

مروری بر مطالعات انجام شده در تحلیل اکسرژی و انرژی آب شیرین کن های خورشیدی

غلامرضا خسروی^۱، هادی کارگر^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

* صندوق پستی 3519697951، پست الکترونیکی h.kargar@semnanaiau.ac.ir

چکیده

در این مقاله به تحلیل اکسرژی و تحلیل انرژی با استفاده از مدل موجود در برخی از انواع آب شیرین کن های خورشیدی متداول و مورد استفاده پرداخته شده و اجزای تشکیل دهنده یک آب شیرین کن شامل پوشش شیشه‌ای، کلکتور (جذب کننده انرژی خورشید) و آب شور ورودی و حوضچه را توسط روابط اکسرژی مورد بررسی قرار داده است. همچنین موازنه اکسرژی و انرژی را برای سایر قسمت‌های یک آب شیرین کن اشاره شده و روابط حاکم را بیان کرده است. روش‌های بهبود کارایی در سایر پارامترهای موجود در آب شیرین کن توسط روش‌های مختلف برگرفته از اکسرژی و انرژی شرح داده شده و نتایج حاصل را بیان خواهد کرد. در نهایت سعی خواهیم کرد با یک مقایسه مختصر بخش‌های ناکارآمد در آب شیرین کن‌ها را شناخته و راه‌های بهبود عملکرد آن‌ها را شرح دهیم.

کلیدواژگان

آب شیرین کن خورشیدی، تحلیل اکسرژی، تحلیل انرژی، راندمان

Revision studied done at the exergy and energy analysis in solar stills

Gh.Khosravi¹, H.Kargar^{2*}

1- Energy and Sustainable Development Research Center, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

2- Energy and Sustainable Development Research Center, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

* P.O.B.3519697951 Semnan, Iran, h.kargar@semnanaiau.ac.ir

Abstract:

In this paper disburse exergy analyse and energy analyse per use from the exiting model at some of solar stills and mechanism of on solar still constituent glass cover, collector(absorber sun energy), inlet brine water and sump survey by exergy analysis. also exergy and energy balance referred from the other parts of solar still. And express dominant relations. Also styles improvement efficiency at other parameters at solar stills by several styles taken from exergy and energy described and results will represent. Finally we will try with a short comparison recognized ineffective portion in the solar stills and explain ways to improve efficiency.

Keywords:

Solar still, exergy analysis, energy analysis, efficiency

الکترو دیالیز^۱

تقطیر خورشید ۱۵ درصد بازده سوخت‌های فسیلی را دارد؛ اما استفاده از تقطیر خورشید تا حدودی می‌تواند کمبود آب را جبران کند. آب شیرین کن‌های خورشیدی دستگاه‌هایی هستند که امکان تهیه آب سالم از آب دریاها به رطوبت هوا و آب‌های شور و بدمزه را در مقیاس میانه و کم در مناطق دوردست و خشک که میزان آب مورد نیاز کمتر از ۲۰۰ مترمکعب است را فراهم می‌نماید. آب شیرین کن‌های خورشیدی به دودسته فعال و غیرفعال تقسیم می‌شوند [۱].

از بین این دستگاه‌ها، آب شیرین کن‌های آبشاری، نمونه‌ی یک آب شیرین کن چند حوضچه‌ای با جهت‌گیری بهتر برای آب نسبت به پوشش شیشه‌ای هستند [۲].

به دلیل اشکالاتی که در آب شیرین کن‌های حوضچه‌ای وجود داشت طرح‌ها را به ساخت نمونه‌های دیگر تشویق کرد. یکی از ایرادات این گونه دستگاه‌ها، افقی بودن سطح آب شور نسبت به پرتوهای خورشیدی بود. این امر سبب می‌شود که در طول روز پرتوهای خورشید در راستای مناسب به دستگاه نرسد،

۱- مقدمه

طی سال‌های اخیر، هزینه تولید آب به وسیله دستگاه‌های نمک‌زدایی تا حد قابل توجهی کاهش یافته، اما هزینه تولید آب به کمک آنچه ما روش‌های سنتی می‌نامیم، افزایش پیدا کرده است. این افزایش قیمت به واسطه بهره‌برداری بیش از حد از منابع زیرزمینی آب، نفوذ نمک و افزایش آلودگی آنان به وجود آمده است.

منابع آب شیرین حاصل از رودخانه‌ها و منابع آب زیرزمینی محدود است و با سرعت فزاینده‌ای در حال تهی شدن است و زنگ خطر را در بسیاری از مناطق جهان به صدا درآورده است. از این رو از فرایندهای شیرین سازی آب دریا، جهت تأمین آب شیرین مورد نیاز استفاده می‌شود. فناوری‌های آب شیرین کن از لحاظ تغییر فاز به دودسته تقسیم می‌شوند: فرایندهایی که در آن‌ها تغییر فاز صورت می‌گیرد.

تقطیر چندمرحله‌ای

تقطیر ناگهانی چندمرحله‌ای

تقطیر تراکم بخار

فرایندهایی که در آن‌ها شیرین سازی آب بدون تغییر فاز انجام می‌پذیرد.

اسمز معکوس

¹ Electrolysis

$$G = \left(\frac{G_{\max}}{2}\right) \left[\sin\left(\frac{\pi t}{12}\right) \right] + \left[\left[\left(\frac{G_{\max}}{2}\right) \left[\sin\left(\frac{\pi t}{12}\right) \right] \right] \right] \quad (2)$$

$$T_a = A \times \sin\left(\frac{\pi t}{12}\right) + T_{a,i} \quad (3)$$

که t زمان است و $T_{a,i}$ دمای محیط است در آغاز روز - بیشترین مقدار تابش خورشید در یک حالت عمومی G_{\max} و قراردادی برابر $\frac{1000W}{m^2}$ است. پس از حل بالانس انرژی، دماهای آب شیرین کن و خروجی تقطیر را می توان پیدا کرد و برای ۲۴ ساعت روز.

۲-۲-۱- جریان اکسرژی و از بین رفتگی آن در یک آب شیرین کن اکسرژی β° شامل تشعشع بدنه سیاه ایزوتروپیک^۲ در دمای T وابسته است به دمای محیط T_a که با فرمول شماره (۴) بیان می گردد.

$$\beta^\circ = G \left(1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_a}{T} \right)^4 - \frac{4T_a}{3T} \right) \quad (4)$$

در معادله بالا تابش خورشید G ، مقدار تابش خورشید به طور لحظه ای برحسب واحد سطح است که به یک سطح افقی در سطح زمین می رسد؛ که برحسب تغییر زاویه خورشید نسبت به سطح جسم جامد در طول روز به دست می آید.

