

التصميم والتقييم الحراري لمكيف هواء شمسي هجين في الموصل/ العراق

عمر محمد حمدون

محمود فؤاد محمد داؤود

eng.omar.m.hamdoon@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم الهندسة الميكانيكية

تاريخ القبول: 28/1/2022

تاريخ الاستلام: 15/11/2021

الخلاصة

في هذه الدراسة، تم إجراء دراسة عملية لتحسين معامل الاداء لمكيف هواء شمسي هجين ومقارنته مع اداء مكيف هواء تقليدي. اشتملت الدراسة على دراسة معدل التوفير بالطاقة الكهربائية للمنظومة الهجينة المقترحة خلال ثلاث أشهر متوالية وهي (حزيران، تموز، آب). تألف مكيف الهواء الشمسي الهجين من مكيف هواء تقليدي ذو سعة تبريد (12000 وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة) وضغط متغير السرعة يعمل بمائع تبريد (R-410A) مركب الى مجمع شمسي مستوي. يتكون المجمع الشمسي من لوح شمسي مستوي مدمج مع خزان تخزين الماء الحار. يوجد داخل الخزان مبادل حراري على شكل ملف نحاسي لولبي يمر بداخله مائع التبريد المغادر لضغط مكيف الهواء الشمسي الهجين. تم تركيب صمام ملف لولبي عدد 2 للتحكم باتجاه جريان مائع التبريد المغادر للضغط اما الى المبادل الحراري الشمسي ومن بعدها الى المكثف او الى المكثف مباشرة. بينت نتائج التجربة العملية ان الحرارة المضافة الى مائع التبريد اثناء مروره من خلال المبادل الحراري الشمسي زادت من طاقته الحركية ودرجة حرارته وبالتالي عظمت من كمية الحرارة المطرودة بواسطة المكثف مما ادى الى زيادة التبريد الدوني لمائع التبريد المغادر للمكثف وكذلك زيادة التأثير التبريدي للمبخر وبالتالي رفع معامل الاداء وخفض استهلاك الضغوط للطاقة الكهربائية. تم ايجاد معدل التوفير بالطاقة الكهربائية اضافة الى حساب معامل الاداء (COP) للمنظومات الثلاث (مكيف الهواء التقليدي، مكيف الهواء الشمسي الهجين بدون التحكم باتجاه جريان مائع التبريد-الحالة الاولى، مكيف الهواء الشمسي الهجين مع وجود تحكم في اتجاه جريان مائع التبريد-الحالة الثانية). اثبتت النتائج بان اعلى تحسين في معامل الاداء لمكيف الهواء الشمسي الهجين-الحالة الاولى والثانية هو (12.2%- 16.3%) مقارنة بمعامل الاداء لمكيف الهواء التقليدي، وان اعلى معدل للتوفير بالطاقة الكهربائية لمكيف الهواء الشمسي الهجين-الحالة الاولى والثانية هو (15.9%- 18.7%) مقارنة بمكيف الهواء التقليدي.

الكلمات المفتاحية:

مكيف هواء هجين، معامل الاداء، التوفير بالطاقة الكهربائية.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

<https://rengj.mosuljournals.com>

1. المقدمة

الظروف الجوية والموقع واتجاه السطح. من تطبيقات الطاقة الشمسية: توليد الكهرباء، وتحلية مياه البحار، وتجفيف المحاصيل الزراعية، وتسخين المياه في المنازل، بالإضافة الى استخداماتها في تبريد وتكييف الهواء. فالطاقة لا تنفد ولا تستحدث ولكنها تتحول من شكل الى اخر فمن الممكن تحويل الطاقة الشمسية وتخزينها؛ اما عن طريق تحويلها الى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الكهروضوئية وتخزينها بالبطاريات، او عن طريق تحويلها الى طاقة حرارية بواسطة المجمعات الحرارية الشمسية [3]. تعتبر تقنيات استخدام الطاقة الشمسية في تكييف بنايات احدى أكثر التقنيات الواعدة في مجال الاستفادة من الطاقة الشمسية لما لها من امكانية لخفض احمال تبريد بنايات والتي تشكل في العراق معظم الاحمال الكهربائية صيفاً. ان تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة يتم الاستفادة منها في التبريد يتم عن طريق مكيفات الهواء الشمسية الهجينة. في هذا الفصل سنذكر انواع مكيفات الهواء الشمسية الهجينة ومكوناتها وميزاتها وآلية دمج انظمة التكييف التقليدية مع المجمعات الشمسية. من مزايا المجمعات الشمسية المدمجة مع مكيفات الهواء هي [4]: تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية، الزيادة في مقدار كفاءة التبريد والتحسين في معامل الاداء . هناك العديد من البحوث والدراسات التي ركزت على تقليل الطاقة الكهربائية المستهلكة في مكيفات الهواء، ورفع معامل ادائها.

الطاقة جزء مهم في الحياة البشرية وأن استمرار الحياة ورفاهيتها يعتمد على توفر الطاقة، تتوفر الطاقة بأشكال مختلفة مثل الكهربائية والميكانيكية والكيميائية... الخ. تعتبر ديمومة الطاقة الكهربائية اساس لديمومة الحياة البشرية ورفاهيتها. حسب تقرير الاحصائي السنوي لوزارة الكهرباء لعام 2018 [1] اضافة الى العجز الكبير في تجهيز الطاقة الكهربائية، فان نسبة 95 % من انتاج الطاقة الكهربائية يكون عن طريق استخدام الوقود الاحفوري التي لها اثار كارثية على بيئة الارض من انبعاث الغازات الملوثة ومركبات الكربون الكلورية وارتفاع في درجات الحرارة. التغييرات المناخية وظاهرة الاحتباس الحراري قادت العلماء نحو البحث المكثف على مصادر طاقة بديلة ومتجددة ودراسة امكانية الاستفادة منها واستغلالها في التطوير الصناعي ولخدمة الحياة البشرية. من انواع الطاقة المتجددة هي طاقة الرياح وطاقة المد والجزر والطاقة الشمسية وغيرها. تصل الطاقة الشمسية الى الارض عن طريق الإشعاع الشمسي، هذا الإشعاع يكون على هيئة موجات كهرومغناطيسية او أشعة كهرومغناطيسية تتراوح أطوالها الموجية بين الأشعة تحت الحمراء (الطويلة) إلى الأشعة فوق بنفسجية (القصيرة) [2]. تصل كمية الطاقة الشمسية التي تضرب سطح الأرض الى حوالي 1000 واط لكل متر مربع تحت السماء الصافية وهذا يتوقف على

