دراسة بارامترية لمقطر شمسي معزز باسترجاع الحرارة ودوران الهواء

مغرم سالم الشهري

المستخلص

في هذا البحث سوف يتم انجاز دراسة بارامترية للمقطر الشمسي والتي تؤثر على زيادة الإنتاج من الماء المقطر. وهذه الدراسة تشتمل على إمكانية زيادة الإنتاج بواسطة استخدام نظام الاسترجاع الحراري وإعادة تدوير الهواء المحمل ببخار الماء داخل المقطر الشمسي. ولقد تم وضع المقطر الشمسي الحالي بزاوية ٣٠ درجة على الأفق مواجهاً الجنوب الجغرافي ويتكون من حجرتين ، الحجرة العلوية وتعمل كمبخر (وحيث يحدث ترطيب للهواء) والحجرة السفلية وتعمل بنظام الاسترجاع الحراري حيث يتم تكثيف البخار المحمول في الهواء (إزالة الرطوبة).

إن الغرض من هذا البحث هو دراسة تأثير البارامترات المختلفة على الأداء العام للمقطر الشمسي. واشتملت الدراسات على استخدام سعات حرارية مختلفة ، معدلات مختلفة لتدفق ماء التغذية، درجة حرارة الماء المغذي ومعدلات تدفق ماء التبريد إلى نظام الاسترجاع الحراري. حيث ان الماء الناتج عن التكثيف على الغطاء الزجاجي (GC) يضاف إلى الماء الناتج من عملية الترطيب وإزالة الترطيب (DH) ليكونا معاً الإنتاج العام للمقطر. وقد أظهرت النتائج أن فعالية أداء المقطر وكمية الإنتاج من الماء العذب تزداد بزيادة تدفق كتلة ماء التغذية إلى المبخر وكذلك بزيادة معدلات ماء التبريد. عند معدلات تدفق ماء التغذية وماء التبريد تساوي ١٨٠ كجم/س كانت كمية الإنتاج ١.٧٤ لتر/ م^{٢} . يوم ، ٢.٠٦ لتر/ م^{٢} . يوم و ٢.٧٦ لتر/ م^{٢} . يوم عند معدل سعات حرارية (C) وهي ٣٦٧.٥ كجول/م^{٢}. د$^{\circ}$، ٢١٠ كجول/م^{٢}. د$^{\circ}$ و ٨٨.٢ كجول/م^{٢} .د$^{\circ}$ على التوالي. وقد أظهرت النتائج أن الماء الناتج من عملية إزالة الترطيب (DH) كانت تمثل حوالى ٥٠-٥٥ % من الانتاج الكلي للمقطر عند تدوير الهواء طبيعياً وبدون استخدام سخان كهربائي، وكان الانتاج يمثل ٦٠-٦٥ % عند تسخين ماء التغذية بواسطة استخدام سخانات كهربائية حتى وصلت الى ٧٠ % عند تدوير الهواء قسرياً وتسخين ماء التغذية.

تم تركيب عدد اثنان سخانات كهربائية في النظام تعمل بشكل منفرد لدراسة تاثيرزيادة درجة حرارة ماء التغذية. وقد أظهرت النتائج أن نسبة أداء الفعالية التراكمية اليومية للمقطر وكمية

إنتاج الماء العذب تزداد بزيادة درجة حرارة الماء الداخلة للمقطر الشمسي. أظهرت النتائج انه عند استخدام سخان كهربائي واحد (١٢٠٠ W) كانت نسبة الفعالية التراكمية للمقطر كالتالي وهي ٠.٢٨ ، ٠.٤١ و ٠.٥٠ باستخدام منظم درجات حرارة ٤٠ د° ، ٦٠ د° و ٨٠ د° على التوالي . حيث ان نسبة فعالية للمقطر (كجم ماء عذب لكل ٢٣٣٠ كجل حرارة مكتسبه) للمقطر ازدادت من ٠.٥٠ ، ٠.٦٢ و ٠.٧٤ عند تشغيل عدد اثنان سخانات كهربائية الكهربائية (٢٤٠٠ W).

تم تركيب عدد من المراوح الصغيرة لعملية تدوير الهواء داخل دائرة مغلقه مابين المبخر والمكثف. حيث تم تشغيل المقطر الشمسي عند الظروف المرادفة لأعلى إنتاج من التجارب السابقة لهذه الدراسة، عند معدلات تدفق ماء التغذية وماء التبريد ١٨٠ كجم/س و عند مستوى تسخين تساوي ٨٠ د° ، حيث تم عمل مقارنه لتأثير دوران الهواء - طبيعياً وقسرياً- داخل المقطر الشمسي على معدل الإنتاج اليومي وفعالية أداء المقطر. أثبتت النتائج أن فعالية الأداء ازدادت من ٠.٧٥ إلى حوالي ٠.٩٠ يرادفها زيادة في كمية الإنتاج اليومي ١٠.٧٢ لتر/ م^{٢} . يوم إلى حوالي ١١.٨٥ لتر/ م^{٢} . يوم (10.5 %) وذلك بزيادة عدد المراوح من ١ إلى ٤. وفي حين كانت كمية الإنتاج اليومي في حالة الدوران الطبيعي للهواء (بدون مراوح) هو ١٠.٠٠ لتر/ م^{٢} . يوم كانت كمية الإنتاج اليومي مع الدوران ألقسري للهواء حوالي ١١.٨٥ لتر/ م^{٢} . يوم وهو مايمثل زيادة مقدارها ١٨.٥ %. وبوجه عام فان المقطر الشمسي يستطيع انتاج مايعادل ٣ اضعاف ماتم انتاجه بواسطة المقطرات الشمسية العادية ٤ لتر/ م^{٢} . يوم ، او ٩.٣٦ اضعاف الماء المتجمع على الغطاء الزجاجي للمقطر (GC) فقط.