اکسرژی وابسته به یک اثر متقابل حرارتی که تشعشع ندارد می تواند بیان شود با فرمول شماره (۵):

$$\beta^\circ = q^\circ \left(1 - \frac{T_a}{T} \right) \quad (5)$$

بنابراین یک بالانس اکسرژی برای یک کلکتور در حالت یکنواخت، برگشتناپذیری ها در کلکتور با رابطه شماره (۶) به دست می آید

$$I_{col}^\circ = \epsilon_{col} B_s^\circ - (B_w^\circ + B_{ins}^\circ) \quad (6)$$

که:
 $\epsilon_{col} B_s^\circ$ جذب اکسرژی در ورودی کلکتور از نور (تابش) است.
 B_w° : اکسرژی مفید کلی از کلکتور برای آب نمک که تولید حرارت می کند برای آب نمک و B_{ins}° تلفات اکسرژی از عایق هستند.
 بالانس اکسرژی روی آب نمک و پوشش شیشه ای به صورت ریاضی به شکل روابط (۷) و (۸) بیان می شود.

$$I_w^\circ = B_w^\circ - B_{wg}^\circ \quad (7)$$

$$I_g^\circ = B_{wg}^\circ - B_a^\circ \quad (8)$$

که در معادلات بالا:
 β_{wg}° : مقدار اکسرژی داده شده توسط واکنش حرارتی بین آب نمک و پوشش شیشه ای با رابطه (۹) به دست خواهد آمد.

$$B_{wg}^\circ = \beta_{ev}^\circ + \beta_{cw}^\circ + \beta_{rw}^\circ \quad (9)$$

β_{ev}° : اکسرژی تبخیر
 β_{cw}° : اکسرژی جابجایی آزاد
 β_{rw}° : اکسرژی تشعشع بین آب شور و پوشش شیشه ای است.

همچنین آب ساکن درون حوضچه سبب ایجاد رسوب های بسیار در کف حوضچه می شود.

تورچیا^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۸ یک تحلیل اکسرژی تئوری را در حالت پایا و نا پایا از یک آب شیرین کن انجام دادند، نتایج در حالت پایا نشان داد که برگشتناپذیری های تولید شده در کلکتور بیشترین تخریب اکسرژی را ایجاد کرده و بیشترین راندمان اکسرژی مربوط به آب است. همچنین تحلیل حالت نا پایا نشان داد که شدت بازگشتناپذیری ها و دمای آب شیرین کن حداکثر مقدار خود را در حداکثر تابش خورشید خواهند داشت. آقا زوری و همکاران [۲] در سال ۱۳۹۲ تحلیل اکسرژی را برای بهبود عملکرد آب شیرین کن خورشیدی نوع پلکانی آبشاری انجام دادند و مقایسه ای میان بازگشتناپذیری های قسمت های مختلف این نوع آب شیرین کن انجام دادند در یک روز خاص و با ارائه موازنه ناپایایی انرژی و اکسرژی برای قسمت های مختلف آب شیرین کن انجام دادند و نشان دادند که در بررسی نتایج شبیه سازی در دبی جریان ۰/۰۶۵ کیلوگرم بر دقیقه بیشترین مقدار بازگشتناپذیری مربوط به صفحه جذب کننده است و همچنین معادلاتی را برای تعیین بازگشتناپذیری سیستم برحسب پارامترهای جوی و عملکردی و نیز دماهای به دست آمده به دست آوردند [۳].

۲-۱- تئوری حاکم

قانون اول ترمودینامیک بیانگر بقای انرژی در تمام فرآیندها است و هیچ محدودیتی بر روی جهت انتقال انرژی تحلیل نمی نماید. ارزش یک نوع انرژی پتانسیل کار دهی و یا کیفیت آن معین می شود. حداکثر کاری که از شکل مشخصی از انرژی طی یک فرآیند بازگشت پذیر تا تعادل با محیط قابل استحصال است اکسرژی یا قابلیت کار دهی انرژی می گویند یا به عبارت ساده تر کار مفید به دست آمده از شکل و مقدار مشخص انرژی را اکسرژی گویند. بازگشتناپذیری های موجود در یک فرآیند واقعی سبب ایجاد آنترپپی و کاهش اکسرژی می شود. اگر یک سامانه با محیط در حالت تعادل باشد، قابلیت کار دهی یا اکسرژی این سامانه صفر است [۴]. پس انرژی را می توان شامل دو قسمت در نظر گرفت، قسمتی از انرژی که قابل تبدیل به کار در یک فرآیند برگشت پذیر است و اکسرژی نامیده می شود و قسمتی دیگر که قابل تبدیل به کار نیست. در سال های اخیر به منظور کمی ساختن کیفیت انرژی و آنالیز آن مفهومی تحت عنوان «آنالیز اکسرژی» تعریف شده است. منظور از آنالیز اکسرژی مشخص کردن تلفات اکسرژی ناشی از برگشتناپذیری بودن فرآیند است.

۱-۲- آنالیز اکسرژی برای یک آب شیرین کن خورشیدی [۴]

در بیشتر مطالعات تحلیلی در آب شیرین کن ها فرض بر این است که دماها را به دست می آوریم و سپس بازده تقطیر محاسبه خواهد شد با فرمول شماره (۱) به صورت زیر:

$$m_{cv} = h_{eff} \frac{(T_w - T_g)}{\lambda_{ev}} \quad (1)$$

که h_{eff} ضریب انتقال حرارت ناشی از تبخیر λ_{ev} حرارت پنهان آب است. فرمول پایه در روابط تجربی که بیان می شود برای تابش خورشید و دمای محیط برای یک دوره ۲۴ ساعته با فرمول شماره (۲) بیان می شود که دمای محیط فرمول شماره (۳) خواهد بود.

² Isotropic

¹ Torchia

یک زاویه بهینه برای دریافت بیشترین انرژی خورشید وجود دارد. این زاویه به گونه‌ی تقریبی با عرض جغرافیایی محل نصب برابر است.

این در حالی است که در دستگاه‌های آب شیرین کن خورشیدی، زاویه شیشه بر ضخامت فیلم تشکیل شده بر روی شیشه و همچنین سرعت تخلیه آن تأثیرگذار است.

ضخامت فیلم آب روی شیشه به ۱- سرعت تخلیه ۲- موقعیت صفحه ۳- انحراف از حالت عمود و ۴- ویسکوزیته مایع چگالیده شده بستگی دارد. گرانروی کمتر سبب کاهش ضخامت فیلم روی شیشه شده و باعث افزایش سرعت تخلیه می‌گردد. گرانروی مایعات با افزایش دما کاهش یافته و در نتیجه ضریب چگالش با افزایش دمای چگالش افزایش می‌یابد.

۲-۱- در یک آب شیرین کن پلکانی

مقدار تابش ورودی بر اساس عرض جغرافیایی ۳۲ درجه از فرمول شماره (۱۳) بیان می‌شود [۳]:

$$I(t) = I_{0n} [T_b \cos\theta + T_d \cos\theta Z \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right)] + [0/2 (T_b+T_d) \cos\theta Z \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)] \quad (13)$$

T_d : ضریب بازتاب شیشه

T_b : ضریب عبور برای تابش شعاعی

θ_z : زاویه شیب تابش مستقیم خورشید بر سطح زاویه‌دار است.

۲-۲- موازنه انرژی برای قسمت‌های مختلف دستگاه به شکل زیر است.