نمذجة ومحاكاة الأداء الحراري لنظام تكييف الهواء بمساعدة الطاقة الشمسية عند الظروف الجوية لمدينة بغداد-العراق. يتكون النظام من مكيف هواء تقليدي ومجمع شمسي مع خزان تخزين ومكثف أنبوبي مع برج تبريد. استخدم في الحل برنامج حل المعادلات الهندسية EES لمحاكاة نظام مكيف الهواء الشمسي الهجين، وقد شمل التحليل تأثير عوامل مختلفة مثل : درجة حرارة التبخر، ودرجة حرارة التكتيف، ومعدل تدفق كتلة التبريد والإشعاع الشمسي، على استهلاك الطاقة ومعامل أداء النظام. بينت نتائج الباحثين انه بإمكان تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية من 1.05 كيلو واط الى 0.7 كيلو واط وكذلك رفع معامل الاداء من 3.15 الى 4.8 عند زيادة كثافة الاشعاع الشمسي من 300 واط/م² الى 1000 واط/م² عند درجة حرارة تكتيف ثابتة 40 م⁰ ودرجة حرارة تبخير ثابتة عند 9 م⁰. قام الباحث عزالدين لاكينزي وجماعته [8] بالتقييم النظري للأداء الحراري لمكيف هواء شمسي هجين يعمل تحت ظروف مناخية مختلفة. يتكون مكيف الهواء الهجين من مكيف هواء تقليدي يعمل بمائع تبريد مدمجة مع خزان تخزين للماء الحار والذي يحتوي بداخله على ملف نحاسي لتسخين مائع التبريد المغادر لضغط مكيف الهواء. اشتمل التحليل حساب كفاءة الاداء الحراري وكمية التوفير بالطاقة الكهربائية. اظهرت نتائج البحث امكانية توفير 20% من الطاقة الكهربائية المستهلكة عندما تكون درجة حرارة الماء داخل خزان المجمع الشمسي حوالي 70 م⁰. قامت الباحثة هند وجماعته [9] بدراسة نظرية لآلية التبريد في مكيف هواء شمسي هجين بالاعتماد على مخطط الضغط-الطاقة الحرارية. تمت المقارنة بين ثلاث انواع من موانع التبريد (R-134a, R-410A, R1234ze)، ودراسة تأثيرها على درجة حرارة المائع الخارج من خزان الماء الحار التابع للمجمع الشمسي ومعدل التدفق الكتلي وبالتالي على معامل اداء المنظومة وتحت ظروف تشغيل نظرية كانت فيها درجة حرارة المبخر والمكثف (0-40) م⁰ على التوالي وكان الجريان الكتلي للهواء في المبخر والمكثف (0.24 - 0.64) كيلو غرام لكل ثانية على التوالي مع ثبات سعة التبريد والمساحة السطحية للمبخر. تمت نمذجة واشتقاق المعادلات الحاكمة لكل جزء من اجزاء المنظومة بالاعتماد على معادلة الطاقة ومعادلات الديناميكية الحرارية والخواص الفيزيائية لموانع التبريد. اظهرت النتائج النظرية ان معامل الاداء للمكيف الذي يعمل بمائع التبريد (R-1234ze) أكبر من معامل الاداء للمكثفين اللذان يعملان بمائعي التبريد (R134a, R410A). درس الباحث جيتان وجماعته [10] مكيفات الهواء المنفصلة الهجينة ذات المجمعات الحرارية الشمسية والتي تعمل مع مائع التبريد (R410A) في هذا البحث كانت المجمعات الحرارية الشمسية هي عبارة عن انابيب مفرغة شمسية يمر من خلالها مائع التبريد ويتم تركيبها بعد ضغوط مكيف الهواء والتي بدورها تمتص الطاقة الحرارية الشمسية الساقطة عليها، وتنقلها الى مائع التبريد. في هذا البحث تم دراسة التحسين في معامل الاداء الحراري للمنظومة باستخدام الانبوب الزجاجي المفرغ ذو الجدار الواحد. لاحظ الباحثون ان رفع الضغط وزيادة درجة حرارة مائع التبريد الخارج من الضغوط بواسطة الانابيب المفرغة يؤدي الى تحسين عملية التكتيف وبالتالي الى تقليل الطاقة الكهربائية التي يستهلكها الضغوط في اجهزة التبريد. واطهرت النتائج ان معدل توفير الطاقة الكهربائية خلال النهار كانت 29 % . قام الباحث احمد عبد محمد وجماعته [11] بتجربة عملية لمكيف هواء شمسي هجين تحت الظروف الجوية العراقية وكانت التجربة في محافظة بغداد لدراسة مدى ملائمة هذا الجهاز للأجواء العراقية الحارة. استخدم في هذا البحث مكيف هواء تقليدي يعمل بمائع تبريد (R-22) وبقدرة تبريد 3.5 كيلو واط والمتكون من ضاغط دوارة محكم، والمكثف من نوع الزعانف والانبوب، وصمام التمدد والمبخر من

احدى اهم الطرق المستخدمة لتحقيق ذلك، تتضمن اضافة المجمعات الشمسية لمكيفات الهواء التقليدية. قام الباحث فهد وجماعته [5] بتجربة عملية لاختبار اداء مكيف هواء يعمل بمساعدة الطاقة الشمسية، والذي يتكون من ستة اجزاء رئيسية وهي الضاغط والمكثف وصمام التمدد والمبخر والمجمع الشمسي المتكون من الانابيب الشمسية المفرغة المدمجة مع خزان تخزين الماء الحار، بالإضافة الى ذلك صمام لولبي ثلاثي. تم تركيب الاجزاء الثلاثة انفة الذكر بين الضاغط والمكثف. تستقبل الانابيب الشمسية المفرغة الاشعاع الشمسي حيث تسخن المياه التي بداخل خزان التخزين ذو سعة قدرها (35) لتر، وبالتالي ترتفع درجة حرارة مائع التبريد الخارج من الضاغط والماء من خلال الملف النحاسي الموجود داخل الخزان، ان هدف اضافة صمام لولبي ثلاثي وتركيبه بعد الضاغط هو لتنظيم عملية جريان مائع التبريد الداخل الى الملف النحاسي داخل خزان الماء الحار التابع للمنظومة الشمسية وبالنتيجة التحكم بدرجة حرارة مائع التبريد الداخل الى المبخر والذي يؤدي الى زيادة كفاءة التبريد. بينت النتائج بان معامل الاداء قد ازداد بمقدار (6.7) % اعلى من مكيف الهواء التقليدي. تمته لبحثه السابق قام الباحث فهد وجماعته [6] بتطوير مكيف هواء هجين شمسي الذي يتكون من مكيف هواء تقليدي يعمل بمائع التبريد (R-410A) والمتكون من الضاغط والمكثف وصمام التمدد والمبخر ومجمع شمسي مع خزان ماء حار يركب بين الضاغط والمكثف، ان الفرق عن البحث السابق هو ان الباحثون لاحظوا بان التحكم في فتحة الصمام النسبية عند الاحمال الجزئية تزيد من التبريد الدوني (subcooling) لمائع التبريد الداخل الى صمام التمدد عند الاحمال الجزئية. وبسبب ان درجة حرارة المحيط متغيرة وغير ثابتة وان درجة حرارة الماء داخل خزان التخزين تميل الى الزيادة، تم استخدام آلية تحكم جديدة وهي بإضافة صمام الملف اللولبي المضمن (inline solenoid valve) وتركيبه بعد ضاغط مكيف الهواء لينظم نسبة الجريان الكتلية لمائع التبريد المار خلال الملف النحاسي الموجود داخل خزان الماء الحار للمنظومة الشمسية. تمت مقارنة النتائج بين مكيف الهواء الهجين الشمسي الذي يعمل بمنظومة السيطرة ومكيف الهواء الهجين الشمسي الذي يعمل بدون منظومة السيطرة، لوحظ زيادة في معامل الاداء للمنظومة التي تعمل بمساعدة منظومة السيطرة بمقدار 9% من المنظومة التي تعمل بدون سيطرة، مع التقليل من استهلاك الطاقة الكهربائية بمقدار 6.25%. قام الباحث نجم جاسم واخرون [7] بدراسة تجريبية لتقييم الاداء الحراري لمكيف هواء يعمل بمساعدة الطاقة الشمسية تحت الظروف الجوية العراقية. تتكون المنظومة المقترحة من ثلاث دورات رئيسية والمدمجة مع بعضها البعض وهي دورة مكيف الهواء التقليدي، ودورة برج تبريد المكثف، ودورة المجمع الشمسي المتكون من الانابيب المفرغة للمجمع الشمسي مع خزان تخزين الماء الحار. تم تركيب خزان التخزين للمجمع الشمسي بعد ضاغط مكيف الهواء لرفع درجة حرارة مائع التبريد المغادر للضاغط، باعتبار خزان التخزين كمبادل حراري. اما برج تبريد المكثف فيتكون من برج تبريد من النوع المائي ومبادل حراري، تم تركيب المبادل الحراري ليرج التبريد مع مكثف مكيف الهواء لخفض درجة حرارة مائع التبريد الخارج من خزان التخزين. يمر بعد ذلك مائع التبريد من خلال صمام التمدد الى مبخر مكيف الهواء لإتمام عملية التبريد. اظهرت نتائج البحث انخفاض استهلاك الطاقة الكهربائية من 1.2 كيلو واط الى 0.9 كيلو واط واكتساب المجمع الشمسي كمية حرارة مقدارها 0.543 كيلو واط. بينت النتائج ايضاً ان معامل الاداء قد ازداد من 2.493 الى 2.725 عند اكتساب المجمع الشمسي كمية حرارة مقدارها 0.831 كيلو واط. وان متوسط توفير الطاقة الكهربائية كان يتراوح بين (23-32) % . أجري نجم جاسم وجماعته دراسة نظرية اخرى [16] حول

