

بررسی استفاده از جمع کننده فرنل خطی به عنوان واحد حرارتی آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور حرارتی بخار

نام و نام خانوادگی سعید نوروزی^{۱*}، علی ملکی^۲، شاهین بشارتی^۳

۱. دانشجوی کارشنای ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهر کرد. (saeidnoroouzi@gmail.com)

۲. دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهر کرد. (maleki.ali2000@gmail.com)

۳. مربی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهر کرد. (shahin-besharati@yahoo.com)

چکیده

استفاده از آب شیرین کن ها پاسخی به کم بود آب مورد نیاز برای جوامع است. این بحران برای کشور های با تابش خورشیدی بالا بیشتر است. در این کشور ها (خاورمیانه و آفریقا) به دلیل دارا بودن منابع مناسب خورشیدی می توان از کلکتورهای خورشیدی برای آب شیرین کن ها استفاده کرد. در این کار، بازتابنده فرنل خطی به عنوان واحد تولید حرارتی MED-TVC^۱ (آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور حرارتی بخار) به منظور تولید آب مقطر مورد مطالعه قرار گرفته است. علاوه بر این، یک مدل ریاضی برای تحلیل این نوع سامانه ارائه شده است. هدف این مقاله بررسی و امکان سنجی استفاده از یک سامانه خورشیدی آب شیرین کن صنعتی برای مقابله با بحران کم آبی در مناطق جنوبی ایران است. این مناطق دارای پتانسیل بسیار خوب برای استفاده از انرژی خورشیدی است. نوع سامانه تولید حرارت خورشیدی جمع کننده فرنل در نظر گرفته شده است. سامانه مورد نظر طراحی و امکان استفاده از این نوع سامانه بررسی و مشاهده شد متوسط تولید انرژی سامانه ۸۱۶ کیلووات برای میدان آینه های کلکتور ۳۲۴۰ متر مربع است. سامانه فوق توانایی تولید بخار با نرخ ۹۳۲۵ لیتر بر ساعت را دارد.

کلمات کلیدی:

نمک زدایی؛ چند اثر؛ کلکتور فرنل خطی؛ آب شیرین کن

^۱ Multi effect desalination with thermal vapour compression

مقدمه

یکی از مشکلات امروزی جوامع نبود آب شرب مناسب و به مقدار کافی برای برآورد نیاز استفاده‌های گوناگون است. نیاز روز افزون به منابع آبی قابل شرب بیش از پیش اهمیت پیدا کرده است. به همین دلیل آب شیرین کن‌ها مورد توجه کشورها و محققین قرار گرفته‌اند اما مشکل این سامانه‌ها استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تصفیه آب است. معمولاً سوخت این سامانه‌ها مازوت یا گاز طبیعی است. که خود عاملی بر آلودگی و تخریب محیط زیست به شمار می‌رود. همچنین این فرایند را گران می‌کند. راه حل پیشنهادی استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به ویژه انرژی گرمایشی خورشیدی است.

در حال حاضر، ۱ درصد از جمعیت جهان به آب شیرین شده وابسته هستند و انتظار می‌رود ۱۴ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب مواجه شوند. تغییرات آب و هوا به دلیل خشکسالی‌های مکرر بر منابع آب یک منطقه تأثیر منفی می‌گذارد. خشکسالی‌های طولانی مدت معمولاً در مناطقی با سطح تابش خورشید بالا رخ می‌دهد. مانند کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا. خشکسالی‌های منطقه‌ای با تغییرات آب و هوایی تشدید می‌شوند و منابع محدود تجدید ناپذیر آب‌های زیرزمینی نمی‌توانند پاسخ گوی جمعیت رو به رشد این کشورها و شیوه زندگی فزاینده استفاده از آب و انرژی آنها باشد بطوریکه برداشت سالانه آب شیرین از دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و سفره‌های زیرزمینی جهان به ۴۰۰۰ کیلومتر مکعب در سال رسیده است [۲۲].

کمبود آب یک مشکل اساسی در سراسر جهان است. پیش‌بینی‌های فعلی تخمین می‌زند که تقریباً ۳/۹ میلیارد نفر تا سال ۲۰۲۵ در مناطق تحت تنش آبی زندگی خواهند کرد [۲۰]. این در حالی است که در دسترس بودن آب آشامیدنی روز به روز کاهش می‌یابد و نیاز به آب آشامیدنی به سرعت در حال افزایش است. بیشتر بیماری‌های انسان به دلیل منابع آب آلوده یا غیر تصفیه شده است. حتی امروز، کشورهای پیشرفته و کشورهای در حال توسعه به دلیل مکانیسم‌های برنامه ریزی نشده و آلودگی ایجاد شده بر اثر فعالیت‌های صنایع، با کمبود عظیم منابع آب مواجه هستند. پیش‌بینی می‌شود کمبود آب آشامیدنی بزرگترین مشکل جهان در این قرن به دلیل نرخ مصرف ناپایدار و رشد جمعیت باشد. آلودگی منابع آب شیرین (رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی) توسط پسماندهای صنعتی، این مشکل را بیشتر کرده است. میزان کل ذخایر جهانی آب حدود ۱/۴ میلیارد کیلومتر مکعب است. اقیانوس‌ها حدود ۹۷/۵ درصد از مقدار کل را تشکیل می‌دهند و ۲/۵ درصد آب شیرین باقیمانده در جو، یخ‌های قطبی و آبهای زیرزمینی وجود دارد. [۱۵]. از ۲/۵ درصد از منابع آب‌های روی کره زمین قابل شرب فقط ۱ درصد از آن در دسترس قرار دارد [۳۱].

در مناطقی مانند خاورمیانه و شمال آفریقا بحران کم آبی نسبت به دیگر نقاط جهان بیشتر بوده ولی به دلیل وجود منابع انرژی تجدیدپذیر فراوان به خصوص انرژی خورشیدی در کنار منابع آب شور، بستر مناسبی جهت بکارگیری انرژی خورشیدی و تصفیه آب فراهم آورده است [۵]. بنابراین، توسعه منابع جدید آب شیرین نیاز بسیار مهم و فوری است. نمک زدایی از دریا و یا آب شور یک گزینه مهم است، زیرا تنها منبع نامحدود آب اقیانوس است. علاوه بر مشکل کمبود آب، فراهم سازی انرژی فرآیند مشکل دیگری است. فرآیندهای نمک زدایی به مقدار قابل توجهی انرژی نیاز دارد. تخمین زده شد که تولید ۱ میلیون متر مکعب آب در روز به ۱۰ میلیون تن نفت در سال نیاز دارد [۱۷].

فن آوری های نمک زدایی عمدتاً به دو دسته تکنیک های فرآیند حرارتی تغییر فاز مانند: تقطیر چند مرحله ای MED^۲ و MSF^۲ و فرآیندهای غشایی RO^۴ طبقه بندی می شوند. مصرف انرژی پایین، عمر مفید بیشتر و هزینه های ساخت و نگهداری کمتر در روش تقطیر چند مرحله ای، آن را با سایر فناوری ها رقابت پذیر می کند. به همین دلیل است که فناوری MED در سال های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است [۳۲].