۲-۲-۲- موازنه انرژی پوشش شیشه‌ای:

انرژی دریافت شده توسط شیشه در آب شیرین کن از (خورشید و آب شور) برابر با مجموع انرژی از دست رفته از شیشه به محیط است که از رابطه شماره (۱۴) داریم:

$$I(t) \alpha_g A_g + h_z A_w (T_w - T_g) = h_{cg} - a A_g (T_g - T_a) + h_{rg-s} A_g (T_g - T_s) + m_g C_g \left(\frac{dT_g}{dt}\right) \quad (14)$$

h_{cg-a} : ضریب انتقال حرارت جابجایی از شیشه به محیط

h_{rg-s} : ضریب انتقال حرارت تابشی از شیشه به آسمان

h_z : ضریب انتقال حرارت داخلی از سطح آب به پوشش شیشه‌ای و رابطه شماره (۱۵) است.

$$H_z = h_{cw} + h_{ew} + h_r \quad (15)$$

۲-۲-۳- موازنه انرژی آب شور

انرژی دریافت شده توسط آب شور در آب شیرین کن از (خورشید و صفحه جذب کننده) برابر با مجموع انتقال حرارت جابجایی از آب به شیشه، انتقال حرارت تبخیری از آب به شیشه، انتقال حرارت تابشی از آب به شیشه و انرژی دریافتی توسط آب شور با رابطه شماره (۱۶) بیان می‌گردد.

$$I(t) Z_g \alpha_w A_w + h_1 A_p (T_p - T_w) = h_z A_w (T_w - T_g) + m_w C_w \left(\frac{dT_w}{dt}\right) \quad (16)$$

ضریب انتقال حرارت جابجایی از صفحه جذب کننده به آب به صورت رابطه

شماره (۱۷) بیان می‌شود.

$$H_1 = 0/54 \left(\frac{k_w}{x^2}\right) (G_r.P_r)^{0/25} \quad (17)$$

β_a° : تلفات اکسرژی به وسیله تشعشع و جابه‌جایی از پوشش شیشه‌ای به محیط است.

اکسرژی جریان‌های تشعشع محاسبه می‌شوند، با معادله (۵) دمای مرجع مورد نیاز برای محاسبه اکسرژی حرارتی از دمای محیط به دست می‌آید.

کلواتر^۱ پیدا کرد یک عبارت برای راندمان قانون دوم که بیان کرد تقطیر خروجی و اکسرژی ورودی را. لذا این امکان وجود دارد برای بیان راندمان اکسرژی و یک نسبت اکسرژی ورودی و خروجی از رابطه (۱۰) استفاده شود.

$$ex.col = \frac{\beta_w^\circ}{\beta_s^\circ} \quad (10)$$

این یک رابطه است برای نرخ اکسرژی ورودی برای آب شور به وسیله‌ی جابجایی، β_w° استفاده می‌شود برای گرم کردن آب شور.

برای آب شور ما می‌توانیم بیان کنیم راندمان قانون دوم را به شکل رابطه شماره (۱۱):

$$ex.ev = \frac{\beta_{ev}^\circ}{\beta_s^\circ} I_{col} \quad (11)$$

در نهایت راندمان کلی برای آب شیرین کن به شکل رابطه شماره (۱۲) است.

$$\eta_{ex.sTiLL} = 1 - \frac{(I_{col} + I_w + I_g)}{B_s^\circ} \quad (12)$$

که معادلات بالا معتبرند برای راندمان فقط در روشنایی روز.

۲- تحلیل انرژی و اکسرژی با استفاده از مدل انرژی دشتبان [۳]

در مطالعات انجام شده یکی از روش‌ها استفاده از مدل انرژی دشتبان است و به بررسی مواد زیر بر مبنای تحلیل انرژی و اکسرژی پرداخته شده است:

۱- تعیین معادلات اکسرژی با استفاده از موازنه اکسرژی برای بخش‌های مختلف سیستم.

۲- تعیین بازگشت ناپذیری‌های بخش‌های مختلف سیستم که منجر به افزایش آنتروپی و کاهش راندمان اکسرژی می‌شود.

۳- تعیین کسرهای اکسرژی.

بنابراین، نوشتن موازنه انرژی برای قسمت‌های مختلف سیستم مانند آب، پوشش شیشه‌ای و صفحه جذب کننده معادلاتی برای دماهای مربوط به هر یک از این قسمت‌ها به دست خواهد آمد. در توسعه موازنه انرژی از فرضیات زیر استفاده شده است.

۱- دستگاه به شکل مناسب عایق بندی شده و هیچ نشتی وجود ندارد.

۲- دمای آب و شیشه در طول مسیر یکنواخت در نظر گرفته شده است.

۳- اتلاف گرما از کناره‌های آب شیرین کن ناچیز است.

محاسبات انرژی و اکسرژی وابسته به شدت تابش ورودی انرژی خورشیدی می‌باشند.

جهت و زاویه نصب دستگاه نسبت به سطح افق از موارد مهم در هنگام نصب آب شیرین کن‌های خورشیدی است. مناسب‌ترین جهت برای نصب دستگاه‌هایی که شیب‌دار و ثابت هستند راستای شرق-غرب جغرافیایی است. در نیمکره شمالی دستگاه باید رو به جنوب و در نیمکره جنوبی برعکس است. بیشتر جمع کننده‌های انرژی خورشیدی برای بالا بردن میزان جذب بیشتر پرتوهای خورشید به صورت زاویه‌دار نسبت به سطح افق نصب می‌شوند. همیشه

¹ Kawatra

اکسرژی دریافت شده توسط شیشه در آب شیرین کن (از خورشید و آب شور) با مجموع اتلافات اکسرژی از شیشه به محیط EX_{g-a} تخریب اکسرژی مربوط به شیشه EX_{dg} و اکسرژی ذخیره شده $\frac{dEX_g}{dt}$ برابر است که طبق رابطه شماره (۲۱) داریم:

$$I_g = EX_{g-a} + EX_{dg} = \alpha_g EX_{sun} + EX_e \frac{dEX_g}{dt} \quad (21)$$

I_g : بازگشت ناپذیری شیشه

EX_{sun} : اکسرژی خورشید

EX_{ew} : اکسرژی تبخیری می باشد.

اکسرژی تبخیری و اکسرژی خورشید به ترتیب به صورت رابطه شماره (۲۲) بیان می شوند.

$$EX_{ew} = h_{ew} A_w (T_w - T_g) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_w + 273} \right] + \frac{4}{3} \frac{T_a + 273}{6000} \quad (22)$$

اتلاف اکسرژی خروجی از شیشه به محیط به صورت رابطه شماره (۲۳) بیان می شود.

$$EX_{g-a} = h_{tg-a} (T_g - T_a) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_g + 273} \right] \quad (23)$$

$h_{tg-a} = h_{cg-a} + h_{fg-a}$ ضریب انتقال حرارت کلی بین شیشه و محیط است.

۲-۳-۲- موازنه اکسرژی آب شور

اکسرژی دریافت شده توسط آب در آب شیرین کن (از خورشید و صفحه) با مجموع اکسرژی تبخیری از آب به شیشه EX_{ew} ، تخریب اکسرژی مربوط به آب EX_{dw} و اکسرژی ذخیره شده $\frac{dEX_{xw}}{dt}$ برابر است که طبق رابطه شماره (۲۴) داریم:

$$I_w = EX_{dw} = T_g \alpha_w EX_{sum} - EX_{ew} + EX_{pw} \frac{dEX_{xw}}{dt} \quad (24)$$

بازگشت ناپذیری آب است. شدت اکسرژی ورودی به آب از صفحه I_w

جذب کننده از رابطه شماره (۲۵) به دست می آید [۶]

$$EX_{pw} = h_{tp} (T_p - T_w) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_p + 273} \right] \quad (25)$$

۲-۳-۲- موازنه اکسرژی صفحه جذب کننده

جهت و زاویه نصب دستگاه نسبت به سطح افق از مواردی است که باید در هنگام نصب آب شیرین کن خورشیدی شیب دار مورد توجه قرار گیرد. مناسب ترین جهت برای نصب دستگاه های خورشیدی که به صورت ثابت هستند راستای شرق-غرب جغرافیای است. در نیم کره شمالی دستگاه باید روبه جنوب بوده و در نیم کره جنوبی برعکس باشد تا از انرژی خورشید به بهترین صورت بهره برداری گردد [۱].