5. الاختلاف في سعة تبريد مكيفات الهواء. بينت الدراسات السابقة أيضاً أن مكيف الهواء الهجين لم يختبر في الظروف الجوية لمدينة الموصل. التجارب التي اختبرت أداء مكيف الهواء الهجين عند الظروف الجوية للعراق/بغداد [4] [12] كانت ذات ضاغط ثابت السرعة يعمل بغاز R-22. جميع الدراسات السابقة استخدمت مجمع شمسي ذو انابيب مفرغة، ومن هنا تتضح اهمية الدراسة الحالية والتي تختبر عند الظروف الجوية لمدينة الموصل - العراق أداء مكيف هواء شمسي هجين له ضاغط متغير السرعة يعمل بغاز R-410A، إضافة الى مجمع شمسي مستوي مع خزان تخزين ومبادل حراري. ان اختيار المجمع الشمسي المستوي بدل مجمع الانابيب المفرغة يعزى الى توفر مكوناته في الاسواق المحلية وسهولة ربطه مع خزان الماء والمبادل الحراري.

2. أداء مكيف الهواء الشمسي الهجين

سيتم تقييم الاداء الحراري لمكيف الهواء الهجين مقارنة بمكيف الهواء التقليدي عن طريق معاملين هما:

1.2 معامل الاداء لمكيف الهواء الشمسي الهجين: وهو نسبة تأثير التبريد لمكيف الهواء على الشغل المطلوب انجازه بواسطة ضاغط مكيف الهواء، يمكن حساب معامل الاداء لمكيف الهواء بالمعادلة التالية:

$$COP = \frac{R.E.}{W_{act}} \quad \dots (1)$$

حيث ان R.E هو تأثير التبريد لمكيف الهواء، الشغل المطلوب انجازه بواسطة ضاغط مكيف الهواء، و COP معامل الاداء لمكيف الهواء.

2.2 توفير الطاقة الكهربائية: يتم حساب مجموع الطاقة الكهربائية المستهلكة لمكيف الهواء التقليدي ومكيف الهواء الشمسي الهجين باستخدام المعادلة التالية [13]:

$$P_s = \left[1 - \frac{PH}{P}\right] 100\% \quad \dots (2)$$

حيث ان P_s هو التوفير بالطاقة الكهربائية، و PH الطاقة الكهربائية المستهلكة في مكيف الهواء الشمسي الهجين، و P الطاقة الكهربائية المستهلكة في مكيف الهواء التقليدي.

3. تصنيع وتركيب مكيف الهواء الهجين

تم استخدام الاجهزة والمواد التالية في عملية التصنيع:

1. مكيف هواء تقليدي ذو قدرة تبريد (12000 وحدة بريطانية حرارية لكل ساعة) والذي يتألف من ضاغط من النوع متغير السرعة (inverter) والذي يعمل بمائع تبريد نوع (R-410A)، والمكثف من نوع انبوب زعفة المتكون من صفيين من الانابيب بقطر (0.95) سم وبعده (25) انبوباً لكل صف وبطول (83) سم، وكذلك المبخر من نوع انبوب زعفة المتكون من صف من الانابيب بقطر (0.635) سم وبعده (25) انبوباً لكل صف وبطول (72) سم، وصمام التمدد.
2. المجمع الشمسي الحراري المستوي المتكون من 12 انبوب بيضوي الشكل ومصنوع من مادة الالمنيوم والمركبة الى زعانف على طرفي الانبوب لزيادة المساحة السطحية لاستقبال اكبر كمية من الاشعاع الشمسي، علماً بان ابعاد اللوح المستوي (1*2) م²، يحدها من الاسفل صوف زجاجي ومن الاعلى لوح زجاجي. الشكل (1) يوضح المجمع الشمسي الحراري المستخدم في المنظومة المقترحة.
3. انابيب نحاسية مختلفة الاقطار والاطوال مع قطع توصيل مختلفة الاحجام.
4. صمام الملف اللولبي (solenoid valve) من نوع (Danfoss BE230CS) بقطر (2)، ذو قطر (8/3) انج، يعمل بمدى ضغط يتراوح بين (-1) الى (40) بار حيث من

نوع الزعانف والانبوب. بالإضافة الى المجمع الشمسي وكان من نوع مجمع الانابيب الشمسية المفرغة المتكون من اثنا عشر انبوباً بطول 45 سم تتصل الانابيب المفرغة بخزان تخزين الماء الحار بسعة 18 لتر، يمر بداخله انبوب نحاسي حلزوني بقطر خارجي 9.57 ملم. تم تركيب صمام ثلاثي بعد ضاغط مكيف الهواء الذي يتحكم باتجاه جريان مائع التبريد لحالتين؛ الحالة الاولى يوجه جريان مائع التبريد باتجاه المكثف عندما يكون الصمام الثلاثي في حالة الغلق اذ يعمل مكيف الهواء بهذه الحالة كمكيف تقليدي، اما الحالة الثانية فيكون اتجاه جريان مائع التبريد باتجاه ملف النحاسي الحلزوني الموجود داخل خزان التخزين الماء الحار عندما يكون الصمام الثلاثي في حالة الفتح حيث يعمل الجهاز كمكيف هواء هجين. اجريت المقارنة بين استهلاك الجهاز للطاقة الكهربائية وبين معامل الاداء الحراري لكلتا المنظومتين. اظهرت النتائج بان معدل استهلاك الطاقة الكهربائية للمنظومة التقليدية كانت (1) كيلو واط وان متوسط معامل الاداء كان حوالي (3.23). اما في المنظومة الهجينة فكان معدل استهلاك الطاقة الكهربائية يتراوح بين (1.1 الى 1.2) كيلو واط وكان متوسط معامل الاداء يتراوح بين (2.42 الى 2.77). لاحظ الباحث عدم ملائمة منظومة مكيف هواء الشمسي الهجين للأجواء العراقية الحارة. اهتم الباحث احمد عبد محمد وجماعته في بحث اخر [4] بإضافة تحسينات جديدة الى منظومته السابقة وذلك بإضافة استراتيجية سيطرة على درجة حرارة مائع التبريد الخارج من المكثف لتكون ثابتة وذلك عن طريق التحكم بنسبة فتحة الصمام الثلاثي لتكون من 0 (مغلق) الى 1 (مفتوح) والتي تؤدي الى تنظيم نسبة جريان مائع التبريد الداخل الى الملف النحاسي الحلزوني والمكثف. ولكي يعمل الصمام بصورة اوتوماتيكية تم بناء خوارزمية وبرمجة جهاز التحكم الـ (PLC) عن طريق الاضافة المستمرة او العكس بمقدار (0.1) الى فتحة الصمام عندما تكون (0) ومقارنتها مع درجة حرارة مائع التبريد الخارج من المكثف الى حين الوصول الى درجة الحرارة المطلوبة. اظهرت النتائج ان نسبة فتحة الصمام الثلاثي المثلى تتراوح بين (0.3-0.4) التي تؤدي الى زيادة في معامل الاداء بنسبة (10%) مقارنة مع مكيف الهواء التقليدي. كما بينت النتائج ايضاً ان التوفير في الطاقة الكهربائية بمقدار (11.2) % دراسة اخرى للباحث احمد عبد محمد وجماعته [12] ادخلت تحسيناً جديداً على المنظومة المقترحة في دراستيه السابقتين وذلك عن طريق استراتيجية للتحكم بفتحة الصمام عن طريق نسبة الانضغاطية. للمقارنة بين نسبة فتحة الصمام مع نسبة الانضغاطية واستهلاك الطاقة الكهربائية وطاقة الاشعاع الشمسي ومعامل الاداء لجهازين احدهما يعمل بدون نظام سيطرة والاخر يعمل بنظام السيطرة. تم حل المعادلات الحرارية الحاكمة لمكيف الهواء الهجين باستخدام برنامج حل المعادلات الهندسية (EES)، بينت النتائج تحقيق زيادة في توفير الطاقة الكهربائية بمعدل 23% وكذلك ازدياد معامل الاداء من (3.04) الى (4.21) وذلك بسبب استخدام استراتيجية السيطرة الجديدة.