بسیاری از محققان سامانه های آب شیرین کن های خورشیدی را بررسی کرده اند و این نوع سامانه را راه حلی برای حل مشکل تامین انرژی مورد نیاز فرآیند های شیرین سازی آب می دانند. در یکی از این تحقیقات یک مدل ریاضی از سامانه آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور حرارتی بخار (MED-TVC)^۵ ارائه داد شده است [۱۵]. هم چنین در مطالعاتی طرحی بهینه از یک سامانه نمک زدایی با انرژی خورشیدی مبتنی بر یک متمرکز کننده حرارتی خورشیدی سهموی ارائه شده است [۲۹]. در طراحی های جدید از برج خورشیدی هم برای تامین منابع گرمایی استفاده می شود در تحقیقاتی یک واحد تولید آب شیرین کن صنعتی با استفاده از برج خورشیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۲۸]. ساخت برج های خورشیدی نیازمند صرف وقت و هزینه بسیار است.

آب شیرین کن چند مرحله ای و فرآیندهای غشایی اسمز معکوس معمول ترین فن آوری های شیرین سازی برای اتصال به نیروگاه های خورشیدی به منظور تولید آب شیرین و برق هستند. امروزه ساخت واحدهای تولید برق بزرگ (بیش از ۲۰ تا ۳۰ مگاوات) به دلیل بهترین مبادله بین هزینه های سرمایه ای و بازدهی کلی، ترجیح داده می شود [۹].

ادغام واحدهای MED و RO با نیروگاه خورشیدی متمرکز (CSP) مورد بررسی قرار گرفته است. بخشی از برق تولید شده توسط نیروگاه خورشیدی متمرکز برای تغذیه واحد آب شیرین کن اسمز معکوس مورد

² Multiple Effect Distillation

³ Multi Stage Flash

⁴ Reverse osmosis

⁵ Thermo Vapour Compressor

استفاده قرار گرفته است. همچنین بخار استخراج شده از توربین بخار نیروگاه برای تغذیه واحد آب شیرین کن چند مرحله ای مورد استفاده قرار گرفته است. ترکیب این دو فرآیند دارای چندین مزیت است. افزایش عمر پروژه از ۲۰ سال به ۳۰ سال و هزینه های تولید آب حدود ۸/۸ درصد کاهش می یابد [۱۸].

فن آوری های آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور حرارتی بخار (MED/TVC) و فن آوری آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور مکانیکی بخار (MED/MVC) مورد مطالعه قرار گرفته است. بخار مستقیم تولید شده از میدان حرارتی خورشیدی به عنوان منبع حرارتی سامانه آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور حرارتی بخار مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، برق مورد نیاز واحد آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور مکانیکی بخار در نظر گرفته شده است که از برق خروجی یک چرخه رانکین خورشیدی تغذیه می کند. نتایج مطالعه نشان داده است که هزینه های تولید آب سامانه های MED/TVC و MED/MVC به ترتیب ۱/۵ و ۲/۱ دلار بر متر مکعب است [۲۶].

در مطالعاتی عملکرد سالانه آب شیرین کن تقطیر چند مرحله ای با که با فناوری متمرکز خورشیدی کار میکند بررسی شده است. مدلی برای به دست آوردن مصرف انرژی نیروگاه و همچنین میزان تولید آب توسعه داده شده است. از نیروگاه حرارتی خورشیدی فقط برای تولید آب شیرین استفاده شده است و تولید برق با استفاده از کارخانه CSP در این کار مورد توجه قرار نگرفته است. نتایج آن کار نشان داد که برای میزان تولید آب ۵۰۰۰۰ متر مکعب در روز، سطح میدان مورد نیاز خورشیدی تقریباً ۱۰۰۸۰۰۰۰ متر مربع است [۶]. کلکتورهای متمرکز (CSP) به انواع سهموی (PTC)^۶، بازتابنده فرنل خطی (LFR)^۷، دیش خورشیدی و برج خورشیدی تقسیم می شود. در میان آنها، متداول ترین سامانه های تولید گرما فناوری های جاذب خطی هستند، مانند انواع سهموی و کلکتور فرنل که عملکرد تقریباً یکسانی دارند [۳۲].

یکی از انواع کلکتورهای خورشیدی متمرکز کننده بازتاب کننده خورشیدی فرنل خطی است، که می تواند انرژی حرارتی در محدوده دمایی متوسط بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ درجه تهیه کند که در مصارف مختلف صنعتی قابل استفاده است [۳۳].

در یکی از مطالعات نوعی پیکربندی برای کلکتور فرنل خطی پیشنهاد شد و حداکثر بازده نوری نزدیک به ۷۵٪ بدست آمد که یک مقدار مناسب و قابل رقابت با نوع سهموی است [۱۳]. در تحقیقی دیگری که نوع کلکتور فرنل با بازتابنده ثانویه سهموی، سیال حرارتی نمک مذاب کار می کرد حداکثر بازده سامانه برابر با ۶۵٪ گزارش شد [۲۳].

^۶ parabolic trough collector

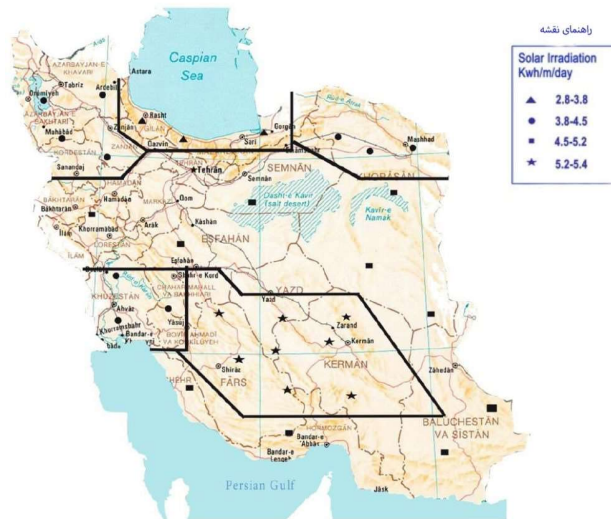
^۷ linear fresnel reflector

پس میتوان بیان کرد به دلیل هزینه بالای منابع انرژی مرسوم، مورد استفاده در تاسیسات نمک زدایی، منابع انرژی تجدید پذیر (به ویژه انرژی خورشیدی) جذابیت بیشتری پیدا کرده‌اند. که باعث صرفه جویی در مصرف انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست و تأمین منبع انرژی رایگان، مداوم و پایدار می‌شود. امروزه استفاده از انرژی خورشیدی به جای سوخت در آب شیرین کن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. و بسیاری از محققان عملکرد این گونه سامانه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. هدف از این تحقیق طراحی یک سامانه آب شیرین کن خورشیدی است. کلکتور خورشیدی استفاده شده از نوع فرنل خطی برای فراهم کردن نیاز حرارتی واحد MED/TVC است.

مواد ورودی ها

مدل پیشنهادی برای بدست آوردن میزان تابش خورشیدی ارائه شده است. این مدل برای محاسبات اولیه در راه اندازی سامانه‌های مناسب است. عباراتی برای تحلیل حرارتی کلکتور فرنل خطی و سیستم آب شیرین کن چند مرحله ای با توجه به منابع فراهم شده است. و در انتها مقدار انرژی تولیدی کلکتور برای تبخیر آب دریا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

میزان تابش خورشیدی یک پارمتر مهم طراحی است که هم به صورت مستقیم و هم با استفاده از مدل‌های ریاضی میتواند محاسبه شود. مطالعات نشان می‌دهد میزان تابش سالیانه خورشیدی (مناطق مرکزی ایران) ۷/۷ ساعت در روز یا ۲۸۰۰ ساعت در سال است که متوسط تابش خورشید ۲۳/۱۹ مگاژول بر متر مربع در روز (۵/۳ کیلو وات ساعت بر متر مربع) و متوسط تابش خورشیدی سالیانه ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت در متر مربع است. شکل ۱ نقشه‌ی پراکندگی انرژی خورشیدی در ایران را نمایش می‌دهد [۳].