اکسرژی دریافت شده توسط صفحه جذب کننده در آب شیرین کن (از خورشید) با مجموع تخریب اکسرژی مربوط به صفحه جذب کننده EX_{dp} اتلاف اکسرژی از صفحه به محیط EX_{p-a} و اکسرژی ذخیره شده $\frac{dEX_p}{dt}$ برابر است که طبق رابطه شماره (۲۶) داریم:

که P_r و G_r به ترتیب عدد گراش^۱ و پراتنل^۲ هستند و x' بعد مشخصه برای سطح مستطیلی افقی و kw رسانندگی گرمایی آب هستند.

۲-۲-۴ موازنه انرژی صفحه جذب کننده:

یکی از قسمت های مهم دستگاه جنس صفحه جذب کننده است. جنس صفحه های جذب کننده باید قابلیت جذب و مقاومت حرارتی بالا داشته باشند، نسبت به خوردگی مقاوم باشند و تا حد امکان از ایجاد رسوب پیشگیری نمایند.

آهن گالوانیزه، سیمان، آجر و آلومینیوم از موادی می باشند که در ساخت دستگاه های تقطیر استفاده می شوند. برای افزایش میزان جذب صفحه جذب کننده توسط رنگ سیاه پوشیده می گردد. زیر صفحه برای پیشگیری از اتلاف حرارتی و گرم نگه داشتن آب درون دستگاه باید به خوبی عایق بندی گردد. عایق باید دارای رسانایی حرارتی پایین و طول عمر بالا باشد.

انرژی دریافت شده توسط صفحه جذب کننده (از خورشید) برابر با مجموع انتقال حرارت جابجایی از صفحه جذب کننده به آب و انرژی از دست رفته از صفحه به محیطی باشد که با رابطه شماره (۱۸) بیان می گردد.

$$I(t) T_g T_w \alpha_p A_p = h_{lA_p} (T_p - T_w) + U_{bA_p} (T_p - T_\alpha) + m_{PCP} \frac{dT_p}{dt} \quad (18)$$

شکل کلی معادله موازنه اکسرژی برای حجم کنترل سیستم (آب شیرین) به شکل رابطه شماره (۱۹) است.

$$\frac{dE_x}{dt} = \sum_{in} E_x - \sum_{out} E_x \quad (19)$$

که $\sum_{in} E_x$ اکسرژی ورودی و $\sum_{out} E_x$ اکسرژی خروجی در حجم کنترل و i بازگشت ناپذیری است.

بازگشت ناپذیری به صوت مجموع اتلاف های اکسرژی از حجم کنترل تخریب اکسرژی درون حجم کنترل بیان می شود با رابطه شماره (۲۰):

$$I = \sum_{loss} EX + \sum_{des} EX \quad (20)$$

مقدار اکسرژی خارج شده از حجم کنترل که مورد استفاده قرار نمی گیرد را اتلاف اکسرژی می گویند و نیز مقدار اکسرژی تولید شده درون حجم کنترل توسط اتلاف دو مایع مختلف، اصطکاک و غیره که از حجم کنترل خارج نمی شود را تخریب اکسرژی می نامند. به دلیل آنکه بازگشت ناپذیری ها باعث تولید آنتروپی و در نتیجه کاهش اکسرژی تقسیم می شوند بایستی عوامل ایجاد آن را شناخت تا بتوان در حد امکان آن ها را به حداقل رساند. برای تعیین بازگشت ناپذیری ها به موازنه اکسرژی بخش های گوناگون دستگاه نیاز است.

۲-۳-۲- موازنه اکسرژی برای قسمت های مختلف دستگاه به شکل زیر است.

۲-۳-۱- موازنه اکسرژی پوشش شیشه ای:

1 Grashof
2 Prantel

$$E_{in} = mcp \cdot T_{in} - T_{amb} - T_{amb} \ln \frac{T_{in}}{T_{amb}} \quad (33)$$

$$E_{out} = mcp \cdot T_{out} - T_{amb} - T_{amb} \ln \frac{T_{out}}{T_{amb}} \quad (34)$$

در نهایت از رابطه شماره (۳۵) و نرخ کلی جریان اکسرژی محاسبه می شود:

$$E = m \cdot cp \cdot T_{out} - T_{in} - T_{amb} \ln \frac{T_{out}}{T_{in}} \quad (35)$$

و بازده اکسرژی برای کلکتور خورشید به صورت رابطه شماره (۳۶) نوشته می شود.

$$e = \frac{E}{A_c G} \quad (36)$$

که در این رابطه G شدت تابش خورشید و A_c سطح صفحه کلکتور است؛ و بازده انرژی که نیز که یک شاخص برای بیان عملکرد سامانه است به شکل رابطه شماره (۳۷) بیان می شود.

$$\eta = \frac{mcp \cdot T_{out} - T_{in}}{A_c G} \quad (37)$$

۵- موازنه انرژی برای یک آب شیرین کن خورشیدی با جابجایی اجباری [۸]

موازنه انرژی برای پوشش شیشه ای با رابطه شماره (۳۸) تعریف می شود:

$$A_g m_g C_p \frac{dT}{dt} = A_g \left[T_1 H_s + \frac{A_w}{A_g} Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g} \right] \quad (38)$$

در این رابطه، Q نرخ انتقال حرارت برحسب $H_s, W/m^2$ شدت تشعشع خورشید برحسب W/m^2 ، A مساحت برحسب مترمربع، T دما برحسب درجه سلسیوس، t زمان بر حسب ثانیه، C_p و m به ترتیب گرمای ویژه و جرم ماده برحسب Kj/kgK هستند. زیر نویس های g و w به ترتیب معرف پوشش شیشه ای و آب، r مربوط به تابش، c جابه جایی آزاد، evp تبخیر، sky آسمان و a معرف محیط پیرامون دستگاه است. T_1 کسری از انرژی است که توسط شیشه جذب می شود و از رابطه شماره (۳۹) به دست می آید:

$$T_1 = (1 - R_g) \alpha_g \quad (39)$$

R ضریب انعکاس و a ضریب صدور است.

$Q_{c,w-g}$ ، انتقال حرارت جابه جایی آزاد بین سطح آب و پوشش شیشه ای است

که طبق رابطه شماره (۴۰) داریم:

$$Q_{c,w-g} = h_{c,w-g} (T_w - T_g) \quad (40)$$

ضریب جابه جایی آزاد بین سطح آب و پوشش شیشه ای، $h_{c,w-g}$ از رابطه (۴۱) تعریف می شود. h برحسب $W/m^2 C$ است.

$$I_p = EX_{p-a} + EX_{dp} = T_w T_g \alpha_p EX_{sun} - EX_{pw} - \frac{dEX_p}{dt} I_p \quad (26)$$

بازگشت ناپذیری صفحه جذب کننده، α_p ضریب صفحه جذب کننده و شدت اتلاف اکسرژی صفحه جذب کننده محیط به صورت رابطه شماره (۲۷) است:

$$EX_{p-a} = U_b A_p (T_p - T_a) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_p + 273} \right] \quad (27)$$

۴- کسر اکسرژی

با استفاده از روش کسر اکسرژی در آب شیرین کن، شدت انتقال اکسرژی توسط سه حالت (تبخیری EX_{ew} ، جابجایی EX_{cw} ، تابشی EX_{rw}) به ترتیب با توجه به معادلات قبلی به شکل روابط (۲۸) و (۲۹) بیان می شود:

$$EX_{cw} = h_{cw} A_w (T_w - T_g) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_w + 273} \right] + \left(\frac{T_a + 273}{6000} \right)^4 \frac{4}{3} \frac{T_a + 273}{6000} \quad (28)$$

$$EX_{ew} = h_{ew} A_w (T_w - T_y) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_w + 273} \right] \quad (29)$$

شدت انتقال اکسرژی با جمع سه معادله بالا با رابطه شماره (۳۰) به دست می آید:

$$EX_t = h_z A_w (T_w - T_g) \left[1 - \frac{T_a + 273}{T_w + 273} \right] \quad (30)$$

بیان $h_z = h_{cw} + h_{ew} + h_{rw}$ ضریب انتقال حرارت درونی است و به صورت h_z که می شود.

