادشهر با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۲۴/۵

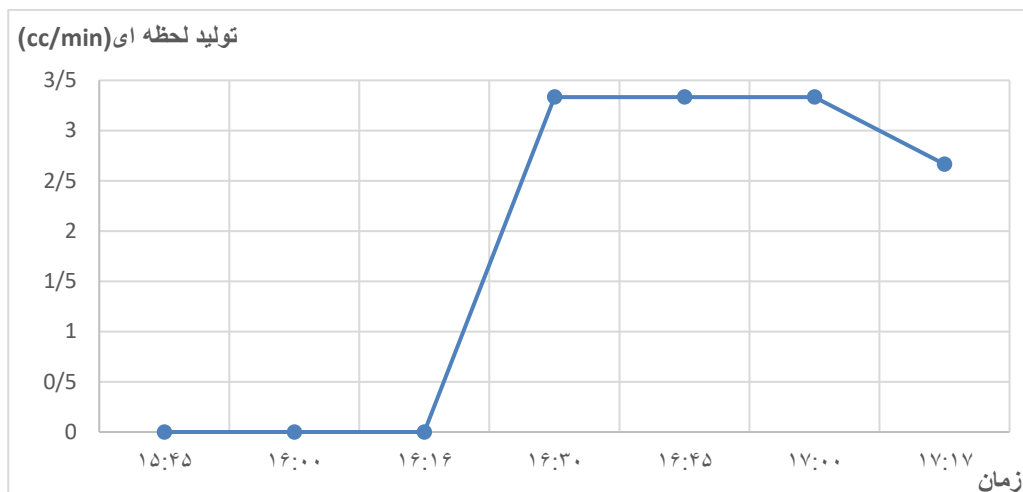
74.73	73.74	74.73	°C	دمای اشباع فشار بالا
-4.28	-5.37	-4.82	°C	دمای اشباع فشار پایین
26.38	28.37	28.12	K	سوپر هیت
23.43	22.54	23.23	K	ساب کول
1095.111	1107.234	1105.214	W	توان ترمودینامیکی
2.37	2.38	2.37	KW	توان سرمایش
2.18	2.16	2.15		COP
16.296	16.236	16.201	g/s	m dot ref

۴-۶ نتایج آزمایش‌ها

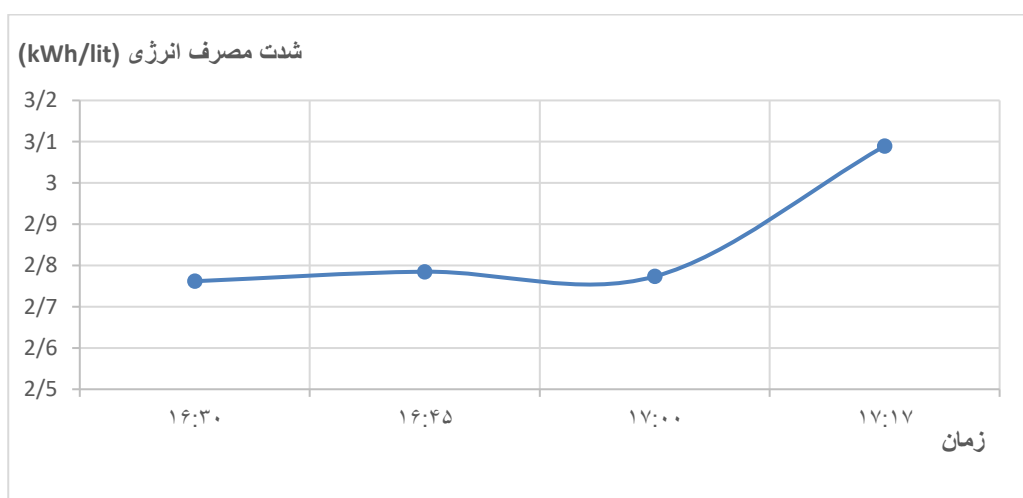
در نمودارهای ۴-۱ تا ۴-۴ ارتباط بین پارامترهای به دست آمده بررسی شده است. آزمایشات به صورت نمودار نشان داده شده که در آن پارامترهای اصلی شامل تولید تجمعی تولید لحظه‌ای و شدت مصرف انرژی برای هر آزمایش محاسبه شده است.



الف



ب



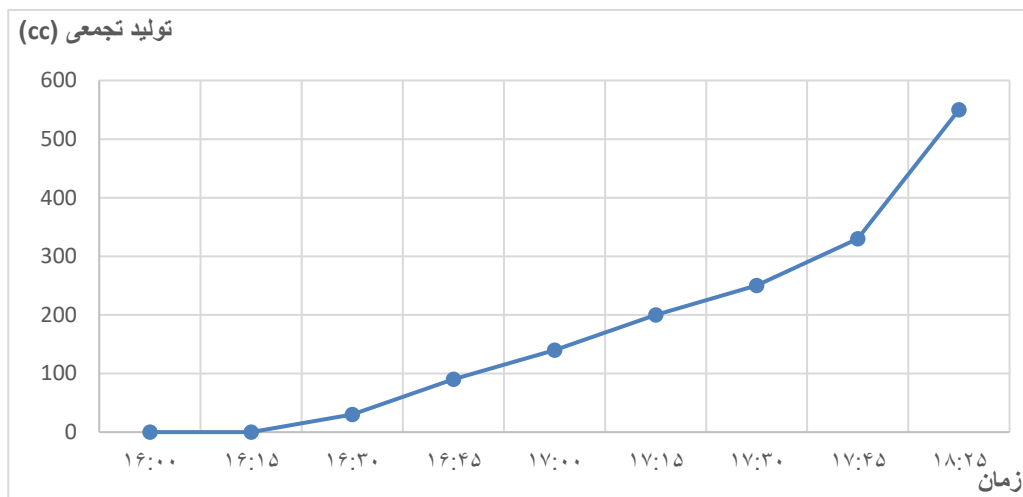
ج

شکل ۴-۱. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه‌ای و ج) شدت مصرف انرژی در روستای پاقلعه با دور فن مینی‌م و ولتاژ ۲۱۶/۸