شکل ۱. نقشه‌ی پراکندگی میزان انرژی خورشیدی در ایران.

محاسبه‌ی انرژی تابشی خورشید

اولین قدم برای برنامه‌ریزی استفاده از انرژی‌های نو مانند انرژی خورشیدی اطلاع از پتانسیل آن منطقه از لحاظ دارا بودن این منابع است. بهترین راه برای رسیدن به این خواسته اندازه‌گیری مستقیم است. ولی در بسیاری از موارد به دلیل انجام مطالعات اولیه و همچنین عدم دسترسی به ابزار مناسب اندازه‌گیری استفاده از مدل‌های موجود برای بدست آوردن مقادیر مورد نیاز ضروری به نظر می‌رسد. عوامل متعددی در میزان تابش خورشیدی در هر منطقه موثر است. مثل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، میزان آلودگی، گرد و غبار، عوامل هواشناسی مانند: رطوبت و مقدار ابر و ... اکثر مدل‌های پیشینی نیز بر اساس این اطلاعات پایه‌گذاری شده‌اند. علاوه بر شرایط آب و هوایی، وضعیت اقتصادی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

مدل دانشیار: این مدل بر اساس روابط تجربی برای تخمین میزان تابش خورشیدی در ۳۴ شهر ایران بدست آمده است. بر این اساس مقدار تابش کل بر سطح افق از فرمول زیر بدست می‌آید [۲].

$$Q_s = 1.432 + 2.107(90 - \theta_z) + 121.3CF + 950[1 - \exp(-0.75(90 - \theta_z))] (1 - CF) \cos \theta_z \quad (1)$$

مقدار Q بدست آمده بر حسب $(\frac{W}{m^2})$ بدست خواهد آمد. در این رابطه CF ضریب ابر است. مقدار θ_z زاویه سمت راس خورشید است که از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید [۲].

$$\cos \theta_z = \sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cos \omega \quad (2)$$

در فرمول بالا ϕ عرض جغرافیایی محل، δ زاویه انحراف و ω زاویه ساعت خورشیدی است. که از رابطه ی زیر بدست می آید [۲].

$$\delta = 23.45 * \sin \left[\frac{360}{365} * (284 + N) \right] \quad (3)$$

$$\omega = 15 * (T - 12) \quad (4)$$

N و T به ترتیب شماره روز سال و زمان بر حسب ساعت ظهر خورشیدی است.

مشخصات سامانه گرمایشی فرنل خطی

شکل ۲ نمای کلی سامانه مورد بررسی را نمایش می دهد. سامانه فوق دارای آینه های بازتابنده اولیه، آینه بازتابنده ثانویه، جاذب و فریم (شاسی) که اجزا روی آن نصب می شوند تشکیل شده است. مخزن حرارتی و مبدل حرارتی نیز وظیفه ذخیره و تبادل حرارتی را بر عهده دارند. بازتابنده ثانویه هم می تواند از آینه یا استیل براق ساخته شود. لوله جاذب از جنس مس و با قطر داخلی ۴۷ میلی متر و خارجی ۵۱ همچنین پوشش شیشه ای جاذب با قطر داخلی ۷۰ و خارجی ۷۴ میلی متر انتخاب می شود. مقادیر مورد نیاز طراحی در جدول ۱ قابل مشاهده است.

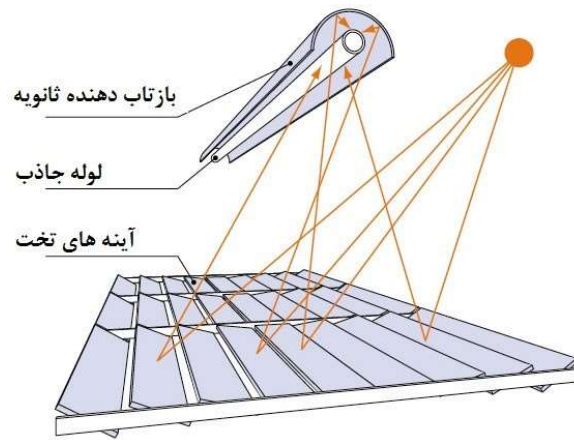
جدول ۱. مقادیر و کمیت های نوری سامانه [۸].

مقادیر	کمیت
۰/۸۸	(ϵ_c) ضریب انتشار پوشش
۰/۱۰	(ϵ_r) ضریب انتشار جاذب
۰/۹۰	(ρ) ضریب بازتاب
۰/۹۵	(α) ضریب جذب جاذب
۰/۸۵	(τ) ضریب عبور پوشش
۰/۹۵	γ عامل رهگیری
۰/۹۲	k اصلاح کننده زاویه بازتاب خورشید

بازده نوری - η_{opt}

بازده نوری به وسیله ی پارامترهای زیر مانند ضریب جذب گیرنده (α) ، ضریب بازتاب آینه ها (ρ) ، ضریب انتقال پوشش (T) و عامل رهگیری (γ) محاسبه می شود. علاوه بر این ، برای در نظر گرفتن تغییر بازده نوری برای موقعیت های مختلف خورشید ، از یک پارامتر اضافی ، اصلاح کننده زاویه بازتاب خورشید (IAM یا K) استفاده می شود. بنابراین ، می توان نوشت [۸]:

$$\eta_{opt} = \alpha \cdot \tau \cdot \rho \cdot \gamma \cdot k \quad (5)$$



شکل ۲. نمای کلی یک سامانه کلکتور فرنل خطی و نمایش اجزاء اصلی آن.

جدول ۲ نوع کلکتور پیشنهادی، مقادیر طراحی و داده های اصلی جمع کننده فرنل طراحی شده را نشان می دهد.

جدول ۲ مشخصات جمع کننده کلکتور فرنل مقادیر طراحی

پارامتر	مقادیر طراحی
نوع کلکتور	کلکتور فرنل خطی
دهانه	۰/۳ متر
طول	۳۰۰ متر
مساحت موثر	۳۰۰*۰/۳*۱۲ متر

آینه ها	Anodized aluminum
ساختار فولاد	فولاد گالوانیزه
پوشش انتخابی	Solkote
طول عمر تخمینی	۲۰ <

ابتدا پارامترهای سامانه فرنل خطی را مورد بررسی قرار می دهیم. در مرحله اول ، مساحت موثر (Aa) کلکتور با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می شود. این پارامتر با فرض اینکه بازتابنده‌های اولیه در جهت افقی هستند مساحت بازتابنده‌ها را در نظر می گیرد. این تعریف حداکثر منطقه جمع آوری ممکن را در نظر می گیرد [۱۵].

$$A_a = N_{rf} \cdot W_0 \cdot L \quad (6)$$

مقادیر N_{rf} تعداد ردیف های آینه‌ها، W_0 برابر با عرض آینه‌ها و L طول آینه‌ها است. پرتو مستقیم خورشیدی موجود (Q_s) با رابطه ۲ محاسبه می شود. که در آن مقدار DNI^8 برابر با نرخ تابش مستقیم نرمال است.

$$Q_s = A_a \cdot DNI \quad (7)$$

تولید انرژی مفید (Q_u) با استفاده از تعادل انرژی در حجم سیال محاسبه می شود. مطابق رابطه ۸ برابر است با: [۸]

$$Q_u = m \cdot c_p \cdot (T_{out} - T_{in}) = DNI \cdot \eta_o \cdot A_a - A_r \cdot U_L \cdot (T_r - T_{am}) \quad (8)$$

$$Q_u = F_R (DNI \cdot \eta_o \cdot A_a - A_r \cdot U_L \cdot (T_i - T_{am})) \quad (9)$$

مقدار m برابر با جرم آب بر حسب کیلوگرم است، η_o برابر با بازده نوری کلکتور c_p برابر با ظرفیت گرمایی ویژه $\left[\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}\right]$ و T_{in} و T_{out} به ترتیب دمای ورودی و خروجی کلکتور است. A_a و A_r برابر با مساحت جاذب و میدان کلکتور، U_L برابر با ضریب اتلاف حرارتی جاذب $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right]$ ، مقادیر T_r و T_{am} برابر با دمای محیط و دمای جاذب است.