شدت انتقال اکسرژی در هر حالت (شدت انتقال اکسرژی تبخیری، جابجایی، تابشی) به شدت انتقال اکسرژی کلی کسر اکسرژی نامیده می شود. به هر حال حداکثر مقدار کسر اکسرژی در هر حالت اگر هیچ انتقال اکسرژی توسط حالت های دیگر صورت نگیرد برابر ۱ است.

F_{ex} ، F_{cx} و F_{rx} به ترتیب کسر اکسرژی تبخیری-جابجایی و تابشی هستند و به صورت رابطه شماره (۳۱) بیان می شوند.

$$F_{ex} = \frac{EX_{ew}}{EX_t}, F_{cx} = \frac{EX_{cw}}{EX_t}, F_{rx} = \frac{EX_{rw}}{EX_t} \quad (31)$$

۴-۱- تحلیل اکسرژی در یک کلکتور سهموی خطی [۷]

تابش خورشیدی یک منبع مهم اکسرژی است. تابش مستقیم خورشید کاملاً متمرکز و بسیار غنی از اکسرژی است. همان طور که می دانیم ذخیره سازی انرژی حرارتی به ناپودی اکسرژی منجر می شود. کنترل نرخ جریان یک عامل مهم برای افزایش عملکرد سامانه های حرارتی خورشیدی است. لذا در تحلیل اکسرژی ورودی به کلکتور به وسیله جریان سیال در یک کلکتور سهموی خطی می توان نرخ اکسرژی ورودی را با رابطه شماره (۳۲) نشان داد [۱].

$$E_{in} = m_c \times T_{in} - T_{amb} \ln \frac{T_{in}}{T_{amb}} + \frac{m \Delta P \ln}{P} \quad (32)$$

که در این رابطه T_{amb} (دمای محیط) و T_{in} به ترتیب دمای محیط و دمای ورودی سیال به کلکتور و cp ظرفیت حرارتی و ΔP_{in} اختلاف فشار سیال در ورودی کلکتور با فشار هوای محیط و m دبی جرمی سیال است. از آنجایی که تغییر فشار اندکی در این نوع سامانه رخ می دهد $\frac{m \Delta P \ln}{P}$ قابل صرف نظر کردن است پس طبق روابط شماره (۳۳) و (۳۴) داریم:

ϵ ضریب نشر و σ ثابت استفان - بولتزمن برحسب $W/m^2.K^4$ است. T_{sky} از رابطه (۴۹) به دست می آید

$$T_{sky} = T_a - 6 \quad (49)$$

نوع دیگری از انتقال حرارتی که اتفاق می افتد، انتقال حرارت جابه جایی به محیطی باشد که از روابط (۵۰) و (۵۱) به دست خواهد آمد.

$$Q_{c,g-a} = h_{c,g-a}(T_g - T_a) \quad (50)$$

که در آن

$$h_{c,g-a} = 4.5 + 2.9V_{wind}V_{wind} \quad (51)$$

سرعت باد در پیرامون دستگاه است. ۵-۱-موازنه انرژی برای آب درون حوضچه [۹] از رابطه شماره (۵۲) داریم:

$$A_w m_w C P_w \frac{dT}{dt} = A_w [T_2 H_s + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g} + Q_{evp,w-g} - Q_{c,g-w}] \quad (52)$$

T_2 ، کسری از انرژی است که توسط آب جذب می شود، $Q_{c,b-w}$ حرارت منتقل شده از کف به آب است که مشابه حالت قبل از رابطه شماره (۵۳) به دست می آید.

$$T_2 = (1 - R_g)(1 - a_g)a_w Q_{c,b-w} \quad (53)$$

انتقال حرارت از کف به آب است که از رابطه شماره (۵۴) به دست می آید:

$$Q_{c,b-w} = h_{c,b-w}(T_b - T_w) \quad (54)$$

ضریب انتقال حرارت جابه جایی کف به آب از رابطه شماره (۵۵) به دست می آید. [۱۰]

$$Nu = \frac{h_{c,b-w} X}{k} = 0.54(Gr \cdot pr)^{1/4} h_{c,b-w} = 0.54 \frac{k}{X} \left[\frac{X^3 p^2 g \beta (T_b - T_w)}{\mu^2} \times \frac{C_p \mu}{k} \right]^{1/4} \quad (55)$$

انتقال حرارت تابشی بین سطح آب و پوشش شیشه ای است که به صورت رابطه (۵۶) تعریف می شود

$$Q_{r,w-g} = \frac{\sigma(T_w^4 - T_g^4)}{\frac{1}{\epsilon_w} + \frac{1}{\epsilon_g} + 1} \quad (56)$$

۵-۱-۱-موازنه انرژی برای کف حوضچه:

برای موازنه انرژی کف حوضچه از رابطه شماره (۵۷) داریم:

$$A_b m_b C p_b \frac{dT_b}{dt} = A_b [T_3 H_s + Q_{c,b-w} + Q_{loss}] \quad (57)$$

Q_{loss} ، حرارت تلف شده از کف دستگاه به محیط و T_3 کسری از انرژی است که توسط کف سیاه حوضچه جذب می شود با رابطه شماره (۵۸) و (۵۹) داریم:

$$T_3 = (1 - R_g)(1 - a_g)(1 - a_w)a_b \quad (58)$$

$$h_{f,w-g} = 0.884 \left[T_w - T_g + \frac{(P_w - P_g)(T_w + 273.15)}{268.9 \times 10^3 - P_w} \right]^{1/3} \quad (40)$$

در رابطه (۴۰)، p فشار جزئی بخار آب برحسب پاسکال است. با توجه به این که در دستگاه تقطیرکننده از یک فن استفاده می شود، درون دستگاه جابه جایی اجباری خواهیم داشت که از رابطه (۴۲) محاسبه می گردد:

$$Q_{f,w-g} = h_{f,w-g}(T_w - T_g) \quad (42)$$

معرف جابه جایی اجباری است. z ، زینویس $h_{c,w-g}$ ضریب انتقال حرارت جابه جایی اجباری، از رابطه (۴۳) محاسبه می شود.

$$h_{f,w-g} = 0.037 \times Re^{0.8} pr^{0.33} \quad (43)$$

Re و Pr اعداد بی بعد پرانتل و رینولدز^۱ هستند. انتقال حرارت ناشی از تبخیر آب و انتقال جرم از رابطه (۷) و (۹) محاسبه می شود. $Q_{evp,w-g}$ انتقال حرارت ناشی از انتقال جرم بر اثر جابه جایی آزاد از روابط شماره (۴۴) و (۴۵) به دست خواهد آمد.