من خلال استعراض الدراسات السابقة نلاحظ بان :

1. معامل الاداء لمكيف الهواء الهجين الشمسي يكون اعلى من معامل الاداء لمكيف الهواء التقليدي .
2. مقدار استهلاك الطاقة الكهربائية لمكيف الهواء الهجين الشمسي اقل من مقدار استهلاك مكيف الهواء التقليدي.
3. وهناك ايضاً تفاوت في مقدار معامل الاداء في البحوث السابقة ويرجع سبب التفاوت الى :
1. نوعية مائع التبريد المستخدم داخل مكيف الهواء.
2. درجة حرارة الماء داخل خزان التخزين.
3. الية السيطرة على عمل المنظومة من خلال التحكم بنسبة فتحة الصمام اللولبي الثلاثي.
4. حجم خزان تخزين الماء الحار.

إخراج البيانات (الأوامر) منه، حيث يتعامل اللوح الإلكتروني مع أجهزة القياس أنفة الذكر وتحويل البيانات والقراءات الى ارقام ليتم تسجيلها وتخزينها في البرنامج الحاسوبي الـ (Excel)، عن طريق استخدامنا برنامج الربط (QLX DAQ) والذي بواسطته يمكننا تخزين البيانات.

– مقياس التيار المستهلك للمنظومة بواسطة قطعة إلكترونية من نوع (Current Sensor Module ACS712)، الموضح بالشكل (5)، والذي يعمل بفرق جهد مستمر (5 فولت)، يمتلك مدى قياس للتيار المتناوب (0-30) امبير، يمكن ربطه الى اللوح الإلكتروني الـ (Arduino).

– مقياس فرق الجهد المسلط على المنظومة من النوع (ZMPT101B) بمدى قياس فرق الجهد المسلط يتراوح (0-1000) فولت، يمكن ربطه الى اللوح الإلكتروني الـ (Arduino).

– مقياس معدل التدفق الكتلي لمائع التبريد من نوع (CX- LWGQ-15AMC4). يعمل بفرق جهد مستمر مقداره (24) فولت. لقياس معدل تدفق الكتلي لمائع التبريد. يمكن ربطه الى اللوح الإلكتروني الـ (Arduino).

– صندوق لدراسة الاجزاء الإلكترونية بداخله. والموضح بالشكل (6).

– ناقل التسلسلي العام (USB: universal serial bus) وبطول 15 متراً لنقل البيانات من اللوح الإلكتروني الى الحاسوب.

– محرار حراري من نوع (Digital thermometer TPM-10) لإجراء المعايرة لدرجات الحرارة.

– مقياس الضغط البارامتري لإجراء معايرة الضغط. – جهاز قياس فرق الجهد والتيار من نوع (Digital AC clamp meter 200A) الذي استخدم لإجراء المعايرة فرق الجهد والتيار الكهربائي.

يبين الشكل (7) النظرة العامة لآلية تركيب المبادل الحراري للمجمع الشمسي ودمجه مع مكيف الهواء التقليدي، واماكن تموضع مقاييس درجة الحرارة ومقاييس الضغط وصمامي الملف اللولبي ومقياس معدل جريان الكتلي لمائع التبريد على الانابيب النحاسية التي تربط اجزاء المنظومة مع بعضها البعض.

4. تحديد نسبة الخطأ

للحصول على نتائج عملية صحيحة تم تحديد نسبة الخطأ للمقاييس التي سيتم استخدامها في التجربة العملية، واختيار مدى تأثيرها على النتائج النهائية. كما أشرنا سابقاً من ان تقييم اداء المنظومة المقترحة سيكون عن طريق معاملين رئيسيين هما: معامل الاداء لمكيف الهواء ومقدار توفير الطاقة الكهربائية. يتم حساب الطاقة الكهربائية المستهلكة للمنظومة بالمعادلة التالية:

$$P = V I \quad \dots (3)$$

حيث ان الطاقة الكهربائية المستهلكة (P) تعتمد على العاملين وهما: فرق الجهد المسلط (V) على المنظومة وعلى التيار (I) المار بالمنظومة المقترحة. ان مقياس فرق الجهد المسلط على المنظومة من النوع (ZMPT101B) ويمتلك نسبة خطأ مقداره (±1.5%)، ومقياس التيار المستهلك للمنظومة نوع (Current Sensor Module ACS712) ويمتلك نسبة خطأ مقدارها (±0.3%) ولحساب نسبة الخطأ في القراءات يتم استخدام المعادلة التالية [14]:

$$\frac{\omega_P}{P} = \left[\left(\frac{\omega_V}{V} \right)^2 + \left(\frac{\omega_I}{I} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \dots (4)$$

الممكن استخدامه مع موائع التبريد عالية الضغط مثل مائع التبريد (R-410A)، ويمكن استخدامه أيضاً عندما يكون مائع التبريد في خطوط السائل او السحب او الغاز الساخن، اما الملف الكهربائي (الخاص بصمام الملف اللولبي) فيقدرة (10) واط) والذي يعمل بفرق جهد متناوب (220) فولت. كما موضح بالشكل (2). للتحكم باتجاه جريان مائع التبريد اما الى المكثف بشكل مباشر، او باتجاه المبادل الحراري للمجمع الشمسي ومن ثم الى المكثف.

5. مواد عازلة مختلفة القياسات والانواع. للحد من انتقال الحرارة.

6. اسلاك كهربائية مختلفة الاطوال والقياسات. تستخدم للتوصيلات الكهربائية بين اجزاء المنظومة.

7. عدة لحام من نوع الاوكسي ستلين وأسلاك اللحام ومساعد الصهر. لعملية اللحام والتوصيلات بين الانابيب النحاسية للمنظومة.

8. مصدر طاقة كهربائي احتياطي بقدرة 300 واط مع نسيطة بقدرة (12VDC*60Ahr). لتغذية منظومة السيطرة بالطاقة الكهربائية في حالة انقطاع التيار الكهربائي الرئيسي، واستمرارية اخذ البيانات.

9. محولة كهربائية عدد 3 وبقدرة 5 واط لتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر لتغذية مقياسي الضغط واللوح الإلكتروني (Arduino) بالتيار المستمر.

10. كاميرا عدد 1 وربطها الى شاشة لعرض قراءة مقياس الاشعاع الشمسي.

11. جهاز منظم الجهد الكهربائي الاوتوماتيكي من نوع (SVC-1500 S)، تم استخدامه لتنظيم فرق الجهد المسلط على المنظومة المقترحة وتقليل تبدبه.

12. حاسوب لوحي لعرض وتسجيل القراءات الآنية ومن ثم تخزينها.

13. اجهزة القياس متعددة وتشمل:

– مزدوجات حرارية من نوع (NTC JLB-CWF502F3950FA40) ويقطر (0.4 ملم) تعمل بمدى درجة حرارة تتراوح بين (-40 الى 105) م⁰. ويعد (9) للاستفادة منها في قراءة درجات حرارة الانابيب المارة بداخله مائع التبريد اضافة الى قراءة درجة حرارة الماء الحار الموجود داخل خزان التخزين للمجمع الشمسي الحراري.

– مزدوج حراري من نوع (DHT 11 Humidity & Temperature sensor) يعمل بمدى درجة حرارة تتراوح بين (0-50) م⁰ لقياس درجة حرارة الحيز مع نسبة الرطوبة، ويعد (5).

– مقياس الضغط من نوع (EBOWAN pressure transmitter)، يعمل بمدى ضغط يتراوح بين (0-500) باوند لكل انج يتميز باستقراره طويلاً الاجل، تتراوح درجة الحرارة العمل بين (40- الى 125) م⁰ بما يناسب عمل المنظومة المقترحة.