بازده حرارتی کلکتور از فرمول زیر محاسبه می شود [۱۶].

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{Q_s} \quad (10)$$

F_R برابر با ضریب انتقال حرارت کلکتور است و از رابطه زیر بدست می آید [۱۶].

⁸ Direct Normal Irradiance

$$F_R = \frac{m_c \cdot c_p}{A_r \cdot U_L} \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{A_r \cdot U_L \cdot \dot{F}}{m_c \cdot c_p}\right) \right] \quad (11)$$

که در آن \dot{F} ضریب کارایی کلکتور است و U_L ضریب انتقال حرارتی است. \dot{F} با استفاده از رابطه‌ی ۱۲ محاسبه می‌شود [۱۰].

$$\dot{F} = \frac{1/U_L}{1/U_L + \frac{D_{ro}}{h_{fi} \cdot D_{ri}} + \frac{D_{ro}}{2k_m} \left[\ln\left(\frac{D_{ro}}{D_{ri}}\right) \right]} \quad (12)$$

مقادیر D_{ro} و D_{ri} برابر با قطر خارجی و داخلی جاذب است. h_{fi} برابر با ضریب انتقال حرارت مایع و k_m برابر با ضریب انتقال حرارت جاذب است. میانگین دما در گیرنده از رابطه‌ی ۱۳ بدست می‌آید [۱۰].

$$T_r = T_i + \frac{Q_u}{A_r \cdot U_L \cdot F_R} (1 - F_R) \quad (13)$$

U_L برابر با ضریب اتلاف حرارت کلکتور است و از رابطه زیر بدست می‌آید [۱۰].

$$U_L = \left[\frac{A_r}{(h_{c,c-am} + h_{r,c-am}) A_c} + \frac{1}{h_{r,r-c}} \right]^{-1} \quad (14)$$

ضریب انتقال حرارت تشعشی از جاذب به جداره‌ی داخلی پوشش شیشه‌ای از رابطه ۱۵ قابل محاسبه است.

$$h_{r,c-am} = \frac{\sigma \cdot (T_r^2 + T_c^2) \cdot (T_r + T_c)}{\frac{1}{\varepsilon_r} + \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1\right) \cdot \left(\frac{A_r}{A_c}\right)} \quad (15)$$

ضریب انتقال حرارت همرفت از جداره‌ی بیرونی به هوای بیرون از رابطه‌ی ۱۶ محاسبه می‌شود.

$$h_{c,c-am} = \frac{8.6 \cdot V_{air}^{0.6}}{L^{0.4}} \quad (16)$$

ضریب انتقال حرارت تشعشی از جداره‌ی پوشش شیشه‌ای به هوای بیرون از رابطه‌ی ۱۷ محاسبه می‌شود.

$$h_{r,r-c} = \varepsilon \sigma (T_c^2 + T_{am}^2) (T_c + T_{am}) \quad (17)$$

فرآیندهای نمک زدایی

بطور کلی آب شیرین کن‌ها را می‌توان به دو نوع کلی دسته‌بندی کرد روش‌های حرارتی که برای انجام نمک زدایی نیازمند انرژی گرمایی و حرارت هستند، و روش‌های مبتنی بر فرآیندهای غشایی که از نیرو محرکه فشار

هیدرولیکی استفاده می کنند. در فرآیند حرارتی، یک منبع انرژی گرمایی مانند سوخت های فسیلی یا انرژی خورشیدی ممکن است برای تبخیر آب استفاده شود شامل انواع [۱]:

تقطیر فلش چند مرحله ای (Multi-Stage Flash Distillation) یا MSF یکی از انواع آب شیرین کن های حرارتی است که در آن آب تبخیر شده و به وسیله تقطیر ناگهانی از آب دریا جدا می شود. انرژی آزاد شده از میعان بخار آب در هر مرحله برای تامین انرژی مرحله بعد استفاده می شود.

تقطیر چند اثره (Multiple Effect Distillation) یا MED به وسیله تعدادی از مراحل به نام اثر (effect) کار می کند. آب ورودی بر روی لوله هایی که در راستای افقی یا عمودی قرار دارند اسپری و گرم می شود تا به بخار تبدیل شود. پس از آن بخار تولید شده برای گرم کردن حجم بیشتری از آب دریا استفاده می شود. برای افزایش کارآمدی این سامانه می توان واحد نمک زدایی را کنار نیروگاه احداث کرد و از بخار تولید شده در نیروگاه برای گرم کردن آب دریا استفاده کرد. در این نوع از آب شیرین کن با محدودیت هایی نظیر بیشینه دما و بیشینه تعداد اثر مواجه هستیم.

آب شیرین کن های غشایی از یک غشای نیمه تراوا (Semipermeable Membrane) برای جداسازی نمک از آب دریا استفاده می شود. به طور معمول آب شیرین کن غشایی نسبت به سامانه های حرارتی انرژی کمتری مصرف می کند، که این منجر به کاهش کلی هزینه آب شیرین تولیدی می شود. یکی از پر کاربردترین انواع این سامانه ها آب شیرین کن اسمز معکوس است.

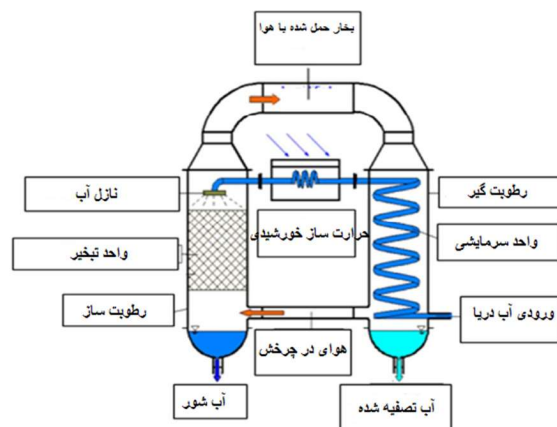
فرایند HDH^۹

فرایند HDH مبتنی بر این واقعیت است که می توان هوا را با مقادیر بخار مخلوط کرد. توانایی هوا در حمل بخار آب با افزایش درجه حرارت آن افزایش می یابد. به عنوان مثال، ۱ کیلوگرم هوای خشک می تواند ۰/۵ کیلوگرم بخار و حدود (۲۸۱۴ کیلوژول) را حمل کند، هوای مرطوب در تماس با سطح خنک کننده تبدیل به آب مقطر می شود. و ناخالصی های آن گرفته می شود. این فرآیند، مانند هر فرآیند تقطیر، فقط با یک دور گردش آب کار می کند. همچنین می تواند با گردش مجدد نیز کار کند. در حالت اول، تبخیر ۱ کیلوگرم آب باعث کاهش حدود ۶۰٪ نمک در آب می شود. مقدار آب مقطر بازیابی شده در هر چرخه ۵٪ تا ۲۰٪ افزایش خلوص پیدا میکند. تکرار این چرخه منجر به پایین آمدن غلظت نمک در آب شده و آب شیرین سازی میشود. اما نیازمند صرف انرژی بسیاری است [۱۹].