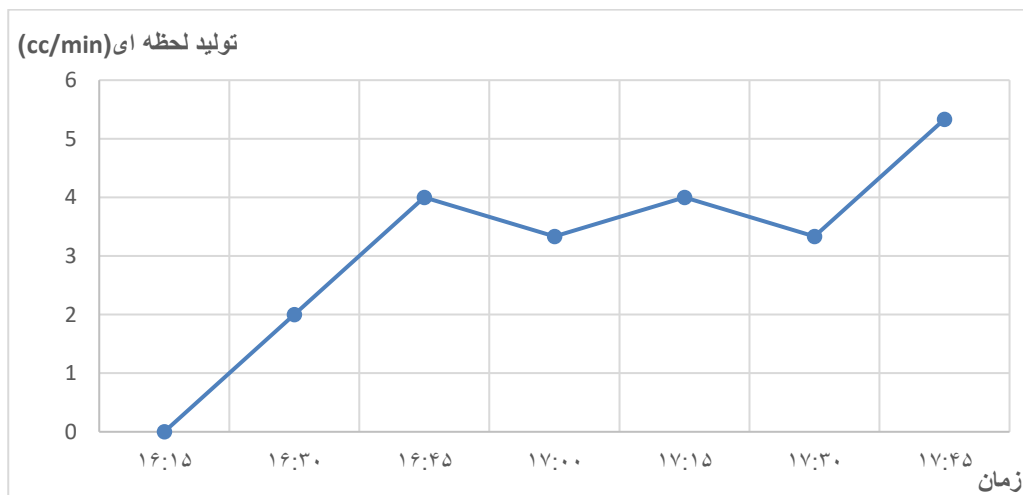
در نمودار تولید تجمعی مشاهده می‌شود که دستگاه از ساعت ۱۵:۴۵ روشن شده و در دو بازه زمانی ابتدایی، اواپراتور شروع به یخ‌زدگی می‌کند و دستگاه قادر به تولید آب نبوده است. در مابقی بازه‌های زمانی آب تولید شده است. پس از اتمام آزمایش و خاموش شدن دستگاه نیز یخ موجود در اواپراتور دستگاه ذوب شده و به آب تبدیل می‌شود.

در نمودار تولید لحظه‌ای مشاهده می‌گردد که تولید آب در محدوده ۳ تا ۳/۵ سی سی در هر دقیقه می‌باشد.

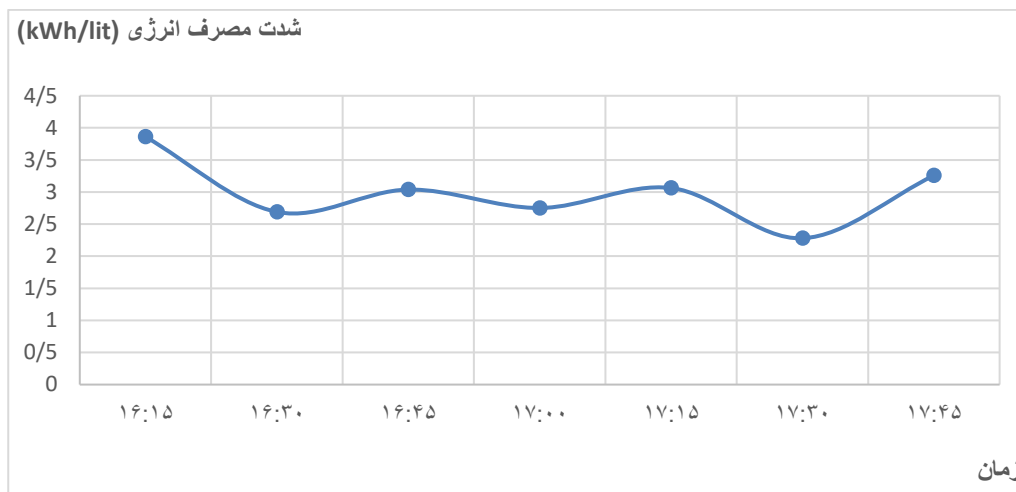
در نمودار شدت مصرف انرژی دیده می‌شود که محدوده شدت مصرف، اغلب نزدیک به ۲/۷ کیلووات ساعت به ازای تولید هر لیتر آب می‌باشد. در سه بازه زمانی ابتدایی به دلیل اینکه تولید نداشته‌ایم شدت مصرف انرژی نیز آورده نشده است.



الف



ب



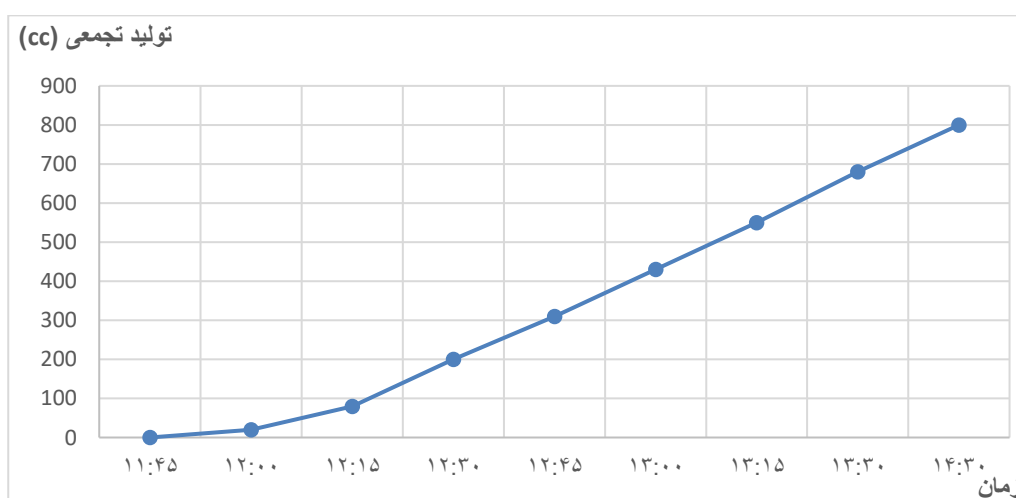
ج

شکل ۲-۴. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه‌ای و ج) شدت مصرف انرژی در روستای پاقلعه با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۱۵/۶

