

مدلسازی و تحلیل دینامیکی یک چیلر جذبی دوبستره با رویکرد استفاده از انرژی خورشیدی

سید عباس سادات سکاک

استادیار، رشته مکانیک، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین
sakak@eng.ikiu.ac.ir، ۹۶۸۱۸ - ۳۴۱۴۸ صندوق پستی

چکیده:

در این تحقیق، رفتار دینامیکی یک چیلر جذبی که از ژل سیلیکات به عنوان جاذب و از آب به عنوان میرد استفاده می کند، مدلسازی شده است. اثر پارامترهای مهم نظیر زمان سیکل، زمان عملکرد شیرها و زمان بازیابی حرارتی بر روی ظرفیت پمپ حرارتی و ضریب عملکرد آن تعیین و تحلیل شده و سپس مقدار بهینه آنها جهت عملکرد بهینه پمپ حرارتی محاسبه شده است. در انتها نتایج بدست آمده با نتایج تجربی مقایسه شده که تطابق بسیار خوبی را نشان می دهد. زمان سیکل ۴۵۰ ثانیه که توسط سازنده استفاده می شود، بهترین مقدار برای تحصیل حداکثر خنک کنندگی می باشد که البته تنها برای شرایط محیطی خاصی صادق می باشد، هر چند مقدار ضریب عملکرد با افزایش زمان سیکل، افزایش می یابد. در صورت استفاده از انرژی خورشیدی زمان سیکل متغیر بوده و بایستی بصورت برخط با توجه به شدت تابش، تعیین گردد.

کلیدواژگان: چیلر جذبی جامد، دوبستره، تحلیل دینامیکی، استراتژی کنترل، سیلیکاژل، انرژی خورشیدی

Modeling and dynamic analysis of adsorption double bed chillers base on using solar energy

Seyed Abbas Sadatsakkak

Department of Mechanical Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
P.O.B. 34148 - 96818 Qazvin, Iran, sakak@ENG.ikiu.ac.ir
Received: 4 November 2015 Accepted: 27 December 2015

Abstract

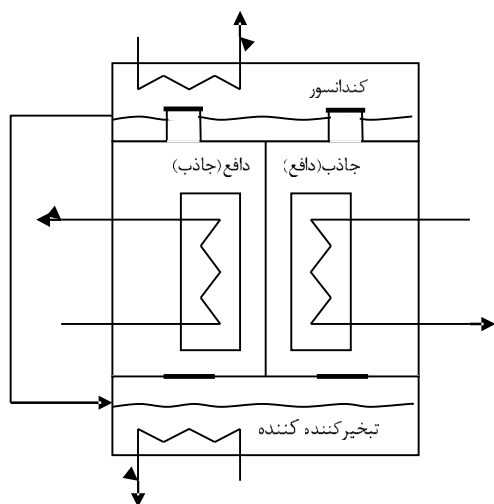
Dynamic behavior of an absorption chiller with silica-gel as absorbent and water as refrigerant is modeled. Effect of important parameter such as cycle time, switch time and Heat-Recovery on heat pump capacity and coefficient of performance are analyzed to find the optimum cooling capacity performance. The results are compared with experimental results which show excellent agreement. 450-second cycle time which is used by the manufacturer is the best value for maximum cooling capacity, which of course is only true for specified environmental conditions however coefficient of performance increases by increasing the cycle time. In case of using solar energy, more performance could be achieved if cycle time varies online regarding to solar power.

Keywords: Adsorption chiller, Double bed, Dynamic Analysis, Control strategy, Silica-gel, Solar energy



۱- مقدمه

منتقل می‌گردد. سیال میرد در تبخیر کننده با جذب گرما، تبخیر می‌شود و فرآیند جذب در بستر ۲ تا حداکثر مقدار ممکن ادامه پیدا می‌کند. پس از کامل شدن فرآیند نخست، شیرها بسته می‌شوند و بستر ۱ توسط مایع خنک‌کن سرد می‌شود، در حالی که بستر ۲ با استفاده از منبع حرارتی گرم می‌شود. وقتی بستر گرم به حد کافی خنک شد و بستر سرد به حد کافی گرم شد، شیر بین بستر سرد و تبخیر کننده باز می‌شود تا عمل جذب صورت گیرد. همچنین شیر بین تقطیر کننده و بستر ۲ باز می‌شود تا عمل دفع صورت گیرد. در نهایت دوباره بسترهای ۱ و ۲ در حالت شیرهای بسته به صورت ترتیب گرم و سرد می‌شوند تا سیکل کامل گردد.