فناوری نمک زدایی-رطوبت زدایی

⁹ Humidification dehumidification

نمک زدایی-رطوبت زدایی خورشیدی یک روش شیرین سازی آب است. این امر بر اساس تبخیر آب دریا یا آب شور و میعان پی در پی هوای مرطوب تولید شده، در فشار محیط است. که فرآیند رطوبت زنی و رطوبت زدایی چند اثر نیز می‌نامند. چرخه تبخیر چند مرحله ای خورشیدی یا رطوبت دهی چند اثره (MEH)^{۱۰} روشی است که با تبخیر و میعان آب، چرخه آب طبیعی را در یک بازه زمانی کوتاه‌تر شبیه سازی می‌کند تا از سایر مواد جدا شود. نیروی محرکه در این فرآیند انرژی حرارتی خورشیدی برای تولید بخار آب است که در یک محفظه جداگانه متراکم می‌شود. در سامانه های پیچیده، با جمع آوری گرما از بخار آب چگالنده و گرم کردن منبع آب ورودی، گرمای اتلاف شده به حداقل می‌رسد. این سامانه به دلیل ارزان بودن نسبی کلکتورهای خورشیدی در بسیاری از کشورهای خشک و نیمه خشک برای سامانه های نمک زدایی در مقیاس کوچک تا صنعتی موثر است. روند نمک زدایی، که در شکل ۲ نشان داده شده است، دارای مزایای بسیاری از جمله تجهیزات ساده تحت فشار معمولی، هزینه دارایی و بهره برداری متوسط، مقیاس انعطاف پذیر، انرژی کم و غیره است. بنابراین، از توسعه خوبی برخوردار است. شکل ۳، متشکل از یک واحد رطوبت زدایی و واحد تبخیر تک مرحله ای است [۲۱].



شکل ۳. فرآیند رطوبت زنی و رطوبت زدایی (HDH) [۱۴].

فرآیند آب شیرین کن صنعتی با (MED-TVC)

شکل ۳ طرح واحد MED-TVC را نشان می‌دهد جریان آب دریا برای خنک کردن آب شیرین شده و افزایش دمای تغذیه آب دریا، به کندانسور وارد می‌شود. آب دریا از کندانسور خارج شده و به دو جریان

¹⁰ Multiple-effect distillation

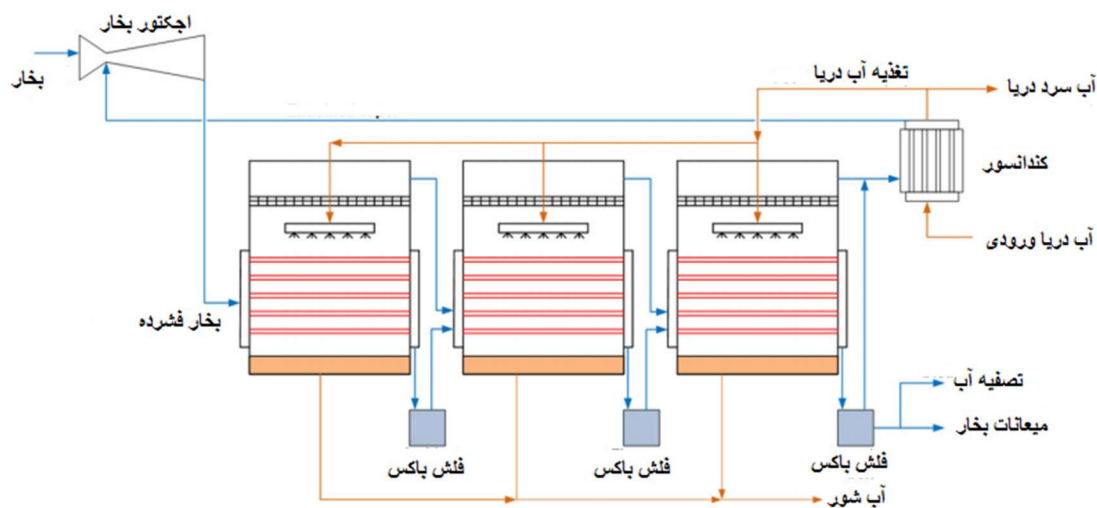
تقسیم می‌شود. جریان الف به مخزن برمی‌گردد و جریان ب به اواپراتورها هدایت می‌شود. بخار استخراج در دستگاه TVC یا اجکتور بخار وارد می‌شود. بخار تولید شده از اواپراتورها عبور کرده و باعث تبخیر آب می‌شود. بخار تولید شده از اولین اثر از طریق دمپسترها عبور کرده و اثر شماره دو و غیره را به اثرات بعدی وارد می‌کند. نمک باقی مانده در آب تغذیه از اثر اول به اثر دوم به عنوان آب شور، از چرخه خارج می‌شود. در همین حال بخار میعانات حاصل از اولین اثر در چهار بلوک به دو جریان تقسیم می‌شود: یک جریان مجدداً به سیکل برمی‌گردد در حالی که باقی بخارات حاصله در کندانسور سرد شده و آب شیرین را تولید می‌کند.

فرایند MED در شکل ۴ نشان داده شده است که شامل اواپراتور، اجکتور بخار و کندانسور است. فرضیات زیر برای شبیه سازی در نظر گرفته شده است:

• در هر اثر نمکی در بخار تولیدی موجود نیست

• عدم اتلاف گرما

• شوری آب نمک برابر با ۷۰،۰۰۰ ppm است.



شکل ۴. فرایند آب شیرین کن با (MED-TVC)

معادلات زیر از معادلات تراز انرژی هر اثر ایجاد می شود. ابتدا اختلاف دما در هر اثر و در نتیجه دمای هر اثر با توجه به معادلات محاسبه می شود. ۱۸ و ۱۹ [۲۴]:

$$\Delta T = \frac{T_1 - T_n}{n - 1} \quad (18)$$

$$T_{i+1} = T_i - \Delta T \quad i = 2 \dots N \quad (19)$$

که در آن N به ترتیب تعداد کل اثرات و T_i و T_n به ترتیب دما در اثر i ام و آخرین اثر هستند. سپس معادلات تعادل جرم برای هر اثر نوشته می شود که منجر به رابطه ۲۰ و ۲۱ خواهد شد [۲۵]:

$$B_i = F + B_{i-1} - D_i \quad i = 2 \dots N \quad (20)$$

$$x_i = \frac{F}{B_i} x_f + \frac{B_{i-1}}{B_i} x_{i-1} - D_i \quad i = 2 \dots N \quad (21)$$

که در آن B_i ، x_i و D_i به ترتیب نمک شور، غلظت نمک و آب شیرین تولید شده با اثر i ام را نشان می دهند. F نشان دهنده جریان خوراک است.