$$Q_{evp,w-g} = h_{evp,w-g}(T_w - T_g) \quad (44)$$

$$h_{evp,w-g} = 16.273 \times 10^{-3} h_{c,w-g} \frac{P_w - P_g}{T_w - T_g} Q_{evp,w-g} \quad (45)$$

انتقال حرارت ناشی از انتقال جرم بر اثر جابه جایی اجباری است که طبق رابطه شماره (۴۶) و (۴۷) داریم:

$$Q_{evp,w-g} = h_m C \left(\frac{T_g - T_m}{T_g T_m} \right) \quad (46)$$

$$h_m = 0.03 \times Re^{0.8} Sc^{0.33} \frac{D}{d_h} C = P_2 \frac{\bar{M}_w L}{R} \quad (47)$$

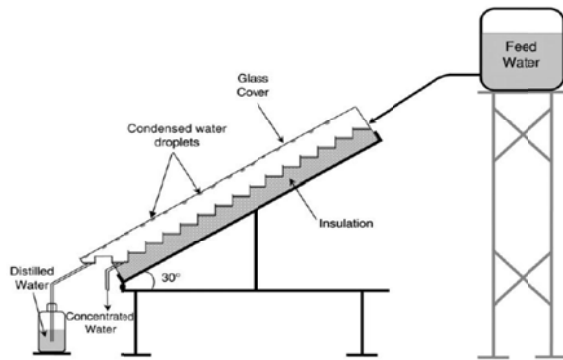
در روابط بالا، Sc عدد اسمیت، D ضریب نفوذ بخار آب در هوا، d_h قطر هیدرولیکی آب شیرین کن، L گرمای نهان تبخیر آب، p_2 (pa) فشار بخار اشباع در دمای هوای درون دستگاه \bar{M} (kg) جرم مولکولی و R ثابت جهانی گازها برحسب $Kj/kmol$ است.

$Q_{r,g-sky}$ ، انتقال حرارت تابشی از سطح شیشه به آسمان است.

$$Q_{r,g-sky} = \frac{\sigma(T_g^4 - T_{sky}^4)}{\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_{sky}} + 1} \quad (48)$$

¹ Reynolds

تولید شبانه این دستگاه صفر است. تحقیقات تجربی و تئوری متعددی درباره عملکرد و تحلیل اکسرژی آب شیرین کن های خورشیدی انجام شده است. شکل (۱)



شکل ۱ نمایی از آب شیرین کن خورشیدی پلکانی [۳]

در بررسی نتایج شبیه سازی در دبی جریان ۰/۰۶۵ کیلوگرم بر دقیقه بیشترین مقدار بازگشت ناپذیری مربوط به صفحه جذب کننده است و معادلاتی را برای تعیین بازگشت ناپذیری سیستم برحسب پارامترهای جوی و عملکردی و نیز دماهای به دست آمده به دست آمد [۳]. در این مقاله با به دست آوردن رابطه ای برای راندمان اکسرژی با استفاده از دماهای به دست آمده از تحلیل انرژی برای سه قسمت آب شور، پوشش شیشه ای و صفحه جذب کننده به بررسی تغییرات راندمان اکسرژی نسبت به زمان ورودی های مختلف آب شور ورودی پرداخته شد. بررسی نتایج شبیه سازی شده نشان داد حداکثر راندمان اکسرژی در حداقل دبی جریان ورودی ۰/۰۶۵ کیلوگرم بر دقیقه به دست آمده است زیرا با توجه به معادلات مربوط به راندمان اکسرژی مشاهده شد که راندمان اکسرژی به میزان تبخیر آب وابسته است. در حداقل دبی جریان بیان شده ضخامت لایه آب ناچیز بوده پس زمان ماندن آب بر روی صفحه جذب کننده بیشتر و مدت زمان بیشتری در برابر تابش خورشید قرار گرفته و باعث افزایش تبخیر می گردد و در نهایت باعث افزایش اکسرژی نسبت به سایر دبی ها خواهد شد. در این نوع کلکتور پس از انجام آزمایش به این نتیجه رسیدیم که در ساعت ۱۳ در نیمه دوم سال بیشترین نرخ تابش را داریم و همچنین بیشترین دمای محیط را (البته با سرعت باد اندک در حدود 1 m/s) لذا دماهای خروجی و ورودی به کلکتور نشان می دهند که از ابتدای شروع به کار سامانه یعنی ساعت ۸ صبح روند صعودی داشته و به ماکزیمم مقدار خود در ساعت ۱۳ رسیده و سپس روند نزولی داشته تا به کمترین مقدار خود در آخرین داده می رسد. علت این امر این است که دمای ورودی در کل روند صعودی داشته و در آخرین داده نسبت به اولین داده چندین درجه افزایش دما داشته و دومین علت کاهش شدت تابش در زمان عصر است. بازده انرژی و اکسرژی، نشان می دهد که تغییرات بازده انرژی تقریباً کم است که علت آن تقریباً ثابت ماندن کسر اختلاف دما نسبت به میزان شدت تابش است. ولی راندمان اکسرژی به شدت تابع شرایط محیط است. بررسی عملکرد اکسرژی تحلیل بهتری از عملکرد ترمودینامیکی سامانه ارائه می دهد. تجزیه و تحلیل از دیدگاه اکسرژی در سامانه های خورشیدی می تواند به شناسایی بخش های ناکارآمد و تلاش برای رسیدن به شرایط عملیاتی مطلوب منجر می شود.

$$Q_{loss} = U_b(T_b - T_w) \quad (59)$$

۵-۱-۲- موازنه انرژی برای هوای درون دستگاه [۱۱]

طبق رابطه شماره (۶۰) برای هوای درون دستگاه داریم:

$$m_a c_p a \frac{dT_m}{dt} = A_w(Q_{c,w-a} + Q_{evp,w-a}) + A_g(Q_{c,w-g} + Q_{evp,w-g}) \quad (60)$$

$Q_{c,w-g}$ ، انتقال حرارت جابه جایی از سطح آب و $Q_{evp,w-a}$ ، انرژی وارد شده توسط تبخیر به هوای درون دستگاه است که از روابط شماره (۶۰) و (۶۱) محاسبه خواهد شد.

$$Q_{c,w-g} = Q_{c,w-m}(T_w - T_m) \quad (61)$$

$$Q_{evp,w-g} = h_m C \left(\frac{T_m - T_w}{T_m T_w} \right) \quad (62)$$

که در آن طبق رابطه شماره (۶۳) داریم:

$$h_{c,w-m} = 0.03 Re^{0.8} Pr^{0.33} \frac{k}{d_h} \quad (63)$$

هدف اصلی از محاسبات فوق به دست آوردن میزان تولید دستگاه تقطیر کننده است. m_w نرخ تولید آب شیرین است که از رابطه شماره (۶۴) به دست می آید.

$$m_w = \frac{Q_{evp,w-g}}{L} \quad (64)$$

راندمان تقطیر کننده از رابطه شماره (۶۵) محاسبه می شود.

$$\eta = \frac{Q_{evp}}{H_s} \quad (65)$$

Q_{evp} ، کل گرمای تبخیر در یک روز و H نیز کل تشعشع دریافتی از خورشید است همان طور که مشخص است هر چه گرمای تبخیر نسبت به تشعشع خورشید بیشتر باشد، راندمان دستگاه بالاتر خواهد بود.