شکل ۱ تصویر شماتیک یک چیلر جذبی دو بستره

افزایش دمای کره زمین یکی از اساسی ترین موضوعات مورد توجه در جهان امروز است. علت اصلی این افزایش تولید انرژی از سوخت‌های فسیلی و همچنین افزایش گازهای گلخانه ای می‌باشد. تبرید تراکمی از طریق مصرف انرژی و همچنین استفاده از گازهای گلخانه ای، نقش مضاعفی در تشدید اثر گلخانه ای دارد. با انتشار مقاله Rowland و همکاران [۱] سامانه‌های تهویه و تبرید به عنوان یکی از عوامل تخریب محیط زیست شناخته شد که بیشتر بدلیل تخریب لایه اوزون بود. پس از آن در پروتکل مونترال [۲] در سال ۱۹۸۷، کلروفلوروکربن‌ها و هیدروکلروفلوروکربن‌ها که از مواد میرد با کاربری وسیع بودند ممنوع اعلام شدند. در نتیجه با تلاش دانشمندان، مواد میرد جدیدی بنام هیدروفلوروکربن‌ها عرضه شدند که فاقد کلر می‌باشند. هیدروفلوروکربن‌ها باعث افزایش آلودگی گازهای گلخانه ای می‌شوند و لذا در پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۸ [۳] تصمیم به محدود کردن استفاده هیدروفلوروکربن‌ها گرفته شد. سرمایه‌های جذبی بعنوان جایگزین سرمایه‌های تراکمی می‌تواند اثرات مخرب زیست محیطی را کاهش دهد. سیستم‌های جذبی توسط حرارت عمل می‌کنند و برخلاف سیستم تراکمی، به مواد میرد مخرب محیط زیست نیاز ندارند اگرچه در مورد پدیده گرم شدن زمین، بایستی تاثیر عوامل مستقیم و غیر مستقیم در نظر گرفته شود. تاثیر مستقیم سیستم‌های جذبی در گرم شدن کره زمین ناچیز است، ولی تاثیر غیر مستقیم آنها می‌تواند با توجه با بازده کمتر آنها نسبت به سیستم تراکمی، قابل ملاحظه باشد که لزوم مطالعه دقیق آنها را توجیه می‌کند. البته برای کاهش اثرات غیر مستقیم می‌توان از انرژی‌های نو از قبیل انرژی زمین گرمایی ویا انرژی خورشیدی سود برد. در سال‌های اخیر در زمینه بهینه‌سازی چیلرهای جذبی با جاذب جامد مقالات متعددی منتشر شده است که در آن بهینه سازی براساس کنترل زمان سیکل، فشار و دمای اجزای سیکل انجام شده است. Aristov و همکاران بهینه‌سازی سیکل جذبی جامد را براساس اختصاص زمان جذب و دفع مطلوب بخار میرد توسط سیلیکاژل مطرح کرده‌اند [۴]. El-Sharkawy بهینه‌سازی زمان سیکل را با مدل سازی ریاضی مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که زمان دفع میرد توسط سیلیکاژل کمتر از زمان جذب میرد توسط آن می‌باشد [۵].

در این مقاله ابتدا اصول کار چیلر جذبی دو بستره توضیح داده می‌شود. سپس روابط حاکم و مدل دینامیکی مناسب برای هر یک از اجزاء آن بیان می‌شود. با استفاده از مدل‌های معرفی شده، یک چیلر جذبی دو بستره با روشهای کنترل دما-فشار و زمانی شبیه سازی می‌شود و سپس تاثیر روش کنترل بر روی پارامترهای مهم سیکل از قبیل ظرفیت پمپ حرارتی و ضریب عملکرد آن تعیین و تحلیل می‌شود.