$$D_1 = \frac{1}{L_1} (M_S L_S - F C_p (T_1 - T_f)) \quad (22)$$

L_S گرمای نهان بخار، L_1 گرمای نهان اثر اول، T_1 اولین اثر دمایی و T_f دمای اثر نهایی است. T_f را می توان از معادله ۲۳ محاسبه کرد [۲۵]:

$$T_f = T_N + \Delta T_{cond} \quad (23)$$

$$D_i = \frac{1}{L_i} ((D_{i-1} + D'_{i-1}) L_{i-1} - F C_p (T_1 - T_f) - B_{i-1} C_p \Delta T) \quad (24)$$

D' با نوشتن یک معادله تعادل جرم در جعبه فلش به صورت رابطه ۲۵ محاسبه می شود:

$$D' = D_{i-1} C_p \frac{T_{i-1} - T'_l}{L_i} \quad (25)$$

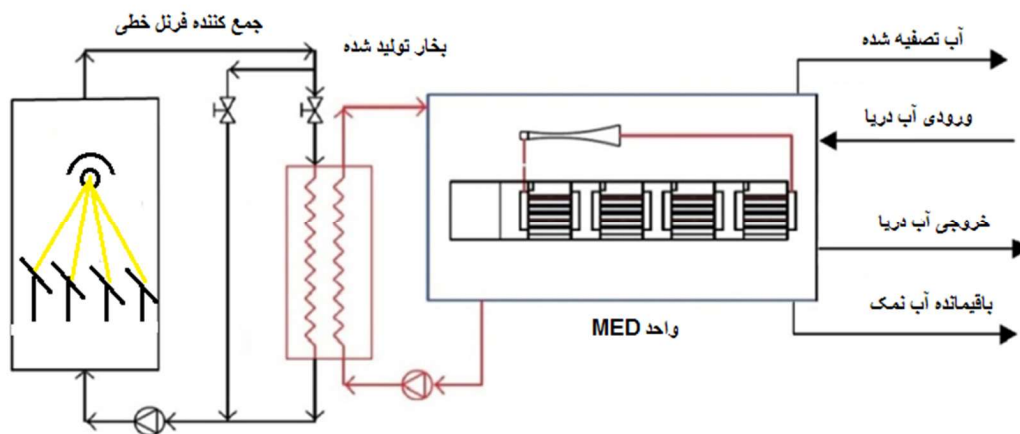
T_i دمای جعبه فلش در اثر i ام است و L_i حرارت نهفته اثر i ام است. برای یافتن مقدار آب شیرین و آب نمک می توان از معادلات ۲۶ و ۲۷ استفاده کرد [۴]:

$$M_d = \sum_{i=1}^N D_i \quad (26)$$

$$M_b = B(n) \quad (27)$$

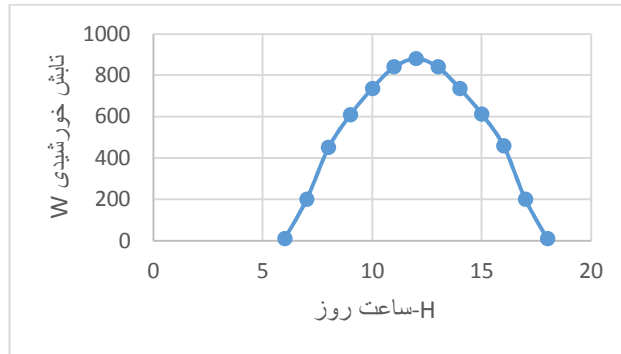
تحلیل نتایج:

شکل ۵ نمای کلی سامانه مورد بررسی را نمایش می‌دهد. جریان اجباری سیال به وسیله ی پمپ از جاذب مسی کلکتور عبور کرده گرم و سپس وارد مخزن حرارتی می‌شود. تبادل حرارتی درون مخزن بین دو سیال انجام گرفته، سیال دوم پس از گرم شدن وارد اجکتور بخار شده و سپس وارد هر یک از اثرات سامانه آب شیرین کن می‌شود. سیال انتقال حرارت در مداری بسته به چرخه باز میگردد. تعداد اثرات دستگاه با توجه به خلوص آب مورد نظر و مقدار ppm نمک مورد نظر قابل تغییر است. اجکتورهای بخار برای فشرده سازی بخار یا گاز استفاده می‌شوند. در یک جت یا اجکتور، یک گاز با فشار نسبتاً بالا، مانند بخار یا هوا، از طریق یک نازل منبسط می‌شود. مخلوط حاصل به دیفیوزر وارد می‌شود که در آن بخار با فشار بالا به فشار محیط تبدیل می‌شود.



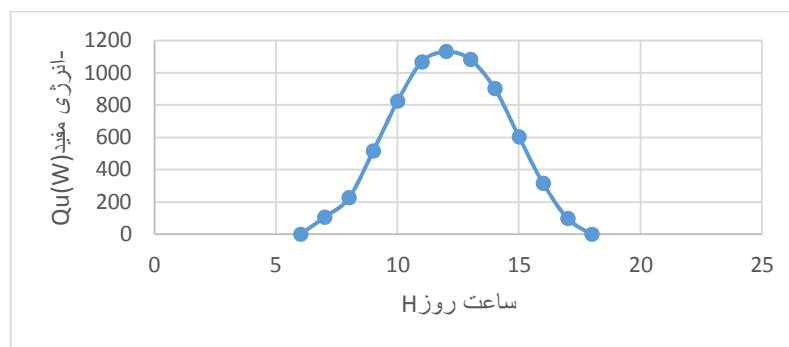
شکل ۵ سامانه آب شیرین کن طراحی شده با استفاده از کلکتور فرنل [۴]

سامانه فرنل مورد نظر در شهر چابهار مدل سازی شده است. دارای سه میدان مشابه که هر کدام دارای ۱۲ ردیف آینه به عرض ۰/۳ متر و طول ۳۰۰ متر است طراحی شده و در جاذب از روغن های انتقال حرارت سنتتیک و مینرال استفاده شده. این محصولات برای گستره دمایی بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته میشود. میزان انرژی خورشیدی تابشی در روز شهر چابهار با عرض جرافیایی ۲۵ درجه و cf برابر با ۰/۲۵ در شکل زیر آمده است.



شکل ۶. متوسط تابش خورشیدی بدست آمده شهر چابهار اول-خرداد

بیشینه انرژی تولیدی نیروگاه فرنل خطی در ساعت ۱۲ به میزان ۱۱۳۱ کیلو وات و میانگین انرژی تولیدی برابر با ۸۱۶ کیلو وات است. سامانه قادر به تبخیر ۸۴۱۰ لیتر بر ساعت را از آب دریا با دمای متوسط ۲۵ درجه دارد همچنین دارای یک مخزن حرارتی برای ذخیره انرژی حرارتی در مواقع مورد نیاز یا استفاده برای تولید برق از توربین بخار است (شکل ۷).



شکل ۷. نمودار انرژی مفید تولید شده توسط سامانه فرنل خطی در ساعات روز.