۶- مروری بر کارهای انجام گرفته روی انواع آب شیرین کن

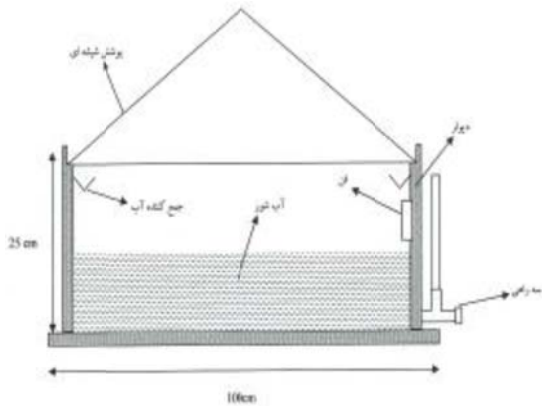
۶-۱ آب شیرین کن پلکانی آبشاری

آب شیرین کن پلکانی که نمونه خوبی از آب شیرین کن های شیب دار هستند. درون دستگاه شماری حوضچه های کوچک متوالی قرار دارد که سبب ایجاد ساختار پلکانی درون دستگاه می گردد و در آب شیرین کن های پلکانی به علت فاصله کم شیشه و پلکان فضای خالی سریع اشباع شده در نتیجه بازده این دستگاه نسبت به نوع حوضچه ای در طول روز بالاتر است. در آب شیرین کن های پلکانی به علت فاصله کم شیشه و پلکان فضای خالی سریع تر اشباع می شود لذا راندمان آن ها برای تولید آب شیرین بالاتر است. [۱۲]

همچنین مقدار راندمان اکسرژی درد پی های ۰/۰۶۵ و ۰/۱ و ۰/۱۵ و ۰/۲ کیلوگرم بر دقیقه به ترتیب برابر ۱۰/۵ و ۶ و ۴/۶ و ۳/۱۴ درصد است.

۲-۶ راندمان اکسرژی یک کلکتور آب شیرین کن خورشیدی از نوع سهموی خطی

در مقاله حاضر سعی شد تا تحلیلی بر عملکرد کلکتور خورشیدی سهموی از دیدگاه اکسرژی شود و راهکاری برای بهبود سامانه ارائه شود (شکل ۲)

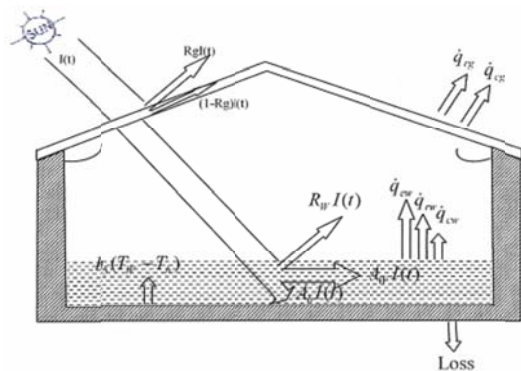


شکل ۳ شما تیکی از دستگاه آب شیرین کن خورشیدی با جابجایی اجباری [۱۳]



شکل ۲ نمای واقعی کلکتور سهموی [۷]

با توجه به اینکه در کشور ایران تعداد روزهای آفتابی زیاد است، استفاده از این تقطیرکننده ها قابل توجه است، به خصوص در مناطقی که تشعشع خورشید زیاد است و مشکل کم آبی، مانند مناطق جنوب استان خراسان، نیز وجود دارد مانند شکل (۴).



شکل ۴ موازنه انرژی دستگاه آب شیرین کن. [۱۳]

وقتی که عمق آب درون دستگاه کم باشد تولید در طی روز زودتر شروع می شود ولی با غروب خورشید تولید کاهش میابد و در نهایت به صفر می رسد. با افزایش عمق آب زمان تولید در طی روز دیرتر شروع می شود ولی با غروب خورشید تولید برای این عمق ادامه می یابد. برای این دستگاه تقطیرکننده عمق بهینه حدود ۵ سانتیمتر است.

در اغلب آب شیرین کن هایی که تا به حال ساخته شده و مورد مطالعه قرار گرفته اند، از جابجایی آزاد استفاده شده است. هر چه ضریب انتقال حرارت جابه جایی بیشتر باشد، انتقال گرما از طریق جابه جایی بیشتر خواهد بود. یکی از روش های افزایش این ضریب، افزایش عدد رینولدز است. برای افزایش عدد رینولدزی می توان سرعت جابه جایی بخار آب داخل دستگاه را به وسیله ی یک فن، افزایش داد. [۱۳]

افزایش سرعت باد باعث افزایش اختلاف دمای سطح آب و شیشه و در نهایت تولید آب بیشتر می شود که افزایش به صورت خطی نیست. افزایش تولید برای سرعت های بالاتر از ۱۰ متر بر ثانیه چشم گیر نیست.

افزایش ضخامت عایق کف و دیواره باعث افزایش تولید می شود که افزایش تولید به صورت خطی نیست. استفاده از جابه جایی اجباری باعث افزایش تولید

بررسی عملکرد اکسرژی تحلیل بهتری از عملکرد ترمودینامیکی سامانه ارائه می دهد. تجزیه و تحلیل از دیدگاه اکسرژی در سامانه های خورشیدی می تواند به شناسایی بخش های ناکارآمد و تلاش برای رسیدن به شرایط عملیاتی مطلوب منجر شود. ضمن اینکه بازده اکسرژی کلکتور در ساعت ۱۳ بیشترین مقدار را دارا است. بازده انرژی دارای تغییرات نسبتاً کمی است که علت آن ثابت ماندن کسر اختلاف دما نسبت به میزان شدت تابش است؛ و همچنین مشهود است که شدت اکسرژی به شدت تابع شرایط محیط است. از آنجایی که تابش خورشید در طول روز متفاوت است میزان انرژی ورودی به سامانه متغیر است. در نتیجه دبی بهینه سیال عبوری از سامانه باید متناسب با تغییرات تابش خورشید در طول روز تغییر کند که برای این کار پیشنهاد می شود نرخ جریان سیال ورودی به سامانه توسط یک واپاشگر کنترل شود تا بتوان عملکرد بهتری از دستگاه استخراج کرد. بازده اکسرژی به دست آمده در توافقی خوبی با مقادیر گزارش معمولاً کمتر از سه درصد در مقالات دیگر پژوهشگران است.

گرانروی مایعات با افزایش دما کاهش یافته و در نتیجه، ضریب چگالش با افزایش دمای چگالش افزایش می یابد. بررسی هانشان داد که با تغییر زاویه ی شیشه از صفر تا ۴۵ درجه نرخ تبخیر کاهش می یابد و از ۴۵ تا ۶۰ درجه افزایش می یابد و سپس از ۶۰ تا ۷۵ نرخ تبخیر سیر کاهشی را طی می کند که در روزهای سرد افزایش زاویه ی شیشه سبب افزایش تولید آب شیرین و در روزهای گرم افزایش شیب شیشه سبب کاهش میزان تولید آب شیرین می گردد. تغییر در زاویه ی شیشه سبب تغییر در فاصله ی شیشه تا سطح آب شور نیز می گردد [۱].