۲- اصول عملکرد چیلر جذبی دو بستره

در شکل ۱ فرآیندهای اصلی یک سیکل کامل چیلر جذبی دو بستره نشان داده شده است [۶]. در این سیستم، در ابتدا با استفاده از منبع گرمایی خارجی، سیلیکاژل حاوی آب در بستر ۱ (سمت چپ) گرم می‌شود و شیر بین بستر ۱ و کندانسور باز است در حالی که شیر بین بستر ۱ و تبخیر کننده بسته است. بخار جدا شده از سیلیکاژل به کندانسور منتقل شده و توسط آب خنک‌کن در آنجا سرد شده و تقطیر میشود. همزمان در بستر ۲ (سمت راست) تحول جذب آب در فشار Pevap انجام می‌شود. چون تحول جذب گرمای است، گرمای ایجاد شده توسط آب خنک کن از سیستم به بیرون

۳- شبیه سازی ترمودینامیکی

در این بخش، نحوه شبیه سازی ترمودینامیکی چهار جزء جذب کننده، دفع کننده، کندانسور و تبخیر کننده که شامل اعمال قوانین بقای جرم و انرژی می‌باشند، انجام شده است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۳-۱ مدل فیزیکی جاذب

جاذب همانند یک مبدل حرارتی با لوله های پره دار در نظر گرفته شده است که لوله ها از جنس فولاد بوده و پره های آن مسی می‌باشند. سیلیکاژل در بین لوله ها و پره ها جاسازی شده اند. بخار آب در دمای T_{evap} در سیلیکاژل جذب می‌شود، که دارای جرم خشک m_{sg} و مقدار آب q_{ads} بر واحد جرم سیلیکاژل می‌باشد. در طی فرآیند جذب، گرمای جذب h_{ads} آزاد می‌شود، که این گرما به سیال خنک کننده (htf) با دبی m_{ads}^{htf} و دمای ورودی T_{ads}^{htf} منتقل می‌گردد. مبدل حرارتی دارای جرم m_{ads}^{hx} می‌باشد. T_{ads}^{hx} بعنوان دمای سیلیکاژل و مبدل حرارتی یکسان در نظر گرفته می‌شود. موازنه جرم سیال میرد بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\dot{m}_v = m_{sg} \cdot \frac{dq_{ads}}{dt} \quad (1)$$



$$\dot{m}_V = \dot{m}_W \quad (5)$$

که در آن \dot{m}_V جرم بخار آب وارد شده به کندانسور و \dot{m}_W جرم آب مایع خارج شده از آن می‌باشد. موازنه انرژی نیز بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned} & (m_{cond}^{hx} c_{cond}^{hx} + m_{cond}^W c_{cond}^W) \frac{dT_{cond}}{dt} + \\ & k_{cond}^{hx} A_{cond}^{hx} (T_{cond} - T_f) + m_{sg} \frac{dq_{des}}{dt} (h_W^l - h_W^V) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

جمله اول تغییر انرژی داخلی کندانسور و آب موجود در آن را بیان می‌کند. جمله دوم بیانگر مقدار انرژی منتقل شده توسط سیال خنک کننده است. جمله آخر برای در نظر گرفتن حرارت ناشی از تقطیر است. فرض می‌شود که بخار آب در فشار کندانسور و دمای دافع T_{des} وارد می‌شود و تحول تقطیر فقط تا نقطه مایع اشباع ادامه می‌یابد. که در نتیجه:

$$h_W^V = (r_0 + c_W^V T_{cond}) + c_W^V (T_{des} - T_{cond}) \quad (7)$$

$$h_W^l = c_W^l T_{cond} \quad (8)$$

که در آن r_0 گرمای نهان تبخیر در صفر درجه سلسیوس می‌باشد.

۳-۴- مدل فیزیکی تبخیر کننده

در حین فرایند تبخیر، ارتباط بین جاذب و تبخیر کننده برقرار می‌باشد. در تبخیر کننده جرم m_{evap}^W آب مایع وجود دارد که بعنوان مستهلک کننده نوسانات دما که ناشی از عملکرد ناپیوسته چیلر جذبی است، عمل می‌کند. آب داغ با دمای $T_{evap,i}^{htf}$ و دبی \dot{m}_{evap}^{htf} وارد لوله های مسی تبخیر کننده می‌شود، در حالیکه آب تقطیر شده در کندانسور با دمای T_{cond} و دبی \dot{m}_W وارد تبخیر کننده شده و روی لوله های مسی آن جریان دارد. با جذب حرارت این آب در فشار کم تبخیر شده و بخار ایجاد شده با دبی \dot{m}_V بسمت جاذب جهت جذب می‌رود. موازنه جرمی عبارت است از:

$$\frac{dm_{evap}^W}{dt} = \dot{m}_W - \dot{m}_V \quad (9)$$

و موازنه انرژی:

$$\begin{aligned} & m_{evap}^{hx} c_{evap}^{hx} \frac{dT_{evap}}{dt} + c_W^l \frac{d(m_{evap}^W T_{evap}^W)}{dt} \\ & + k_{evap}^{hx} A_{evap}^{hx} (T_{evap} - T_f) - (\dot{m}_V h_W^l - \dot{m}_W h_W^V) = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