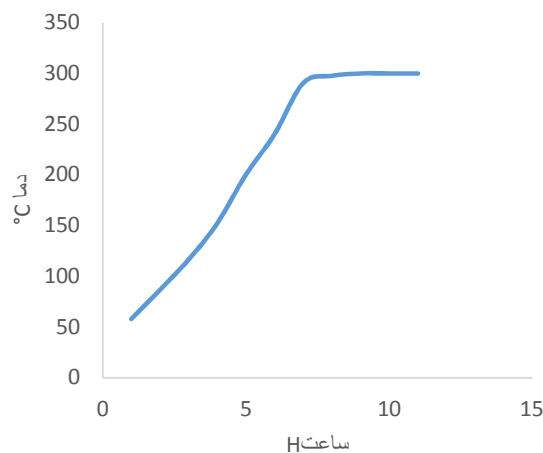
برای محاسبه مقدار انرژی حرارتی ذخیره شده در مخزن میتوان از معادلات تعادل انرژی استفاده کرد. مقادیر $(MC)_{st}$ برابر با ظرفیت حرارتی مخزن ذخیره سازی بر حسب ژول، $(UA)_{st}$ ضریب انتقال حرارت کلی در مخزن ذخیره سازی $[\frac{W}{C}]$ ، دمای مخزن ذخیره ساز در طول شبانه روز را می توان از رابطه ۲۸ محاسبه کرد [۷].

$$T_{st_N} = T_{st} + \frac{\Delta t}{(MC)_{st}} [Q_u - Q_l - (UA)_{st}(T_{st} - T_{am})] \quad (28)$$

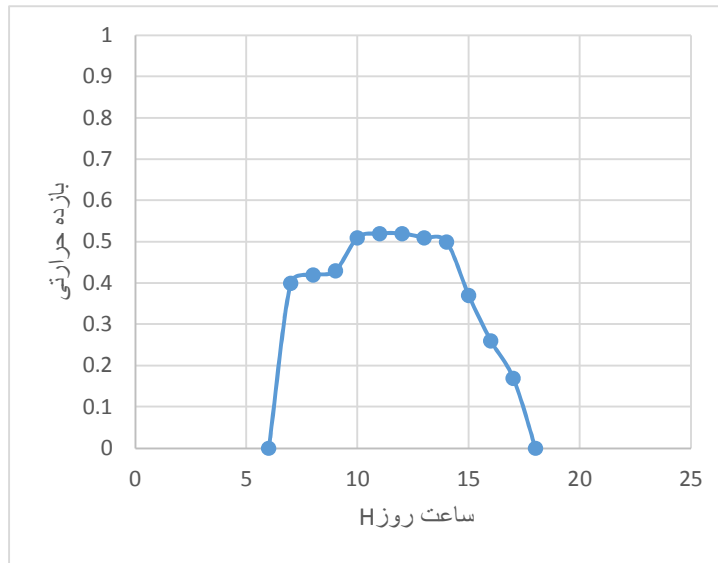
جدول ۲ مشخصات ترمودینامیکی سامانه طراحی شده

تعریف	پارامتر	مقدار
ظرفیت حرارتی مخزن ذخیره سازی - Kw/k	$(MC)_{st}$	۷۲۰۰
ضریب اتلاف حرارتی کلکتور w/k	U_L	۱۰
ضریب اتلاف حرارتی مخزن ذخیره سازی w/k	$(UA)_{st}$	۲/۰۹
حجم مخزن ذخیره سازی kg	V	۳۰۰۰
بازده نوری	η_{opt}	٪۶۳

در شکل ۹ دمای مخزن ذخیره سازی را نشان می‌دهد. کلکتور قادر است ۳۰۰۰ لیتر روغن حرارتی را از دمای ۲۵ درجه تا ۳۰۰ درجه برساند. این مقدار حرارتی برای کارکرد دستگاه یا طراحی یک سامانه تولید برق بخار مفید باشد. در شکل زیر دمای مخزن را در ساعات کاری سامانه نمایش داده شده است. میزان بیشینه بازدهی حرارتی کلکتور فرنل خطی برابر با ۵۲ درصد می‌باشد این مقدار بیشتر به دلیل تلفات نوری سیستم همچنین افزایش اتلاف حرارتی کلکتور با بالا رفتن دمای کاری سیال است با کاهش یافتن تابش خورشیدی بازدهی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. مقدار بازدهی بدست آمده قابل رقابت با سایر فناوری‌های متمرکز خورشیدی است (شکل ۱۰).



شکل ۹. نمودارهای عملکرد حرارتی مخزن، گرمایش سیال مخزن به کمک سامانه کلکتور فرنل



شکل ۱۰. نمودار بازدهی سامانه پیشنهادی فرنل خطی استفاده شده در آب شیرین کن

نتیجه گیری

- یکی از پاسخ های مناسب برای بحران کم آبی در ایران آب شیرین کن ها هستند. مشکل این نوع سامانه ها نیاز انرژی بالای آنان است راه حل این مشکل را می توان استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی بیان کرد

- کشور ایران با کمبود منابع آبی در کمربند مرکزی و جنوبی ایران مواجه است. این در حالی است که بهترین شرایط آب و هوای لازم را برای استفاده از انرژی خورشیدی را این مناطق دارا هستند.

- استفاده انرژی خورشیدی یکی از منابع تامین انرژی حرارتی لازم ب فرایند نمک زدایی به منظور به دست آوردن آب شیرین است که سبب کاهش هزینه ی تمام شده تولید آب شیرین می شود. موارد استفاده از این نوع سامانه ها به صورت صنعتی در مقیاس بزرگ می باشد به ویژه در مناطقی با آفتاب فراوان مانند مناطق ساحلی کشورمان مانند چابهار مناسب است.

- سامانه حرارتی طراحی شده با میدان آینه ۳۲۴۰ متر مربع قادر به فراهم سازی نیاز حرارتی سامانه آب شیرین کن چند مرحله ای همراه با کمپرسور حرارتی بخار را دارد. نرخ تولید ۹۳۲۵۰ لیتر بخار در روز از آب دریا را دارد.

- استفاده از این نوع سامانه همراه با تکنولوژی های واسط توصیه می شود برای مثال قرار دادن یک توربین بخار تولید برق و همچنین قرار گیری یک واحد گلخانه صنعتی در کنار سامانه آب شیرین کن خورشیدی میواند به بهبود عملکرد سامانه کمک کند و هزینه های نهایی را کاهش دهد. سامانه های سرمایه گذاری به کمک واحد های چیلر جذبی نیز برای استفاده در سامانه های تهویه مورد نظر قرار میگیرند.

منابع

۱. باقری اسفه، ح. رستم زاده، ر. رستم زاده، م. (۱۳۹۸). بررسی سامانه های مختلف آب شیرین کن خورشیدی. *علمی مهندسی مکانیک*. ۲۸(۱)، ۲۴-۳۴.
۲. یعقوبی، م. عزیزیان، ک. کناری، ع. زنده بودی، غ. (۱۳۸۱). تخمین مقدار کل انرژی تابشی خورشید در یاسوج با استفاده از مدل های تجربی. *نشریه انرژی ایران*. ۸(۱): ۶۵-۴۴.
۳. شهربافیان، ن. (۱۳۸۶). برآورد پتانسیل فنی و اقتصادی انرژی خورشیدی حرارتی در ایران: راهکاری برای توسعه پایدار انرژی خورشیدی. *مطالعات اقتصاد انرژی*; ۴(۱۵)، ۵۳-۳۵.
4. Al-Mutaz, I.S. and Wazeer, I., 2014. Development of a steady-state mathematical model for MEE-TVC desalination plants. *Desalination*, 351, pp.9-18.
5. Ambade, A.S., Narekar, B.T. and Katekar, C.V., 2009, December. Performance evaluation of combined batch type solar water heater cum regenerative solar still. In 2009 Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology (pp. 1064-1067). IEEE.
6. Bataineh, K.M., 2016. Multi-effect desalination plant combined with thermal compressor driven by steam generated by solar energy. *Desalination*, 385, pp.39-52.
7. Belessiotis, V., Mathioulakis, E. and Papanicolaou, E., 2010. Theoretical formulation and experimental validation of the input-output modeling approach for large solar thermal systems. *Solar Energy*, 84(2), pp.245-255.
8. Bellos, E., Tzivanidis, C., Antonopoulos, K.A. and Gkinis, G., 2016. Thermal enhancement of solar parabolic trough collectors by using nanofluids and converging-diverging absorber tube. *Renewable Energy*, 94, pp.213-222.