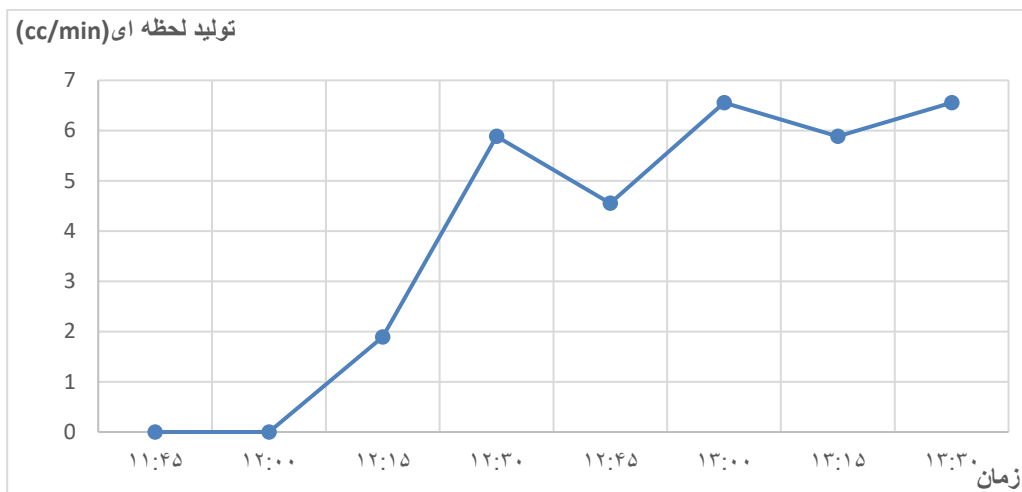
باتوجه به نمودار تجمعی مشاهده می‌شود که در بازه زمانی ابتدایی، اواپراتور شروع به یخ‌زدن می‌کند و در بازه‌های زمانی بعدی یخ، ذوب شده و رفته‌رفته آب تولید می‌شود. پس از اتمام آزمایش نیز یخ موجود در اواپراتور آب شده و آب تولید شده اندازه‌گیری شده است.

طبق نمودار تولید لحظه‌ای، دیده می‌شود که محدوده تولید آب حدود ۴ سی‌سی در دقیقه می‌باشد.

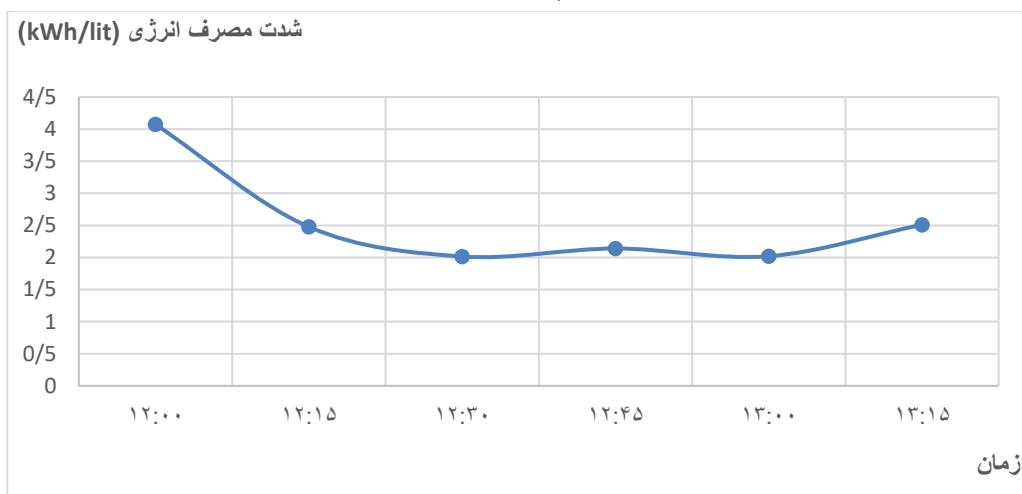
در نمودار شدت مصرف انرژی نیز دیده می‌شود که محدوده شدت مصرف انرژی حدود عدد ۳ کیلووات در ساعت به‌ازای هر لیتر را نمایش می‌دهد.