جمله اول تغییر انرژی داخلی تبخیر کننده را بیان می‌کند. جمله دوم بیانگر مقدار تغییر انرژی داخلی آب مایع موجود در تبخیر کننده است. جمله سوم بیانگر مقدار انرژی منتقل شده توسط سیال گرم کننده است. جمله آخر برای در نظر گرفتن حرارت ناشی از تبخیر است. فرض می‌شود که آب مایع در

که در آن \dot{m}_V نرخ جرم بخار آب که جذب می‌شود، است. موازنه انرژی نیز بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned} & m_{sg} (c_{sg} + q.c_w) \frac{dT_{ads}}{dt} - m_{sg} \frac{dq}{dt} h_{ads} + \\ & m_{ads}^{hx} c_{ads}^{hx} \frac{dT_{ads}^{hx}}{dt} + k_{ads}^{hx} A_{ads}^{hx} (T_{ads} - T_f) + \\ & m_{sg} \frac{dq}{dt} (h_w^v - h_{w,in}^v) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

جمله اول تغییر انرژی داخلی سیلیکاژل و آب را بیان می‌کند. جمله دوم بیانگر مقدار انرژی آزاد شده در حین فرایند جذب است. جمله سوم نمایانگر تغییر انرژی داخلی مبدل حرارتی بوده و جمله چهارم حرارت منتقل شده به سیال خنک کن در دمای T_f می‌باشد. جمله آخر برای در نظر گرفتن حرارت لازم جهت افزایش دمای بخار آب از دمای تبخیر کننده به دمای جاذب است.

۳-۲- مدل فیزیکی دافع

دافع شامل یک مبدل حرارتی است که سیلیکاژل بین پره ها و لوله های آن جاسازی شده است. آب داغ با جریان جرمی \dot{m}_{des}^{htf} و دمای $T_{des,i}^{htf}$ وارد می‌شود و سیلیکاژل را گرم می‌کند که باعث آزاد شدن بخار آب می‌شود. این بخار آب به کندانسور رفته و در آنجا تقطیر می‌شود. موازنه جرمی آب بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\dot{m}_V = m_{sg} \frac{dq_{des}}{dt} \quad (3)$$

که در آن \dot{m}_V نرخ جرم بخار آب که جذب می‌شود، است. موازنه انرژی مشابه با موازنه انرژی جاذب بصورت زیر نوشته میشوند:

$$\begin{aligned} & m_{sg} (c_{sg} + q.c_w) \frac{dT_{ads}}{dt} - m_{sg} \frac{dq}{dt} h_{ads} + \\ & m_{des}^{hx} c_{des}^{hx} \frac{dT_{des}^{hx}}{dt} + k_{des}^{hx} A_{des}^{hx} (T_{ads} - T_f) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

جمله اول تغییر انرژی داخلی سیلیکاژل و آب را بیان می‌کند. جمله دوم بیانگر مقدار انرژی جذب شده در حین فرایند دفع است. جمله سوم نمایانگر تغییر انرژی داخلی مبدل حرارتی بوده و جمله چهارم حرارت منتقل شده از سیال گرم کن در دمای T_f می‌باشد. جمله آخر برای در نظر گرفتن حرارت لازم جهت افزایش دما بخار آب از دمای تبخیر کننده به دمای جاذب است.