– مقياس كثافة الاشعاع الشمسي من نوع (SM 206). لقياس شدة الاشعاع الشمسي المسلط على لوح الامتصاص المستوي للمجمع الشمسي. كما موضح بالشكل (3).

– لوح الكتروني الـ (Arduino) من نوع (UNO)، الموضح بالشكل (4). وهو عبارة عن وحدة المعالج الإلكتروني والذي يعمل بفرق جهد مستمر مقداره (5 فولت) ويمتلك (12) دبوساً لإدخال البيانات اليه، ويمتلك ايضاً (6) دبوساً

المبادل الحراري للسخان الشمسي ومن ثم الى المكثف او مباشرة الى المكثف دون المرور بالمبادل الحراري اعتمادا على قيمة استهلاك المنظومة للتيار الكهربائي (عندما يكون استهلاك الضاغط اقل من 2 امبير يتم توجيه مائع التبريد باتجاه المبادل والا فان مائع التبريد سيوجه باتجاه المكثف). تضمن العمل ايضاً حساب مقدار التوفير في الطاقة الكهربائية والتحسين في معامل الاداء في المكيف الهجين في الحالتين مقارنةً بالمكيف التقليدي. ولتحقيق عملية المقارنة بين المكيف التقليدي والهجين بحالتها تم التشغيل واخذ القراءات وجمع البيانات بشكل مستمر لمدة ثلاث أشهر ومن الساعة السابعة صباحاً الى الثالثة بعد الظهر. رسمت العلاقات البيانية بين العوامل المختلفة خلال الوقت المتمثل بفترة التشغيل لأيام مختارة متقاربة جداً في شدة الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة المحيط. حيث اختبر اداء مكيف الهواء التقليدي في يوم، ومكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى في يوم اخر، واختبر اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الثانية في اليوم الثالث. سميت الايام المتشابه التي اجريت بها التجارب السابقة بالمجموعة. تتكون كل مجموعة من ثلاث ايام (في الغالب متتالية) تتشابه فيها قيم وسلوك الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة المحيط. يبين الجدول (3) الايام التي تم فيها اعتماد القراءات لغرض المقارنة بين اداء المنظومات الثلاث.

الجدول (3): ايام تسجيل القراءات

التاريخ	حالة تشغيل المنظومة	المجموعة	الشهر
17/6	الثانية	الاولى	حزيران
18/6	الاولى		
19/6	التقليدية		
4/7	التقليدية	الثانية	تموز
6/7	الاولى		
7/7	الثانية		
10/7	الاولى	الثالثة	تموز
11/7	التقليدية		
14/7	الثانية		
15/7	الثانية	الرابعة	تموز
16/7	الاولى		
17/7	التقليدية		
4/8	الاولى	الخامسة	أب
5/8	الثانية		
6/8	التقليدية		
5	مجموع ايام تسجيل القراءات للحالة التقليدية		
5	مجموع ايام تسجيل القراءات للحالة الاولى		
5	مجموع ايام تسجيل القراءات للحالة الثانية		

اظهرت نتيجة الحساب بان اعلى نسبة للخطأ المتوقع للطاقة الكهربائية المستهلكة يساوي تقريبا (1.53%)، كما يبين الجدول (1).

الجدول (1): نسب الخطأ المتوقعة بالطاقة الكهربائية

نسبة الخطأ بفرق الجهد %	نسبة الخطأ بالتيار المستهلك %	نسبة الخطأ الكلي المتوقع %
1.5	0.3	1.53
1	0.3	1.04
0.5	0.3	0.58

اما بالنسبة لمعامل اداء مكيف الهواء فانه يساوي معدل التبريد التأثيري مقسوم على الطاقة الكهربائية المستهلكة في ضاغط مكيف الهواء. اما معدل التبريد التأثيري فهو عبارة عن حاصل ضرب معامل انتقال الحرارة الاجمالي في الفرق في درجة الحرارة. المعادلة (5) تبين احدى طرق حساب معامل الاداء:

$$COP = \frac{UA \Delta T}{P} \quad \dots (5)$$

وان المزودج الحراري المستخدم بالتجربة العملية يمتلك نسبة خطأ يساوي ($\pm 3\%$)، فسيصبح لدينا معادلة تصحيح الخطأ الخاصة بمعامل الاداء كالتالي:

$$\frac{\omega_{COP}}{COP} = \left[\left(\frac{\omega V}{V} \right)^2 + \left(\frac{\omega I}{I} \right)^2 + \left(\frac{\omega T}{T} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \dots (6)$$

اظهرت نتيجة الحساب بان اعلى نسبة الخطأ المتوقعة لمعامل الاداء يساوي تقريبا (3.3%)، كما يبين الجدول (2).

الجدول (2): نسب الخطأ المتوقعة لمعامل الاداء

نسبة الخطأ بفرق الجهد %	نسبة الخطأ بالتيار المستهلك %	نسبة الخطأ بدرجة الحرارة %	نسبة الخطأ الكلي المتوقع لمعامل الاداء %
1.5	0.3	3	3.36
1.5	0.3	2.5	2.93
1	0.3	2	2.25
1.5	0.3	1.5	2.14
1.5	0.3	1	1.82

وبما ان معدل الخطأ أقل من 5% لذا فان القراءات مقبولة هندسياً [14].

5. النتائج والمناقشة

تناقش هذه الفقرة النتائج التي تم الحصول عليها من القراءات والبيانات التي سجلت خلال الأشهر (حزيران، تموز، آب)، مع دراسة وتحليل تأثير المتغيرات المختلفة خلال ساعات النهار طول فترة التشغيل على اداء منظومة تكييف هواء تقليدية (مكيف هواء منفصل) ومنظومة تكييف هواء هجينة (مكيف هواء منفصل مدمج مع مجمع شمسي مستوي ومبادل حراري وخزان). اختبر تصميمين للمنظومة الهجينة، سمي التصميم الاول بـ(مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى)، بينما سمي التصميم الثاني بـ(مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الثانية). في مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى يتم تشغيل مكيف الهواء الهجين بدون تحكم اي بتوجيه غاز التبريد المغادر للضاغط مباشرة الى المبادل الحراري للسخان الشمسي ومن ثم الى المكثف، اما في مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الثانية فيتم تشغيل منظومة تكييف الهواء الهجينة مع وجود تحكم، والتحكم هو عبارة عن توجيه مائع التبريد المغادر للضاغط اما باتجاه

معدل طرح الحرارة خلال المكثف وبعد تحقق الشرط سيمر مانع التبريد خلال المكثف مما يؤدي الى تبريد دوني وكما اسلفنا سابقاً سيؤدي ذلك الى زيادة التأثير التبريدي وتقليل عمل الضاغط، في مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى لذا فان مانع التبريد يستمر بالمرور داخل المبادل الحراري الشمسي باستمرار عمل المنظومة مما يكسب جزئياته طاقة حركية اقل مما في مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى. لكن خلال شهر آب ولارتفاع معدل درجة حرارة المحيط الخارجي نلاحظ بان معدل التوفير بالطاقة الكهربائية لمكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الثانية اقل من معدل التوفير بالطاقة الكهربائية لمكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى وذلك لان مكيف الهواء لجأ الى العمل بكامل طاقته لفترات اطول، أي ان شرط الحالة الثانية لم يتحقق بشكل فعال الا لفترات قليلة.

2.5 التغير في معدل تحسين معاد اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية:

مما تقدم ذكره اعلاء من ان لمكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية تأثير تبريدي أكبر مما عليه في المكيف التقليدي اضافة الى انها تستهلك طاقة كهربائية اقل، لذا فان قيم معامل الاداء ستكون اعلى في المنظومة الهجينة لكلا الحالتين. لحساب قيم معامل الاداء للمنظومة التقليدية والهجينة بحالتها تم ايجاد قيم المحتوى الحراري لكل نقطة من نقاط دورة التبريد عن طريق استخدام البرنامج الحاسوبي حل المعادلات الهندسية (EES)، الاشكال التالية تبين معدل التحسين في معامل الاداء لمكيف الهواء الشمسي الهجين بحالتيه مقارنة بالمنظومة التقليدية خلال الأشهر قيد الدراسة:

1.2.5 شهر حزيران: يوضح الشكل (11) معدل التحسين في معامل اداء المكيف الهجين (الحالة الاولى، الحالة الثانية)، حيث كان معدل التحسين في معامل اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية يساوي (10.6%، 14.8%) على التوالي، علماً ان معدل معامل الاداء للمنظومة التقليدية يساوي 4.7.