9. Cocco, D. and Cau, G., 2015. Energy and economic analysis of concentrating solar power plants based on parabolic trough and linear Fresnel collectors. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 229(6), pp.677-688.
10. Duffie JA, Beckman WA, Blair N. Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind. John Wiley & Sons; 2020 Mar 24.
11. ElHelw, M., El-Maghlany, W.M. and El-Ashmawy, W.M., 2020. Novel sea water desalination unit utilizing solar energy heating system. Alexandria Engineering Journal, 59(2), pp.915-924.
12. Hermosillo, J.J., Arancibia-Bulnes, C.A. and Estrada, C.A., 2012. Water desalination by air humidification: Mathematical model and experimental study. Solar Energy, 86(4), pp.1070-1076.
13. Huang, F., Li, L. and Huang, W., 2014. Optical performance of an azimuth tracking linear Fresnel solar concentrator. Solar energy, 108, pp.1-12
14. Kabeel, A.E. and El-Said, E.M., 2013. Technological aspects of advancement in low-capacity solar thermal desalination units. International Journal of Sustainable Energy, 32(5), pp.315-332
15. Kamali, R.K., Abbassi, A. and Vanini, S.S., 2009. A simulation model and parametric study of MED–TVC process. Desalination, 235(1-3), pp.340-351.
16. Kalogirou, S.A., 2012. A detailed thermal model of a parabolic trough collector receiver. Energy, 48(1), pp.298-306.
17. Kalogirou, S., 1997. Economic analysis of a solar assisted desalination system. Renewable energy, 12(4), pp.351-367.
18. Iaquaniello, G., Salladini, A., Mari, A., Mabrouk, A.A. and Fath, H.E.S., 2014. Concentrating solar power (CSP) system integrated with MED–RO hybrid desalination. *Desalination*, 336, pp.121-128.
19. Nawayseh, N.K., Farid, M.M., Al-Hallaj, S. and Al-Timimi, A.R., 1999. Solar desalination based on humidification process—I. Evaluating the heat and mass transfer
20. Ni, G., Zandavi, S.H., Javid, S.M., Boriskina, S.V., Cooper, T.A. and Chen, G., 2018. A salt-rejecting floating solar still for low-cost desalination. Energy & Environmental Science, 11(6), pp.1510-1519.
21. Morris, R.M. and Hanbury, W.T., 1991. Predication of Critical Desalination Parameters Using Radial Basis Functions Network. Proceedings of the New Technologies for the Use of Renewable Energy Sources in Water Desalination, Sec. I, pp.30-50.

22. Pugsley, A., Zacharopoulos, A., Mondol, J.D. and Smyth, M., 2016. Global applicability of solar desalination. *Renewable energy*, 88, pp.200-219.
23. Qiu, Y., He, Y.L., Cheng, Z.D. and Wang, K., 2015. Study on optical and thermal performance of a linear Fresnel solar reflector using molten salt as HTF with MCRT and FVM methods. *Applied energy*, 146, pp.162-173
24. Rahimi, M.J., Hamed, M.H. and Amidpour, M., 2019. Thermodynamic and economic evaluation of a novel configuration for sustainable production of power and freshwater based on biomass gasification. *Energy Systems*, pp.1-46.
25. Sadri, S., Haghighi Khoshkhou, R. and Ameri, M., 2017. Multi objective optimization of the MED-TVC system with exergetic and heat transfer analysis. *Energy Equipment and Systems*, 5(4), pp.419-430.
26. Sharaf, M.A., Nafey, A.S. and García-Rodríguez, L., 2011. Thermo-economic analysis of solar thermal power cycles assisted MED-VC (multi effect distillation-vapor compression) desalination processes. *Energy*, 36(5), pp.2753-2764.
27. Sharma, V., Nayak, J.K. and Kedare, S.B., 2015. Effects of shading and blocking in linear Fresnel reflector field. *Solar Energy*, 113, pp.114-138.
28. Siddiqui, O. and Dincer, I., 2018. Examination of a new solar-based integrated system for desalination, electricity generation and hydrogen production. *Solar Energy*, 163, pp.224-234.
29. Stuber, M.D., Sullivan, C., Kirk, S.A., Farrand, J.A., Schillaci, P.V., Fojtasek, B.D. and Mandell, A.H., 2015. Pilot demonstration of concentrated solar-powered desalination of subsurface agricultural drainage water and other brackish groundwater sources. *Desalination*, 355, pp.186-196.
30. Tiwari, G.N., 2002. *Solar energy: fundamentals, design, modelling and applications*. Alpha Science Int'l Ltd.
31. Velmurugan, V., Gopalakrishnan, M., Raghu, R. and Srithar, K., 2008. Single basin solar still with fin for enhancing productivity. *Energy Conversion and Management*, 49(10), pp.2602-2608.
32. Wang, Y. and Lior, N., 2006. Performance analysis of combined humidified gas turbine power generation and multi-effect thermal vapor compression desalination systems—Part 1: The desalination unit and its combination with a steam-injected gas turbine power system. *Desalination*, 196(1-3), pp.84-104.
33. Yang, F., Itskhokine, D., Benmarraze, S., Benmarraze, M., Hofer, A., Lecat, F. and Ferrière, A., 2015. Acceptance testing procedure for Linear Fresnel Reflector solar systems in utility-scale solar thermal power plants. *Energy Procedia*, 69, pp.1479-1487.

Investigation of the use of linear Fresnel collector as a thermal unit for steam production of Multi effect desalination with thermal vapour compression desalination system

Saeid noroozi^{1*}, ali maleki², shahin besharati³

1. MSc.Student, Mechanical Engineering of Biosystems. Shahrkord University Iran
2. Association, Professor, Mechanical Engineering of Biosystems. Shahrkord University Iran
3. Lecture, Mechanical Engineering of Biosystems. Shahrkord University Iran

Abstract

Using desalination plants is a Appropriate answer to the lack of water for communities. This crisis is greater for countries with high solar radiation, such as (Middle East and Africa), due to the availability of suitable solar resources, solar collectors can be used for desalination plants in these places. In this work, the linear Fresnel reflector has been studied as a MED-TVC thermal production unit (multi-stage desalination plant with thermo vapour compressor) to produce distilled water. In addition, a mathematical model for analyzing this type of system is presented. The purpose of this article is to investigate and feasibility study of using a solar industrial desalination system to deal with the water shortage crisis in the southern regions of Iran. These areas have very good potential for using solar energy. The type of solar collector heat generation system is considered as LFR. The system in question was designed and the possibility of using this type of system was examined and it was observed that the thermal capacity of the system is 816 kW for the collector mirror field of 3240 square meters. System is capable of producing steam at a rate of 9325 liters per hour.

Key words: desalination water, Linear Fresnel Collector, multi-stage desalination

*saeidnoroozi@gmail.com



سیزدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران
(مکانیک بیوسیستم ۱۴۰۰)
۲۴-۲۶ شهریور ۱۴۰۰