۳-۳- مدل فیزیکی کندانسور

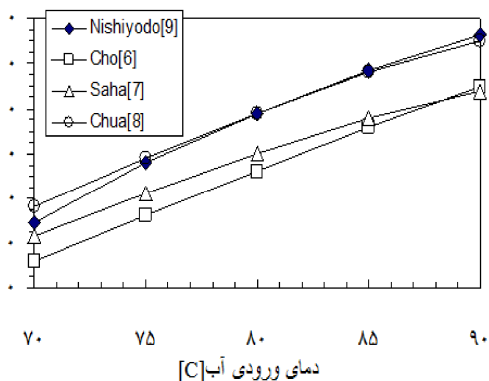
بخار آب با جریان جرمی \dot{m}_V و دمای T_{des} وارد کندانسور می‌شود. مبدل حرارتی کندانسور دارای جرم خشک m_{cond}^{hx} و دمای T_{cond}^{hx} است. دمای آب تقطیر شده برابر با دمای مبدل T_{cond}^{hx} در نظر گرفته می‌شود. آب خنک‌کن با دبی \dot{m}_{cond}^{htf} و دمای ورودی $T_{cond,i}^{htf}$ وارد می‌شود. می‌توان فرض کرد که در شروع، حداکثر آب تقطیر شده در کندانسور وجود دارد که در نتیجه موازنه جرم آب در کندانسور بصورت زیر نوشته می‌شود:



۴- نتایج

مدلسازی دینامیکی یک چیلر جذبی صنعتی با ظرفیت ۱۷۰ ک استفاده از مدل‌های ذکر شده انجام شده است. در ضمن برای محاسبه تعادلی جفت سیلیکازل و آب از سه مدل ذکر شده استفاده شد. مقایسه دقت آنها با نتایج عملی امکان‌پذیر گردد. این سه مدل عبارتند از: مدل Cho [۹] = ۲، مدل Saha [۱۱] = ۳، مدل Chua [۱۰] که در قبل تشریح شده اند. نتایج بدست آمده با نتایج تجربی Nishiyodo [۱۰] مقایسه شده‌اند.

در شکل ۲ ظرفیت سرمایی که توسط سازنده اعلام شده است مدلسازی توسط سه مدل فوق ترسیم شده است. زمان سیکل ۴۵۰ باشد. دمای ورودی آب خنک کننده ۳۰ درجه و دمای ورودی آب درجه در نظر گرفته شده است. زمان سوئیچ (زمانی که ماده جاذب اشباع رسیده است و بایستی تغییر حالت داده و به دافع تبدیل شود) در نظر گرفته شده است.



شکل ۲ ظرفیت سرمایشی بر حسب دمای ورودی آب داغ

هر سه مدل رفتار چیلر را از لحاظ کیفی به درستی پیشگویی می‌کنند. مدل ارائه شده توسط مدل Chua [۱۰] توافق بهتری با نتایج تجربی در شکل ۳ مقدار ضریب عملکرد تحت همان شرایط مرزی تره است. برای دمای آب داغ ۷۰ درجه نتایج با مدل Chua [۱۰] کامل دارد ولی در دماهای بالاتر مقدار انحراف افزایش می‌یابد. بیشترین اختلاف مربوط به مدل Chua [۱۰] است. ۱۸.۳٪ می‌باشد.

[۱۰] Chua

فشار تبخیر کننده و دمای T_{cond} وارد می‌شود و تحول تبخیر فقط تا نقطه بخار اشباع ادامه می‌یابد. که در نتیجه:

$$h_{WV}^V = (r_0 + c_{WV}^V \cdot T_{evap}) \quad (11)$$

$$h_{WV}^L = c_{WV}^L \cdot T_{cond} \quad (12)$$

که در آن r_0 گرمای نهان تبخیر در صفر درجه سلسیوس می‌باشد.

۳-۵- مدل انتقال جرم

در این تحقیق از مدل خطی که توسط Suzuki و Sakoda [۷] برای توصیف مقاومت در برابر انتقال جرم در ذرات جاذب ارائه شده است، استفاده شده است. طبق این مدل داریم:

$$\frac{dq}{dt} = k_{sa} a_p (q - q^*) \quad (13)$$

که در آن q ظرفیت متوسط جذب درون ذرات و q^* ظرفیت جذب در حالت تعادل می‌باشد که بستگی به دما و فشار جاذب دارد. ضریب کلی نفوذ $K_{sa} a_p$ حاصل ضرب ضریب انتقال جرم (K_s) و a_p نسبت سطح به حجم ذرات جاذب می‌باشد. Glueckauf [۸] رابطه زیر را برای ضریب کلی نفوذ پیشنهاد کرده است:

$$k_{sa} a_p = \frac{15 D_s}{R_p^2} \quad (14)$$

که در آن D_s ضریب نفوذ سطحی و R_p شعاع متوسط ذرات می‌باشد. D_s بستگی به دمای جاذب دارد و رابطه زیر برای آن ارائه شده است:

$$D_s = D_{s0} \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (15)$$

که در آن R ثابت عمومی گازها است. برای پارامترهای E_a و D_{s0} سیستم سیلیکازل و آب مقادیر زیر پیشنهاد شده است [۹]:

$$D_{s0} = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$E_a = 4.2 \cdot 10^4 \text{ J/mol}$$