الف



ب

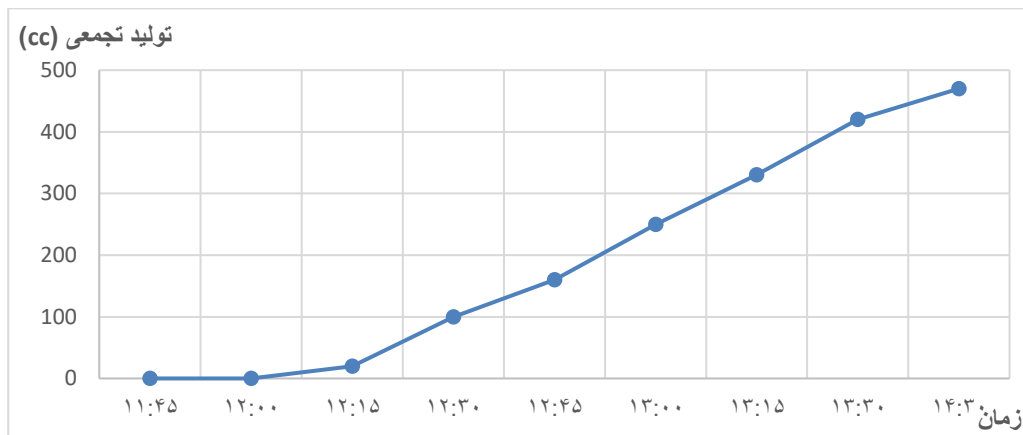


ج

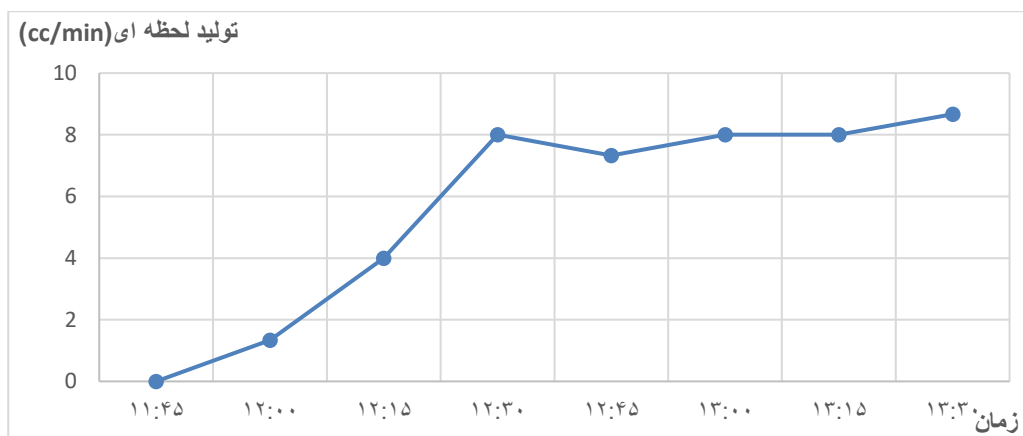
شکل ۳-۴. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه‌ای و ج) شدت مصرف انرژی در شهر آزادشهر با دور فن مینیوم و ولتاژ ۲۲۲/۱

در نمودار تولید تجمعی دیده می‌شود که با روشن شدن دستگاه، اواپراتور شروع به یخ‌زدن می‌کند و در بازه زمانی دوم آب تولید می‌شود. دستگاه پس از یک ساعت و چهل و پنج دقیقه ۸۰۰ سی‌سی آب تولید می‌کند.

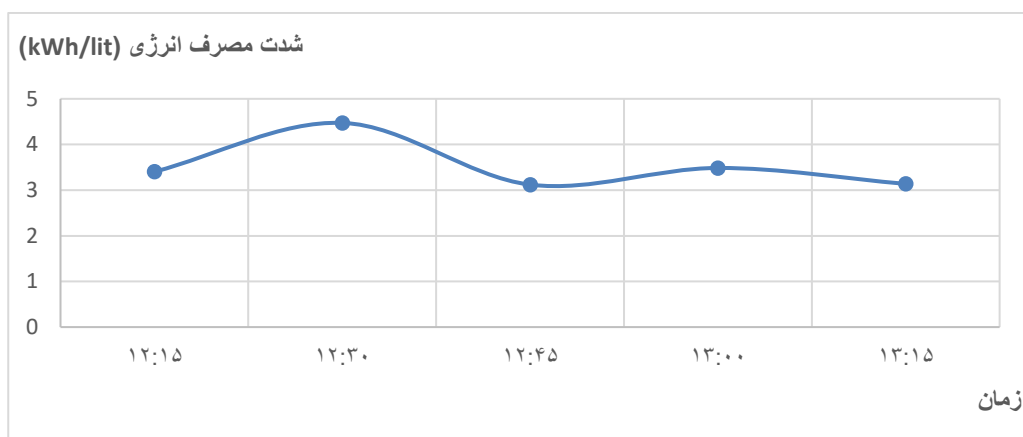
در نمودار لحظه‌ای مشخص است که تولید لحظه‌ای آب در محدوده ۶ سی‌سی در دقیقه می‌باشد. شدت مصرف انرژی نیز در حالتی که دستگاه حالت پایا دارد، اغلب در محدوده ۲ کیلووات در ساعت به‌ازای تولید هر لیتر می‌باشد.



الف



ب



ج

شکل ۴-۴. تولید آب الف) تجمعی و ب) لحظه ای و ج) شدت مصرف انرژی در شهر آزادشهر با دور فن ماکزیمم و ولتاژ ۲۲۴/۵

باتوجه به نمودار تولید تجمعی مشاهده می‌گردد که در دو بازه زمانی ابتدایی اواپراتور در حال یخ‌زدگی می‌باشد و در باقی بازه‌ها رفته‌رفته یخ ذوب می‌شود و حدود ۵۰۰ سی‌سی آب تولید می‌شود. از نمودار تولید لحظه‌ای می‌توان دریافت که تولید لحظه‌ای آب در محدوده ۸ سی‌سی در دقیقه می‌باشد.

در نمودار شدت مصرف انرژی مشاهده می‌گردد که شدت مصرف انرژی در محدوده ۳/۵ کیلووات در ساعت به‌ازای تولید هر لیتر آب می‌باشد.

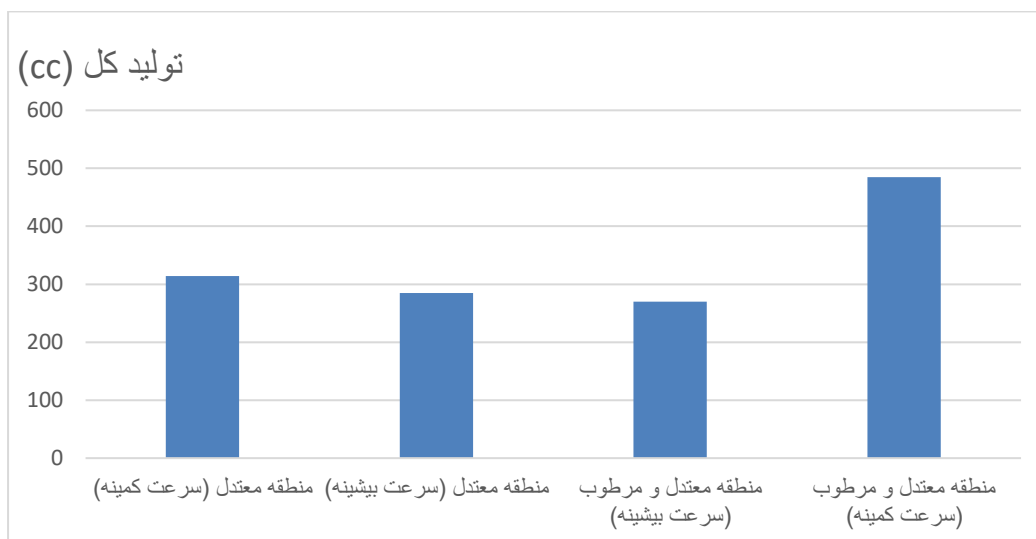
۱-۶-۴ ارزیابی مقدار آب تولید شده و شدت مصرف انرژی توسط