2.2.5 شهر تموز: كان معدل اداء مكيف الهواء التقليدي لهذا الشهر يساوي 4.9، وان معدل التحسين في معامل اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية يساوي (12.2%، 16.3%) وعلى التوالي وكما موضح بالشكل (12).

3.2.5 شهر آب: يبين الشكل (13) معدل التحسين في معامل اداء المنظومة الهجينة (الحالة الاولى، الحالة الثانية) لهذا الشهر، حيث كان معدل التحسين يساوي (10.4%، 5.1%) وعلى التوالي. علماً بان معدل معامل اداء المنظومة التقليدية يساوي 3.8.

من الاشكال السابقة نلاحظ بان معدل التحسين في معامل اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الثانية هو اعلى من مثيله في مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى خلال شهري حزيران وتموز، اما في شهر آب فان معدل التحسين في معامل اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى هو اعلى من مثيله في مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الثانية بسبب عدم تحقق شرط التحكم للحالة الثانية. وكما تمت الاشارة سابقاً يعزى سبب التحسين الحاصل في معامل الاداء للمكيف الهجين لكلا الحالتين بسبب ارتفاع المحتوى الحراري لمانع التبريد المغادر من المبادل الحراري الشمسي والمار من خلال المكثف لطرده الحرارة الى المحيط الخارجي الذي اكسبه تبريد دوني أكبر، بصيغة اخرى فان كمية التأثير التبريدي للمكيف الهجين لكلا الحالتين أكبر من كمية التأثير التبريدي في المكيف التقليدي.

1.5 معدل التوفير بالطاقة الكهربائية باستخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية:

تمتلك مكيفات الهواء ذات الضواغط متغيرة السرعة حساسات لقياس درجة حرارة مائع التبريد؛ الحساس الاول لقياس درجة حرارة مائع التبريد المغادر للضاغط، والحساس الثاني لقياس درجة حرارة مائع التبريد المغادر للمكثف، اضافة الى حساسات لقياس درجة حرارة المحيط الخارجي، وحساس داخل الغرفة لقياس درجة حرارة الغرفة. فعندما يستشعر حساس درجة حرارة مائع التبريد المغادر للمكثف درجة حرارة اقل مما برمجه اللوح الإلكتروني الخاص بمكيف الهواء متغير السرعة، اضافة الى استشعار حساس درجة حرارة الغرفة، ستقوم وحدة البرمجة الإلكترونية بإعادة ضبط تردد الضاغط وذلك بتقليل عمل الضاغط مقارنة بالمنظومة التقليدية. نظراً لزيادة التأثير التبريدي وانخفاض درجة حرارة المانع المغادر للضاغط فقد ادى ذلك الى تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية لمكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية مقارنة بالمكيف الهجين التقليدي، ولمعرفة قيم التوفير بالطاقة الكهربائية تم حساب المساحة تحت منحنى الاستهلاك (القدرة المستهلكة-الزمن) للمنظومات الثلاث خلال ايام التشغيل وذلك لحساب النسبة المئوية للتوفير بالطاقة الكهربائية، وكانت المعدلات حسب الأشهر كالتالي:

1.1.5 شهر حزيران: ان معدل استهلاك الطاقة الكهربائية خلال هذا الشهر لمكيف الهواء التقليدي ومكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية يساوي (419.8، 439.7، 497.5) واطساعة على التوالي. الشكل (8) يوضح معدل التوفير بالطاقة الكهربائية، حيث ان معدل التوفير بالطاقة الكهربائية باستخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية يساوي (11.6%، 15.6%) وعلى التوالي.

2.1.5 شهر تموز: الشكل (9) يبين معدل التوفير بالطاقة الكهربائية خلال هذا الشهر، حيث ان معدل التوفير بالطاقة الكهربائية باستخدام المنظومة الهجينة – الحالة الاولى والثانية يساوي (15.9%، 18.7%) وعلى التوالي. وان معدل استهلاك الطاقة الكهربائية للمنظومة التقليدية والهجينة الحالة الاولى والهجينة الحالة الثانية يساوي (537.5، 556.4، 661.6) واطساعة وعلى التوالي.

3.1.5 شهر آب: يوضح الشكل (10) معدل التوفير بالطاقة الكهربائية خلال هذا الشهر، حيث ان معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لمكيف الهواء التقليدي ومكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية يساوي (683.2، 638.2، 728.8) واطساعة وعلى التوالي. وان معدل التوفير بالطاقة الكهربائية باستخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الاولى والثانية يساوي (12.4%، 6.3%) وعلى التوالي.

من قيم معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية للمنظومات الثلاث خلال الأشهر المنصرمة، نلاحظ بان معدل استهلاك الطاقة الكهربائية يزداد بزيادة درجة حرارة المحيط الخارجي وهذا سلوك طبيعي لمكيفات الهواء متغيرة السرعة. لكن نلاحظ ايضا بان معدل التوفير بالطاقة الكهربائية باستخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين – الحالة الثانية هو الاعلى خلال شهري حزيران وتموز وذلك لان مائع التبريد في الحالة الثانية يبقى داخل المبادل الحراري الشمسي لفترات اطول بسبب شرط التيار الكهربائي (استهلاك الضاغط اقل من 2 امبير) لذا لا يمر مانع التبريد خلال المبادل الحراري الشمسي الا بعد عمل ضاغط مكيف الهواء بالحمل الجزئي مما يكسب جزئياته طاقة حركية اعلى لذا سيرتفع

المصادر

- [1] التقرير الاحصائي السنوي لوزارة الكهرباء لسنة 2018، موقع الحكومة العراقية-وزارة الكهرباء
- [2] S. Youne, R. Claywell, and T. Munner, "Quality control of solar radiation data: present status and proposed new approaches". *International Energy Journal*, Vol. 3, No. 15, pp. 1533-1549, 2005.
- [3] R. Kumar Pal, "Investigation of thermo-hydrodynamic, structure stability, and thermal energy storage for direct steam generation in parabolic trough solar collector: a comprehensive review". *International cleaner production*, Vol. 311,127550, 2021.
- [4] A. Abd Mohammed, and R. Ayad Abduljabbar, "Enhancement of hybrid solar air conditioning system using a new control strategy". *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, Vol. 14, No. 10, pp. 24-33, Dec. 2018.
- [5] Q. P. Ha, and V. Vakiloroya, "A novel solar-assisted air-conditioner system for energy savings with performance enhancement". *SciVerse Science Direct Procedia Engineering*, Vol. 49, No. 8, pp. 116-123, July 2012.
- [6] V. Vakiloroya, R. Ismail, and Q.P. Ha, "Development of a new energy-efficient hybrid solar-assisted air conditioning system". *Sematic scholar*, Vol. (Proceedings of the 30th ISARC, Montréal, Canada, ISBN 978-1-62993-294-1), No. 12, p.p. 54-65, 2013.
- [7] A. jassim Najim, "Experimental evaluation of thermal performance solar assisted air conditioning system under Iraq climate". *International Energy Technologies and policy Journal*, Vol. 5, No. 12, 2015.
- [8] A. Laknizi, M. Bouya, and A. El Maakoul, "Evaluation of a domestic hybrid solar air conditioner system under various climate conditions". *IEEE, International Renewable and sustainable Energy conference*, No. 5, ISSN 2380-7393, 2016.
- [9] H. Saidani-scott, A. Bouraba, M. Saighi, and A. Hamidat, "cooling mechanism of a solar assisted air conditioner: An