برای q نیز مدل‌های تجربی مختلفی ارائه شده است، که سه مدل مهم آن در این مقاله با یکدیگر مقایسه شده اند و نشان داده شده است که استفاده از مدل ارائه شده توسط Chua و همکارانش [۹] که بر پایه نتایج تجربی بدست

$$q = \frac{K_0 \exp\left(\frac{ads}{RT}\right) P}{1 + \frac{K_0 \exp\left(\frac{ads}{RT}\right) P}{q_m}}$$



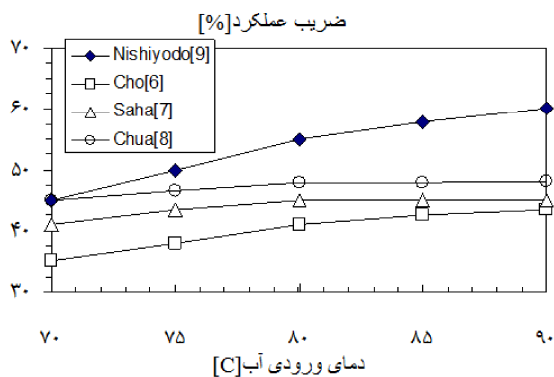
مشاهده می‌شود که زمان ۲۷ ثانیه، بیشترین ظرفیت سرمایی را ایجاد می‌کند که در مقایسه، سازنده زمان ۳۰ ثانیه را بکار می‌برد [۱۲]. زمان‌های کوتاه‌تر سوئیچ، با گرم کردن تبخیر کننده، ظرفیت سرمایی را کاهش می‌دهد و زمان‌های بلندتر، باعث کاهش زمان خنک‌کنندگی می‌شوند.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق مدلسازی ترمودینامیکی یک چیلر جذبی انجام شده است. در ابتدا مقایسه بین مدل‌های تجربی انتقال جرم انجام شده است و سپس با استفاده از بهترین آنها، مدلسازی یک چیلر جذبی نمونه انجام شده است. در انتها در تاثیر پارامترهای مهم نظیر زمان سیکل و زمان سوئیچ بر عملکرد چیلر بررسی و تحلیل شده است. نتایج مدل ارائه شده و نتایج تجربی تطابق بسیار خوبی را نشان می‌دهند. در ضمن مدل Chua [۱۰] پیش بینی بهتری را نسبت به بقیه مدل‌ها نشان می‌دهد. روش کنترلی بر اساس دما-فشار بدلیل تطبیق خود با شرایط موجود عملکرد مناسبتری را در شرایط باری مختلف نسبت به روش کنترلی زمانی دارد لذا در صورت استفاده از انرژی خورشیدی بایستی زمان سیکل متغیر بوده و بصورت برخط با توجه به شدت تابش خورشید تعیین گردد.

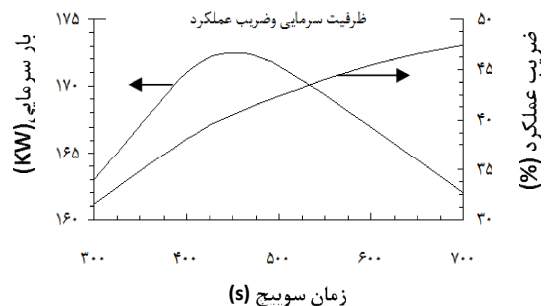
۶- فهرست علائم

- A مساحت (m^2)
- a_p نسبت سطح به حجم
- D_s ضریب نفوذ سطحی
- c گرمای ویژه ($kJ/kg.k$)
- h انتالپی (kJ)
- k ضریب انتقال حرارت ($w/m^2.k$)
- k_s ضریب انتقال جرم
- m جرم (kg)
- M دبی جرمی (kg/s)
- p فشار (kp)
- q مقدار جذب آب ($kg/kg.sg$)
- q^* ظرفیت جذب در حالت تعادل ($kg/kg.sg$)
- R ثابت عمومی گازها
- R_p شعاع متوسط ذرات (m)
- r_0 گرمای نهان تبخیر (kJ)
- T دما ($^{\circ}C$)
- t زمان (s)
- زیر نویس‌ها
- ads جاذب
- cond کندانسور
- f دافع
- i سیال ورودی