دستگاه تولید آب در منطقه معتدل و منطقه معتدل و مرطوب

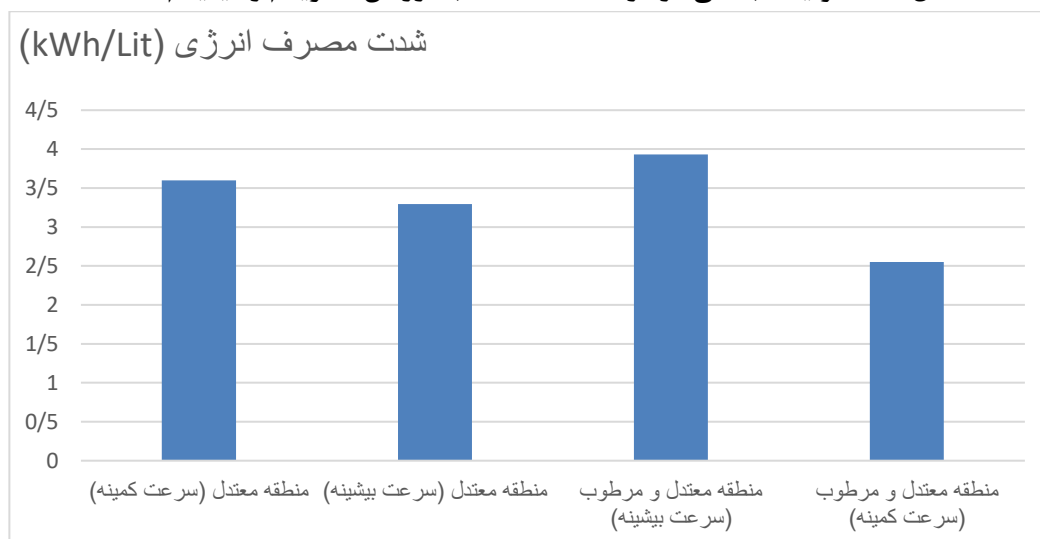
تولید آب و شدت مصرف انرژی به‌طور کلی در جدول ۴-۱۴ و نمودارهای ستونی ۴-۵ و ۴-۶ آورده شده است. همانطور که مشخص است تولید آب کلی در منطقه معتدل و مرطوب با سرعت فن مینیمم بیشترین مقدار را داشته و کمترین مصرف انرژی نیز مربوط به همین منطقه بوده است.

جدول ۴-۱۴. داده‌های آزمایشی در دو منطقه مختلف با دور فن ماکزیمم و مینیمم

نوع اقلیم	سرعت فن	دمای متوسط	رطوبت نسبی	تولید	شدت مصرف انرژی
		(C)	(%)	(cc/lit)	(kWh/Lit)
منطقه معتدل	سرعت کمینه	۲۶	۴۴	۳۱۴	۳/۶
منطقه معتدل	سرعت بیشینه	۲۲	۵۱/۵	۲۸۵	۳/۳
منطقه معتدل و مرطوب	سرعت کمینه	۲۶/۶	۶۰	۴۸۵	۲/۵
منطقه معتدل و مرطوب	سرعت بیشینه	۲۶	۷۳/۵	۲۷۰	۳/۹



شکل ۴-۵. تولید آب کلی در دو منطقه مختلف با دور فن ماکزیمم و مینیمم



شکل ۴-۶. شدت مصرف انرژی در دو منطقه مختلف با دور فن ماکزیمم و مینیمم

برای مقایسه بهتر عملکرد دستگاه، از معیاری بی بعد به نام GOR استفاده کرده‌ایم. GOR در واقع نسبت تولید آب به انرژی مصرفی دستگاه می‌باشد که اغلب در آب‌شیرین‌کن‌ها از این معیار استفاده می‌شود. اگر بخواهیم GOR را برای این سیستم انتخاب کنیم، محدوده آن از 0.2 تا 0.3 می‌باشد. محدوده GOR این دستگاه نسبت به آب‌شیرین‌کن‌ها مقدار کم‌تری است اما چون سیستم ما وظیفه تولید آب را بر دوش دارد، این محدوده توجیه دارد.

۲-۶-۴ مقایسه تولید آب و شدت مصرف انرژی دستگاه با سایر مراجع

دستگاهی در کشور کانادا تولید شده است که عملکردی مشابه دستگاه ساخته شده در این پایان نامه دارد و با استفاده از سیکل تبرید، از رطوبت هوا آب تولید می کند. باتوجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مشابه کشور کانادا با کشور ایران و همچنین آزمایش هایی که روی هر دو دستگاه انجام شده است، آنها را با یکدیگر مقایسه کردیم که در جدول ۴-۱۵ مشاهده می شود.

جدول ۴-۱۵. مقایسه تولید آب و شدت مصرف انرژی با توجه به نوع اقلیم در کشور ایران و کشور کانادا

نوع اقلیم	دمای هوا (°C)	رطوبت هوا (%)	رطوبت مطلق (gr/kg)	تولید آب (L/h)	انرژی مصرف شده (kWh/L)
معتدل و مرطوب در کانادا	۲۰	۷۵	۱۱/۰	۰/۴۸	۱/۴۹
معتدل در کانادا	۲۵	۵۰	۹/۹	۰/۲۹	۲/۵۲
معتدل در ایران	۲۶	۴۴	۱۰	۰/۳۱	۳/۶
معتدل و مرطوب در ایران	۲۷	۶۰	۱۶	۰/۴۸	۲/۵

باتوجه به اطلاعات درج شده در جدول بالا می توان اقلیم معتدل و مرطوب در کانادا را با اقلیم

معتدل و مرطوب در ایران و اقلیم معتدل در کانادا را با اقلیم معتدل در ایران مقایسه کرد.

طبق اطلاعات جدول ۴-۱۵ شدت مصرف انرژی در دستگاه تولید آب ساخته شده در ایران، عدد

بالاتری را نشان می دهد. این عدد بالا به خاطر نوع کمپرسور می باشد. باید در دستگاه از کمپرسورهای

نسل جدید استفاده شود. این کمپرسورها می توانند شدت مصرف انرژی را حتی تا نصف این مقدار هم

کاهش دهند.