۳-۶ مطالعه تئوری (اکسرژی) و آزمایشگاهی یک آب شیرین کن خورشیدی با جابه جایی اجباری

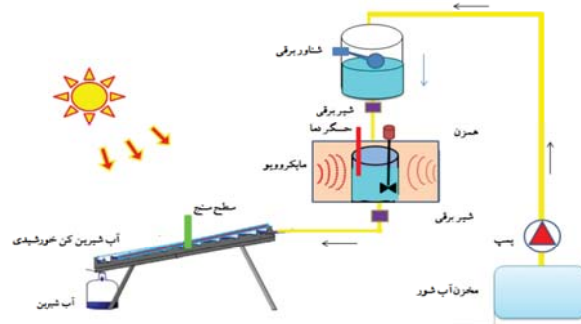
میزان تشعشع خورشید، اثر مستقیم بر تولید دارد. تشعشع خورشید باعث افزایش دمای آب درون حوضچه می شود و هر چه دمای آب شور بالاتر رود میزان تبخیر و در نهایت تولید آب شیرین افزایش میابد مانند شکل (۳).

آب شور بسیار کمتر از نرخ بازگشت ناپذیری در کلکتور خورشیدی است. در طول روز حدود ۷ ساعت اکسرژی وارد آب نمک می گردد. تلفات اکسرژی آب نمک حدود ۱۳ ساعت است. اکسرژی ذخیره شده استفاده می شود در تولید حرارت برای آب نمک در دمایی بالاتر از دمای محیط در شب پس راندمان اکسرژی آب شور کمترین مقدار را ۳ ساعت پس از غروب آفتاب خواهد داشت. از طرفی کارکرد آب شیرین کن در شب بهتر از کارکرد آن در روز است هرچند بازده تولید تقطیر کمتری دارد چون تلفات اکسرژی (خروج حرارت) از کلکتور و روکش شیشه ای بزرگ تر از نرخ بازگشت ناپذیری ها در داخل آب شیرین کن هستند. راندمان اکسرژی عایق نشان می دهد که کمترین مقدار تلفات اکسرژی مربوط به عایق است بنابراین عایق تأثیر چندانی در میزان بازگشت ناپذیری ها در مقادیر بزرگ اکسرژی را نخواهد داشت. برای عایق از ضخامت ۰,۰۲ متر اکسرژی افزایش پیدا خواهد کرد؛ و کاهش قابل توجه اکسرژی مربوط به افزایش بازگشت ناپذیری های آب شور و پوشش شیشه ای است. [۳,۴]

می شود. با افزایش عدد رینولدز، تولید افزایش می یابد که این افزایش به شکل خطی نیست. افزایش تولید آب شیرین در روز از ۱,۶۲ لیتر به ۶,۱ لیتر با روش جابجایی اجباری در عدد رینولدز ۳۵۰۰۰ قابل توجیه است.

۴-۶ آب شیرین کن خورشیدی با پیش گرمایش ماکروویو

نتایج حاصل از آب شیرین کن خورشیدی با پیش گرمایش ماکروویو به شرح شماره (۵) است.



شکل ۵ شما تیک آب شیرین کن خورشیدی با پیش گرمایش ماکروویو. [۱۴]

سامانه کنترلی در آب شیرین کن خورشیدی باعث پیوسته شدن فرایند نمک زدایی می گردد.

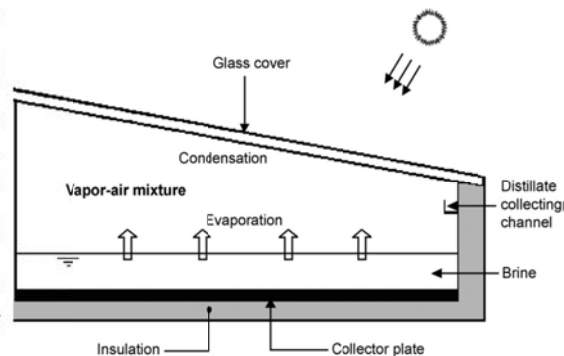
نتایج نشان داده میزان تولید روزانه آب شیرین در حالت بدون پیش گرمایش ۱,۲ کیلوگرم و بازده کلی دستگاه ۲۴ درصد است.

در حالت استفاده از پیش گرمایش میزان تولید روزانه ۳,۵ کیلوگرم و بازده کلی سامانه به ۵۳ درصد رسید.

استفاده از پیش گرمایش منجر به افزایش ۲۹۰ درصدی در میزان تولید ۲۲۱ درصدی در بازده دستگاه می شود.

۴-۴ آب شیرین کن خورشیدی غیرفعال

نتایج حاصل از تحلیل اکسرژی قسمت های مختلف این آب شیرین کن نشان داده در (شکل ۶) بعد از غروب آفتاب راندمان کلکتور به معنای واقعی کاهش می یابد.



شکل ۶ فرایند ساده شیرین سازی آب به روش تقطیر

همچنین ماکزیم بازگشت ناپذیری ها در ماکزیم تابش خورشید وجود دارد و در اختلاف دماهای کم نرخ بازگشت ناپذیری در روکش شیشه ای و

۷- فهرست علائم

دمای بیرون	T_{sky}
عدد پراوتل	Pr
عدد گراشف	Gr
دمای شیشه	T_g
عدد اسمیت	sc

علائم یونانی

اکسرژی	β°
ضریب نشر	ϵ
ثابت استعفا بولتزمن	σ

۸- مراجع

- 1] A.Purtayebi,M.Dashtban, Solar Stills And survey Effective Parametrs In Thermodynamics Efficiency,Tehran Iran 2010. (In Persian)
- 2] FTabrizi, M. Dashtban, H. Moghaddam, "Experimental investigation of a weir-type cascade solar still with built-in latent heat thermal energy storage system", Desalination, vol. 260, pp248
- 3] H. Aghazori,F. Farshchi Tabrizi, F.Sarhadi,F.Heshmatnejad,study exerjy efficiency in in stair Cascade solar still,the tird iraninan conference on renewable enrgis and distributed Generation.Tehran 2013
- 4] j.c.torchia-nunez, M.A.porta-Gandara, J.G.Cervantes-de Grtari, Exerjyanalysis of a passive solar still,Mexico April 2007
- 5] S. Sadinemi, R. Hurt, C. Halford, R. Boehm, "Theory and experimental investigation of a weir-type inclined solar still",Energy,vol.33. pp 71-80, 2008.
- 6] Dincer, I. and M.A. Rosen, "Exergy: energy, environment, and sustainable development", Elsevier Science, 2007
- 7] D.Azhari,"Calculation Transit Optimum Stream From Solar Colector With Utilize Exerjy A nalysis",The 1Th Conference And Exhibition On Environmental Energy & Clean Industrey,Tehran Iran 2012 (in persian)
- 8] A.kianifar,H.Tarahami,Laboratory and Teorical Study on Solar Still With Compulsive Substitute, tehran 1385
- 9] Hongfei, Z. Xiaoyan, Z. Jing, A group of improved heat and mass transfer correlation in solar stills, Energy Conversion amd Management, Vol. 43, Issue 18, (2002). Conversion amd Management, Vol. 43, Issue 18, (2002).
- 10] F.Tabrizi,M.Dashtban,and H.Moghaddam, "Experimental investigation of a weir-type cascade solar still with built-in latent heat thermal energy storage دستگاه 2010
- 11] Mowla, D. and Karimi, G. Mathematical modelling of solar stills in iran, Solar Energy, Vol. 55, pp. 389-393,1995.
- 12] F.Alipanah,N.Rahbar, The Effect of Number of Steps on the Performance of a Cascade Type Solar Still
- 13] J. A.Kianifar,A.Mirjafari,"Effective Stylis And Ingradient At Increase production The Solar Stills" Tehran Iran 2005.