6. الاستنتاجات

تضمنت هذه الدراسة العملية تصميم مكيف هواء هجين يتكون بشكل رئيسي من: مكيف هواء تقليدي ذو ضاغط متغير السرعة، مجمع شمسي حراري مستوي، خزان حراري بداخله مبادل لولبي، صمام الملف اللولبي. تم اختبار وفحص وتشغيل المكيف عند حالات تشغيل مختلفة ومقارنة اداءه مع المكيف التقليدي، ومن اهم الاستنتاجات التي تم التوصل اليها ما يلي:

- ان استهلاك الطاقة الكهربائية باستخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين-الحالة الاولى والثانية يكون اقل قيمةً من استهلاك الطاقة الكهربائية باستخدام المكيف التقليدي، فقد اثبتت النتائج ان معدل التوفير بالطاقة الكهربائية مقارنةً باستخدام المكيف التقليدي عن نفس الظروف التشغيلية ما بين (6.3%-18.7%).
- ان استخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين حسن من معدل معامل الاداء ما بين (5.1%-16.4%).
- ان الحرارة المضافة الى مائع التبريد الخارج من الضاغط بواسطة المبادل الحراري الشمسي ساهمت في توفير الطاقة الكهربائية وتحسين معامل اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين، حيث ان مرور مائع التبريد خلال المبادل الحراري الشمسي يؤثر على جزينات مائع التبريد فيكسب الجزينات طاقة حركية أكبر.
- ان استخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين ادى الى زيادة درجة حرارة مائع التبريد الداخل الى المكثف وبالتالي زيادة كمية الحرارة المطرودة الى المحيط الخارجي والذي ساهم في زيادة التبريد الدوني والذي له دور كبير في زيادة التأثير التبريدي للمبخر مما ساهم في خفض درجة حرارة الغرفة وتحسين معامل الاداء.
- من النتائج التي تم الحصول عليها خلال شهري حزيران وتموز نلاحظ بان استخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين-الحالة الثانية هو أفضل من استخدام مكيف الهواء الشمسي الهجين-الحالة الاولى. لكن خلال شهر آب كان اداء مكيف الهواء الشمسي الهجين-الحالة الاولى هو الافضل وذلك بسبب ظروف التشغيل (ارتفاع درجة حرارة المحيط خلال شهر آب الذي سبب في عدم تحقق شرط تشغيل المكيف الهواء الشمسي الهجين-الحالة الثانية الا لفترات قليلة جداً).
- معدلات التوفير بالطاقة الكهربائية والتحسين في معامل الاداء التي تم التوصل اليها تدل على نجاح التحسين الذي ادخلناه على المنظومة التقليدية.

قائمة الرموز والمصطلحات

برنامج حاسوبي	TRNSYS
البرنامج الحاسوبي حل المعادلات الهندسية	EES
التبريد المؤثر	R.E.
معامل الاداء	COP
التيار الكهربائي	I
فرق الجهد الكهربائي	V
الطاقة الكهربائية المستهلكة لمكيف الهواء التقليدي	P
الطاقة الكهربائية المستهلكة لمكيف الهواء الهجين	PH
معدل التوفير بالطاقة الكهربائية	Ps

investigation based on pressure-enthalpy chart". *Refrigeration Science Direct Journal*, Vol. 80, No. 19, pp. 274-291, 2017.

- [10] C. Brahmankar, H. Bashan, A. Ghule, and H. Ranjan, "Study of solar-thermal collector assisted hybrid split air conditioner". *International Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 05, No. 5, p-ISSN: 2395-0072, Apr. 2018.
- [11] A. Abd Mohammed, and R. Ayad Abduljabbar, "Experimental study of hybrid solar air conditioning system in Iraq". *Journal of Engineering*, Vol. 24, No. 17, Oct. 2018.
- [12] A. Abd Mohammed, and R. Ayad Abduljabbar, "Theoretical study of the novel control strategy air conditioning system", *International Renewable Energy congress*, (IREC 2019).
- [13] M. Bilgili, "Hourly simulation and performance of solar electric-vapor compression refrigeration system". *Solar Energy*, Vol. 85, no. 11, pp. 2720-2731, 2011.
- [14] J. P. Holman. "Experimental methods for Engineers", 8th ed. Engineering – laboratory manuals, TA152.H6 2011.

Design and Thermal Evaluation of Hybrid Split Solar Air Conditioner in Mosul/Iraq

Mahmoud F. Mohammed

Omar Mohammed Hamdoon

eng.omar.m.hamdoon@uomosul.edu.iq

Mechanical Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul

Abstract

In this paper, we conducted an experimental study to study the improvement of the coefficient of performance of a hybrid solar air conditioner and compare it with the performance of a conventional air conditioner. In addition to studying the rate of electrical energy savings for the hybrid system. The study included the study of the factors and variables affecting the performance of the hybrid solar air conditioner during three continuous months (June, July, and August). The hybrid solar air conditioner consisted of a conventional R-410a split air conditioner with cooling capacity (12,000 BTU) and a variable speed compressor integrated with a solar collector. The solar collector consists of a flat solar panel combined with a hot water storage tank. Inside the tank there is a copper coil heat exchanger, inside which the refrigerant leaving the compressor of the hybrid solar air conditioner passes. Two solenoid valves were installed to control the flow direction of the refrigerant leaving the compressor either to the solar heat exchanger and then to the condenser or directly to the condenser. The results showed that the highest improvement in the coefficient of performance of the hybrid solar air conditioner without refrigerant flow direction control - first case, and hybrid solar air conditioner with refrigerant flow direction control - second case are (12.2% and 16.3%) respectively compared to a conventional air conditioner, and that the highest rate of electrical energy savings for the solar hybrid air conditioner - the first and second cases are (15.9% and 18.7%) respectively compared to a conventional air conditioner.

Keywords:

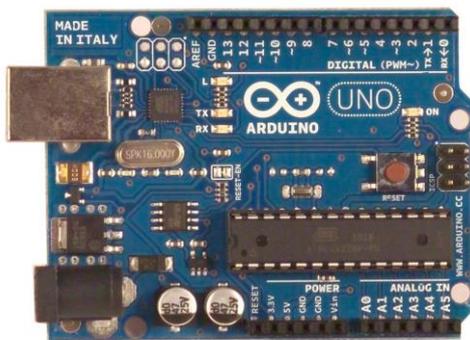
hybrid solar air conditioner, Energy saving, Coefficient of performance.



الشكل (2): صمام الملف اللولبي



الشكل (1): المجمع الشمسي الحراري.



الشكل (4): اللوح الالكتروني الـ (Arduino)