۴-۷ بررسی اقتصادی دستگاه

۴-۷-۱ هزینه ثابت سالیانه

نرخ بهره نرخى است که بابت جلوگیری از کاهش ارزش پول پرداختی در زمان حال و دریافتی در آینده، در نظر گرفته می‌شود. هزینه متغیر به صورت سالیانه محاسبه شده است و تابع نهایی بر حسب تولید سالیانه می‌باشد، هزینه‌های ثابت نیز که در طول عمر مفید دستگاه که ۱۵ سال در نظر گرفته می‌شود، نیز باید به صورت معادل سالیانه تبدیل شود. قابل ذکر است هزینه نصب تمامی واحدها ۱۰ درصد هزینه ثابت سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شده است؛ لذا:

$$Cpital_{Cost} = 1.1(Cost_{Str} + Cost_{eva} + Cost_{cond} + Cost_{comp} + Cost_{fan} + Cost_{etc}) \quad (۴-۷)$$

با در نظر گرفتن نرخ بهره ۱۸٪ (I) در ایران و در کانادا ۵٪ و زمان کارکرد ۱۵ سال (n)، هزینه سالیانه ثابت کل عبارت است از:

$$Annual_{CC} = Cpital_{Cost} \left(\frac{I(1+I)^n}{(1+I)^n - 1} \right) \quad (۴-۸)$$

۴-۷-۲ هزینه نگهداری و تعمیرات

هزینه نگهداری و تعمیرات ۱۰٪ هزینه سرمایه‌گذاری اولیه سیستم در نظر گرفته شده است.

$$Cost_{MO} = 0.1 Cpital_{Cost} \quad (۴-۹)$$

۳-۷-۴ هزینه مصرف برق

کمپرسور، کندانسور، اواپراتور و فن در سیستم به انرژی الکتریکی نیازمند می‌باشند، برای محاسبه تابع هزینه انرژی الکتریکی با دانستن توان مصرفی موتور و سپس باتوجه به زمان استفاده آن‌ها در سال تابع هزینه کل برق را محاسبه کنیم.

میزان مصرف برق کمپرسور در طول کل ساعات یک سال با فرض ۲۰ ساعت کار در شبانه‌روز عبارت است از:

$$comp_{cons} = comp_{power} \times 20 \times 0.9 \times 365 \quad (۴-۱۰)$$

با در نظر گرفتن هزینه هر کیلووات ساعت برق مصرفی، هزینه الکتریسیته در یک سال برابر است با:

$$Cost_{Elec} = Comp_{cons} \times 100 \text{ ریال} \quad (۴-۱۱)$$

$$Cost_{Elec} = Comp_{cons} \times 0.011 \text{ دلار} \quad (۴-۱۲)$$

قیمت هر کیلووات ساعت برق خانگی در ایران طبق آخرین اعلام اداره برق برای مناطق عادی حدود ۱۰۰ تومان [۳۶] و در کانادا حدود ۱۱ سنت [۲۵] در نظر گرفته شده است. حال با محاسبه هزینه‌های متغیر که شامل هزینه تعمیرات و نگهداری و هزینه برق می‌باشد می‌توان تابع هزینه نهایی را محاسبه نمود.

۴-۷-۴ هزینه نهایی

با محاسبه تابع هزینه کل اولیه به صورت سالیانه و هزینه‌های متغیر به صورت سالیانه می‌توانیم تابع هزینه نهایی که شامل میزان هزینه یک سال بر میزان تولید آب (در ۹۰٪ ساعات کارکرد یک سال)، است را محاسبه کرد:

$$C_{fun} = \frac{Annula_{CC} + Variable_{Cost}}{(Pure_{Water}) \times 0.9} \left(\frac{\$}{Lit} \right) \quad (4-13)$$

تمامی هزینه‌ها به ریال ایران و دلار آمریکا در جدول ۴-۱۶ آورده شده است.

جدول ۴-۱۶ هزینه‌های دستگاه تولید آب

هزینه سرمایه‌گذاری	۸۴/۶۴۵/۰۰۰ ریال	۳۲۵/۵۵۷ دلار
هزینه ثابت سالیانه (بر اساس رابطه ۴-۸)	۱۷/۹۷۸/۵۹۸ ریال	۱۷/۰۹۱ دلار
هزینه نگهداری و تعمیرات سالیانه	۸/۴۶۴/۵۰۰ ریال	۳۲/۵۵۵ دلار
هزینه مصرف برق سالیانه	۶۵۷/۰۰۰ ریال	۷۲/۲۷ دلار
میزان تولید آب سالانه	۶۵۷۰ لیتر	۶۵۷۰ لیتر
هزینه نهایی تولید یک واحد آب	۸/۲۸۰ ریال بر لیتر	۰/۰۱۸ دلار بر لیتر

مشاهده می‌شود هزینه تولید یک لیتر آب توسط دستگاه ساخته‌شده، مبلغ ۸/۲۸۰ ریال و ۱۸ سنت آمریکا می‌باشد.

فصل ۵ : نتیجه گیری و پیشنهادها

۱-۵ نتیجه گیری

در تحقیق حاضر دستگاهی طراحی و ساخته شده است که می تواند رطوبت موجود در هوا را تبدیل به آب کند. می توان از این دستگاه در مناطق دورافتاده که تأمین انرژی در آن دشوار می باشد استفاده کرد. طراحی به گونه ای صورت گرفته است که امکان ورود هوا از یک دریچه وجود دارد. هوا در بخش بالای دستگاه از روی اواپراتور عبور می کند. آب تولیدی در زیر اواپراتور و درون یک مخزن جمع آوری می شود. در بخش پایین دستگاه نیز کندانسور و کمپرسور قرارداد. همان طور که گفته شده یک فن وظیفه برقراری جریان هوا از روی کندانسور و به طور همزمان خنک کاری کمپرسور را بر عهده دارد. ابعاد حدودی دستگاه ۵۰*۷۵*۱۱۰ سانتی متر می باشد. قالب و استراکچر دستگاه از جنس آلومینیوم ساخته شده است. این قالب قالب حمل و نقل بوده و وزن نسبتاً مناسبی دارد. آلومینیوم به علت زیبایی و وزن کمی که دارد مورد استفاده قرار گرفته است.