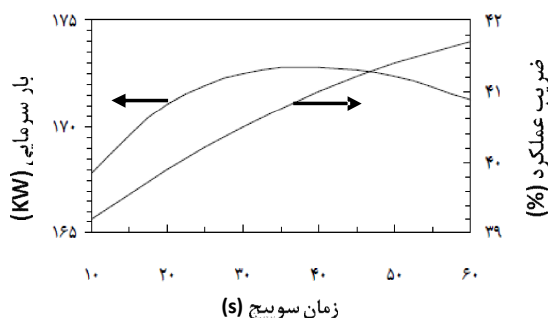
شکل ۳ ضریب عملکرد (%) بر حسب دمای ورودی آب داغ

تاثیر مدت زمان سیکل بر روی ضریب عملکرد در شکل ۴ نمایش داده شده است. زمان سوئیچ و شرایط دمایی همانند قبل در نظر گرفته شده است.



شکل ۴ ظرفیت سرمایی و ضریب عملکرد بر حسب زمان سیکل

ضریب عملکرد با افزایش زمان سیکل افزایش می‌یابد، اگرچه این افزایش در زمان‌های طولانی‌تر سیکل، کاهش می‌یابد. مقدار ظرفیت سرمایی در زمان سیکل ۴۵۰ ثانیه به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد که مطابق با زمان انتخاب شده توسط سازنده می‌باشد [۱۲]. تاثیر زمان سوئیچ بر روی عملکرد چیلر برای زمان ثابت جذب دفع ۴۲۰ ثانیه و شرایط دمایی همانند قبل، در شکل ۵ رسم شده است.



شکل ۵ ظرفیت سرمایی و ضریب عملکرد (%) بر حسب زمان سوئیچ



- [5] EL- Sharkawy I.I, Abdelmeguid H, saha B.B., *Towards an optimal performance of adsorption chillers: reallocation of adsorption / desorption cycle times*, p 171-182, 2013.
- [6] Wang R.Z., *Performance improvement of adsorption cooling by heat and mass recovery operation*, Int. Journal of Refrigeration, 24, p. 602,2001.
- [7] Sakoda A. and Suzuki M., *Fundamental study on solar powered adsorption cooling System*, Journal of Chemical Engineering Japan, 17(1), p. 52, 1984.
- [8] Glueckauf. *Trans. Faraday Sci.*, 51, p. 1540,1995
- [9] Cho S.H. and Kim J.N., *Modeling of a silica gel/water adsorption cooling system*, *Energy*, 17(9) p. 829. 1992
- [10] H.T., Ng K.C., Chakraborty A., Oo N.M., and Othman M.A., *Adsorption characteristics of silica gel water systems*, *Journal of Chemical Eng. Data*, 47, p.1177, 2002.
- [11] Saha, B.B., Boelman, E.C. and Kashiwagi,T., *Computer simulation of a silica gel-water Adsorption refrigeration cycle-the influence of the operation conditions on cooling output and COP*, ASHRAE Trans. Res;101(2),p.348, 1995
- [12] *Technical Brochure from www.adsorption.de* GBUmbh Adsorption

بالا نویسیها

htf سیال خنک کننده

hx مبدل

l مایع

v بخار

w آب

۷- مراجع

- [1] Rowland F.S. and Molina M.J., *Stratospheric sink for chlorouromethanes: Chlorine-atom catalysed destruction of ozone*, *Nature*, 249, p. 810, 1974.
- [2] United Nations Environment Programme. *The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. United Nations Environment Programme.
- [3] United Nation, *Report of the Conference of the Parties on Its Third Session*, United Nation, Kyoto 11 December 1997.
- [4] Aristov Yu.I, Sapienza A, Ovoshchnikov D.S, Freni A, Restuuccia.G, *Reallocation of adsorption and desorption times for optimization of cooling cycles*, p 525-531, 2012.