تمت مقارنة نتائج الماء المتجمع على الغطاء الزجاجي للمقطر (GC) مع الكمية المحسوبة من النماذج النظرية بواسطة برنامج حاسوب بلغة FORTRAN لتنبؤ بفعالية المقطر الشمسي عند معدلات تدفق ماء التغذية ١٨٠ كجم/س وعند ثلاث سعات حرارية مختلفة للمقطر: ٣٦٧.٥ كجول/م^{٢}. د°، ٢١٠ كجول/م^{٢}. د° و ٨٨.٢كجول/م^{٢} .د°. وأظهرت الدراسات أن النتائج النظرية كانت مقاربة بشكل جيد مع النتائج العملية.

PARAMETRIC STUDY OF A SOLAR STILL ASSISTED WITH HEAT RECOVERY AND AIR CIRCULATION

BY

MUGHRAM SALEM AL-SHEHRI

ABSTRACT

The present work is an effort to study the parameters which affects the yield of the distillate water output from a solar still. The still incorporate a heat recovery subsystem and air mass circulation Humidification / Dehumidification (H/DH) subsystem inside the solar still. The study employed a solar still inclined southward against the sun by 30^o to horizontal and consists of two chambers, the upper chamber works as an evaporator (air humidification section) while the lower works as a heat recovery section where the recirculated humidified air mass is dehumidified.

The objective of the present work is to study the effects of various parameters on the overall system performance. These parameters include the still thermal capacity, feed water flow rate, feed water temperature and cooling water flow rates for the heat recovery subsystem. The output collected from the condensate or the glass cover (GC) is added to that collected from air dehumidification (DH) , summation represents the overall production. The overall productivity of the still increases as the thermal capacity decreases, In addition, the results showed that increasing of the feed and cooling water flow rates will increase the overall production rates and the still performance increases as well. At equal feed and cooling water flow rate of $\dot{m}_f = \dot{m}_{cw} = 180\,kg/h$, the system output was about 1.74 L / m^2.day, 2.06 L / m^2.day and 2.76 L / m^2.day when the thermal capacity of the still changes from $367.5\,kJ/m^2.^0C$, $210\,kJ/m^2.^0C$ to $88.2\,kJ/m^2.^0C$ respectively. The contribution of the (DH) to the distillate output varied from 50-55% for natural circulation with no heaters, to 60-65% for natural circulation with electric feed heaters and it reached 70% for forced circulation with electric feed heaters.

Two immersion electric heaters are used for feed preheating. The results showed that, as the feed water temperature increases, the overall output of distilled water increases and the performance ratio of the system increases as well. The experiments showed that, by using one electric heater (1200 W) to preheat the feed water the daily performance ratio of the solar still was about 0.28, 0.41 and 0.50 at thermostatic temperature setting of 40ºC, 60ºC and 80ºC respectively. Whereas, that the performance ratio (Kg distillate per 2330 KJ input heat) of the solar still increased

from 0.50, 0.62 and 0.74, by operating two electric heaters (2400 W).
Air circulating small fans are used to circulate the air in a closed circuit between the evaporation chamber and the condensation chamber (H/D). By employing the conditions for the best output from previous tested parameters, $\dot{m}_f = \dot{m}_{cw} = 180\,kg/h$ and *temperature setting of* $80^{o}C$, a comparison is made between natural and forced air circulation in the still. The results showed that the daily overall performance ratio of the still increased from 0.75 to about 0.90 and the overall distillate output was increased from 10.72 L / m^2.day to about 11.85 L / m^2.day $(i.e.an\ increase\ of\ about\ 10.5\ \%)$ as the number of used fans increased from one to four fans. The output of the still at natural convection (no fans) was about 10.00 L / m^2.day whereas, the overall output of the still at forced convection by using four fans was about 11.85 L / m^2.day, which represent a rise of 18.5 %. In general, the present solar still can generate a distillate output which is about three times that sited in the literature of 4 L / m^2.day, or 9.36 times that for the present still subsystem (GC) alone at similar conditions.

The distillate collected from the still subsystem glass cover, (GC) is compared with that of an available theoretical model by using "FORTRAN PROGRAM" as is[6] which is used to predict the hourly production rate of (GC) for $\dot{m}_f = 180\,kg/h$ for the three thermal capacities of the still $:88.2\,kJ/m^{2}.^{0}C$, $210\ kJ/m^{2}.^{0}C$ and $367.5\ kJ/m^{2}.^{0}C$. The predicted results for the solar still matched reasonably with the collected results.