نحوه آزمایش به این صورت است که دستگاه روشن شده و در بازه های ۱۵ دقیقه ای تمامی متغیرها اندازه گیری می شوند. مشاهده می شود فشارهای بالا و پایین دستگاه بعد از حدود ۳۰ دقیقه به صورت پایا در می آیند و دماهای اندازه گیری شده نیز تقریباً در یک محدوده می باشند. سعی شده است آزمایش ها تا ۱ ساعت و ۴۵ دقیقه به طول بینجامد. آب تولید شده نیز در یک بشر یک لیتری مندرج ریخته شده و اطلاعات مربوط به آن در تمامی بازه ها یادداشت شده است.

در این پروژه ابتدا تأثیر دور فن در ساعات مختلف روز و همچنین تأثیر موقعیت جغرافیایی (دمای هوا، رطوبت هوا) در دو منطقه مختلف بر تولید آب بررسی شده و نتایج به دست آمده نشان دهنده تأثیر مستقیم این پارامترها در استحصال آب است.

داده هایی که از دستگاه اندازه گیری شده برای دو موقعیت مکانی پاقلعه و آزادشهر می باشد. پارامترها باتوجه به دو دور فن مینیمم و ماکزیمم که سرعت آن ها به ترتیب ۰/۹۴ و ۱/۲۵ متر بر ثانیه می باشد، اندازه گیری شده است.

این دستگاه در منطقه معتدل و مرطوب تا حدود ۱۲ لیتر در روز می‌تواند آب تولید کند. اما به دلیل اینکه هدف این آزمایش امکان‌سنجی کلی تولید آب بوده است و همین‌طور قیمت بالاتر کمپرسورهای نسل جدید، تصمیم گرفته شد از یک کمپرسور قدیمی استفاده شود. تغییر کمپرسور قدیمی با کمپرسور نسل جدید می‌تواند شدت مصرف انرژی را حدوداً تا نصف این مقدار کاهش دهد.

با فرض اینکه دستگاه ۹۰٪ روزهای سال را، روزی ۲۰ ساعت روشن باشد می‌توان سالیانه ۶۵۷۰ لیتر آب تولید کند.

مصرف انرژی در این دستگاه حدود ۱ کیلووات‌ساعت محاسبه شده است که با نصب کمپرسور با پرفورمنس بالاتر می‌توان شدت مصرف انرژی را کاهش داد.

باتوجه به دستگاه مشابه ساخته شده در کشور کانادا می‌توان اقلیم معتدل و مرطوب در کانادا را با اقلیم معتدل و مرطوب در ایران و اقلیم معتدل در کانادا را با اقلیم معتدل در ایران مقایسه کرد. مشاهده می‌شود شدت مصرف انرژی در دستگاه تولید آب ساخته شده در ایران، عدد بالاتری را نشان می‌دهد. این عدد بالا به خاطر نوع کمپرسور می‌باشد. باید در دستگاه از کمپرسورهای نسل جدید استفاده شود. این کمپرسورها می‌توانند شدت مصرف انرژی را حتی تا نصف این مقدار هم کاهش دهند. اما تولید آب در آن‌ها تقریباً یکسان می‌باشد.

تولید آب کلی در منطقه معتدل و مرطوب و معتدل با سرعت فن کمینه بیشترین مقدار را داشته است. با افزایش دما و افزایش میزان رطوبت مشاهده می‌شود که مقدار آب تولید شده افزایش می‌یابد. معیار GOR برای سنجش عملکرد این دستگاه محاسبه شده است. این معیار برای این دستگاه در محدوده بین ۰/۲ الی ۰/۳ می‌باشد. محدوده GOR این دستگاه نسبت به آب‌شیرین‌کن‌ها مقدار کم‌تری است اما چون سیستم ما وظیفه تولید آب را بر دوش دارد، این محدوده توجیه دارد.

با محاسبه هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه ثابت سالیانه، هزینه نگهداری و تعمیرات سالیانه، هزینه مصرف برق سالیانه و مقدار تولید آب سالیانه می‌توان هزینه نهایی برای تولید هر واحد آب توسط

این دستگاه را یافت که این مقدار باتوجه به نرخ بهره و تعرفه مصرف برق در ایران و کانادا به ترتیب ۸/۲۸۰ ریال و ۱۸ سنت می باشد.

۲-۵ پیشنهادها

- بهینه سازی ابعاد و دبی هوای ورودی سیستم، برای دستیابی به آب تولیدی بیشتر
- بهینه سازی در سطح اواپراتور
- استفاده از نسل جدید کمپرسورها برای کاهش شدت مصرف انرژی
- کوچک کردن ابعاد دستگاه برای جابه جایی آسان تر و کاهش وزن
- تحلیل عددی سیستم تولید آب از رطوبت هوا

مراجع

- [۱] محمدی ع، (۱۳۹۱)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "تولید آب با استفاده از تقطیر هوا در لوله های مدفون در زیرزمین"، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [2] <https://fa.wikipedia.org/wiki>.
- [3] <https://www.un.org.ir/job-opportunities/itemlist/tag/FAO> .
- [4] <http://www.tabnak.ir/fa/news/499677>.
- [۵] ببران ص. و هنریخش ن. (۱۳۸۷)، "بحران وضعیت آب در جهان و ایران. راهبرد"، ۴۸(۱): ۱۹۳-۲۱۲ p
- [۶] احسانی م. و خالدی ه، (۱۳۸۱)، "شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور"، یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- [۷] علمدار ع.ف، (۱۳۸۸)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "بررسی انواع آب شیرین کن های متداول و طراحی یک نمونه آب شیرین کن خورشیدی"، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [8] <https://www.havagerash.ir/post/224>
- [۹] قاضیان ا، (۱۳۸۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "استحصال آب از مه"، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- [10] Twomey S., (1957) "Precipitation by direct interception of cloud-water. Weather" 12(4), p. 120-122.
- [11] Gerard R.D. and Worzel J.L. (1967) "Condensation of atmospheric moisture from tropical maritime air masses as a freshwater resource" Science, 157(3794): p. 1300-1302.
- [12] Hellström B. " Potable water extracted from the air report on laboratory" expe19.
- [13] Mahvi A.H., Alipour V., and Rezaei L. (2013) "Atmospheric moisture condensation to water recovery by home air conditioners" American Journal of Applied Sciences, 10(8): p. 917.
- [14] Widegren, M., (1986) "Condensation Irrigation" A Desalination-Irrigations System.
- [15] Nordell B. (1987) " Design of climate system for Greenhouse in the north of Sweden" Lulea University of Technology, Sweden.
- [16] Lindblom, J. and Nordell B. (2006) " Water production by underground condensation of humid air" Desalination, 189(1-3): p. 248-260.
- [17] Atta, R.M. (2011) "Solar water condensation using thermoelectric coolers" The International Journal of Water Resources and Arid Environments, 1(2): p. 142-145.
- [18] Nandy, A., Saha, S., Ganguly, S., & Chattopadhyay, S. (2014) "A Project on atmospheric water generator with the concept of Peltier effect" International Journal of Advanced Computer Research, 4(2): p. 481.
- [19] Suryaningsih, S. and Nurhilal O. (2016) "Optimal design of an atmospheric water generator (AWG) based on thermo-electric cooler (TEC) for drought in rural area

in AIP Conference Proceedings AIP Publishing. riments" Journal of Hydrology, 9(1): p. 1-19.

[۲۰] بازیار مهارلویی ع. و ایرج پور ع.ا، (۱۳۹۵)، "توسعه آلمان ترموالکتریک در طراحی و ساخت دستگاه استحصال آب شیرین از رطوبت هوا"، سومین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، کنفدراسیون بین‌المللی مخترعان جهان.

[21] Joshi V. P., Joshi V. S., Kothari H. A., Mahajan M. D., Chaudhari M. B., & Sant K. D. (2017) "Experimental Investigations on a Portable Fresh Water Generator Using a Thermoelectric Cooler" Energy Procedia, 109: p. 161-166.

[22] Solís-Chaves J.S., Rocha-Osorio C.M., Murari A.L.L., Lira V.M. and Sguarezi Filho A.J. (2018) "Extracting potable water from humid air plus electric wind generation A possible application for a Brazilian prototype. Renewable Energy" 121, pp.102-115.

[23] Liu S., He W., Hu D., Lv S., Chen D., Wu X., Xu F. and Li S. (2017) "Experimental analysis of a portable atmospheric water generator by thermoelectric cooling method. Energy Procedia" 142, pp.1609-1614.

[24] Ozkan O., Wikramanayake E.D. and Bahadur V. (2017) " Modeling humid air condensation in waste natural gas-powered atmospheric water harvesting systems" Applied Thermal Engineering, 118, pp.224-232.

[25] Bagheri F. (2018) "Performance investigation of atmospheric water harvesting systems" Water resources and industry, 20, pp.23-28.

[26] Eslami M., Tajeddini F. and Etaati N. (2018) "Thermal analysis and optimization of a system for water harvesting from humid air using thermoelectric coolers" Energy Conversion and Management, 174, pp.417-429.

[27] Salek F., Moghaddam A.N. and Naserian M.M. (2018) "Thermodynamic analysis and improvement of a novel solar driven atmospheric water generator" Energy Conversion and Management, 161, pp.104-111.

[28] Shourideh A.H., Ajram W.B., Al Lami J., Haggag S. and Mansouri A. (2018) "A comprehensive study of an atmospheric water generator using Peltier effect) Thermal Science and Engineering Progress, 6, pp.14-26.

[29] Zhao B., Wang L.Y. and Chung T.S. (2019) "Enhanced membrane systems to harvest water and provide comfortable air via dehumidification & moisture condensation" Separation and Purification Technology, 220, pp.136-144.

[30] Elashmawy M. (2020) "Experimental study on water extraction from atmospheric air using tubular solar still" Journal of Cleaner Production, 249, p.119322.

[31] Entezari A., Ejeian M. and Wang R.Z. (2019) "Extraordinary air water harvesting performance with three phase sorption" Materials Today Energy, 13, pp.362-373.

[32] Li R., Shi Y., Wu M., Hong S. and Wang P. (2020) "Improving atmospheric water production yield: Enabling multiple water harvesting cycles with nano sorbent" Nano Energy, 67, p.104255.

[33] Moradi R., Saffarian M.R. and Behbahani-Nejad M. (2019) "Experimental study of an air humidity absorption cycle based on the MHI" Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, pp.1-9.

[34] Tu R. and Hwang Y. (2019) "Performance analyses of a new system for water harvesting from moist air that combines multi-stage desiccant wheels and vapor compression cycles" Energy Conversion and Management, 198, p.111811.

[35] Wu Y., Ming T., de Richter R., Höffer R. and Niemann H.J. (2020) "Large-scale freshwater generation from the humid air using the modified solar chimney" Renewable Energy, 146, pp.1325-1336.

[36] <https://barghnews.com>

Abstract

Water is one of the most important biological elements in the universe. The water crisis is one of the most important and unknown problems. According to climate maps in Iran, more than 65% of the country is an arid and ultra-arid climate. But there are two humid climatic regions in the country, one in the southern islands of the country and the other in the northern regions of the country. In this dissertation, how to design and build a water production device from the humidity in the air and study it in Azadshahr city (one of the northern cities) and Paqaleh village (one of the northern villages) which are located in Golestan province. - I am. This device is designed and manufactured using refrigeration cycle and equipments such as: compressor, condenser, evaporator, fan, dimmer fan and thermostat. The refrigerant used in this device is R-134a gas.

After investigations to produce water in this device, it has been observed that due to the air pressure in the city or village where the experiments were performed, changes in the air humidity occur. Also, in the experiments, the amount of water produced was measured by changing the technical speed that directs the moist air to the evaporator. Using solkane software, calculations were performed on the data to verify their accuracy. The ratio of water production intensity to energy consumption (GOR) of the device was between 0.2 to 0.3. This device can produce up to 12 liters of water per day in temperate and humid areas. Total water production in the temperate and humid and temperate zone with the minimum fan speed was the highest. With increasing temperature and increasing humidity, it is observed that the amount of water produced increases.

Keywords: Refrigeration cycle, Air humidity, Water production, Evaporator, Condenser



Shahrood University of
Technology

Faculty of mechanical engineering

M.Sc.(M.A. or Ph.D.) Thesis in energy systems engineering

Construction of humid water production device and evaluation of its performance in the northern cities of the country

By: Payam hedayati nia

Supervisor:
Dr. Ali Jabari moghadam

Advisor:
Dr. Mohamad zamen

October, 2021