الشكل (3): مقياس كثافة الاشعاع الشمسي



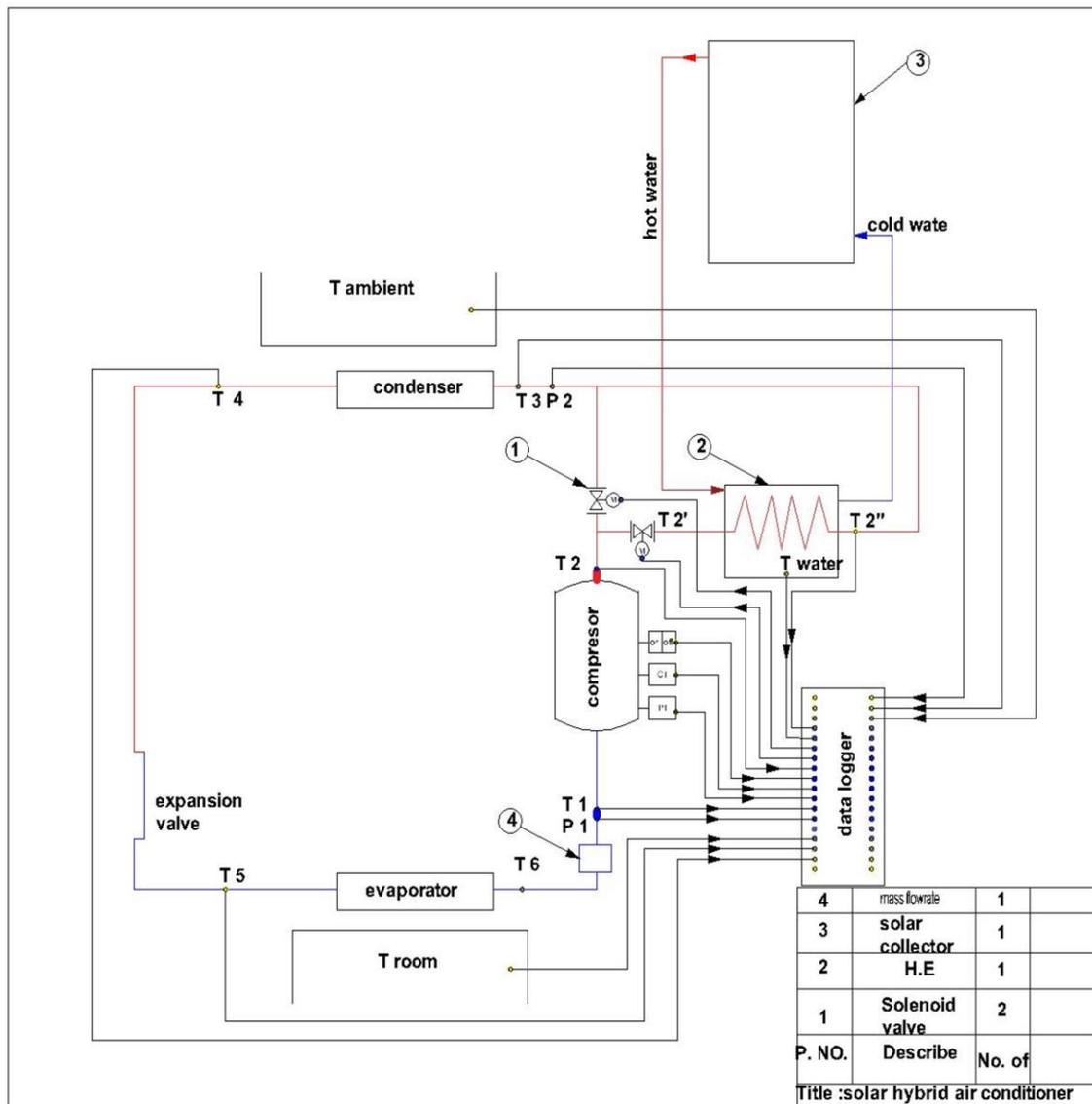
الشكل (6): الاجزاء الالكترونية بداخل الصندوق

اللدن

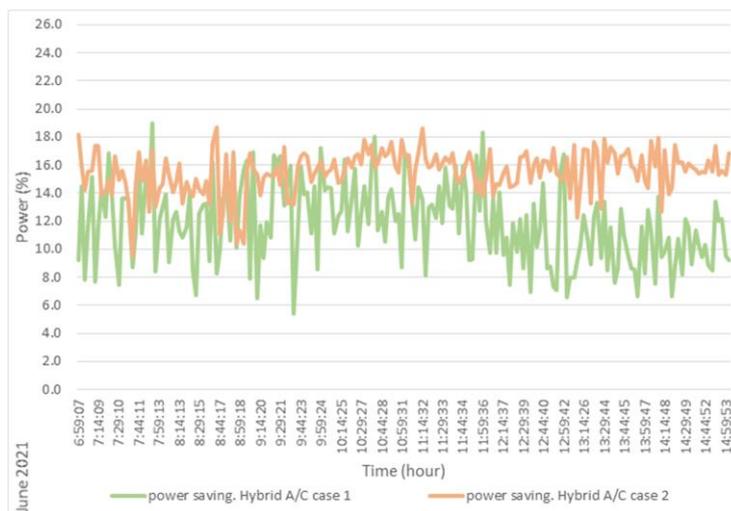


الشكل (5): مقياس الكتروني لقياس التيار

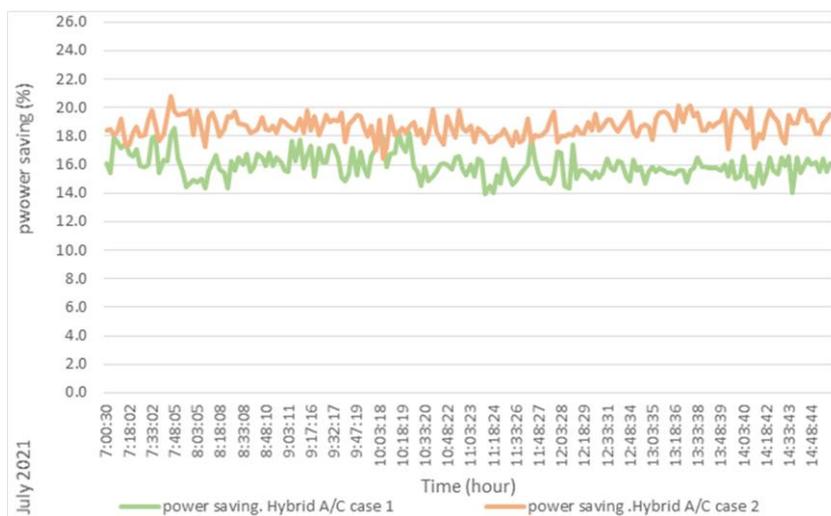
الكهربائي



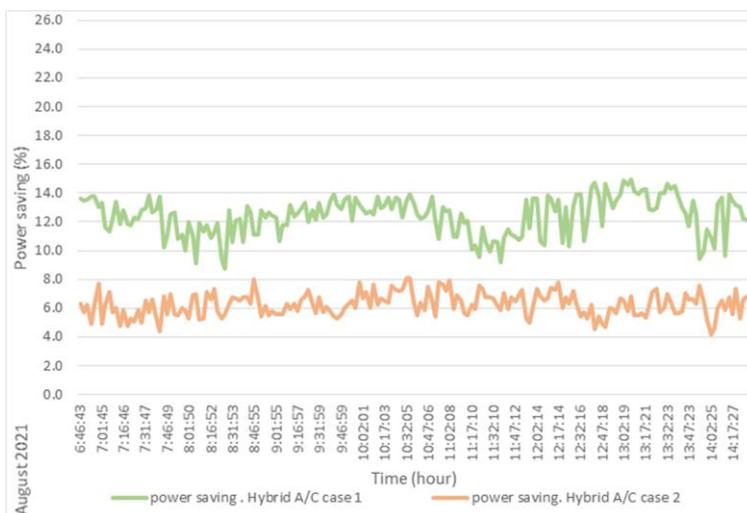
الشكل (7): ربط اجزاء المنظومة الهجينة المقترحة



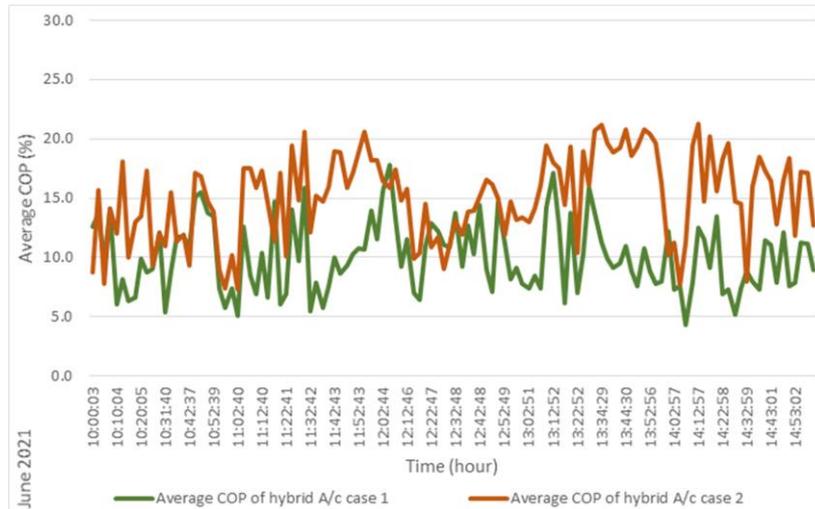
الشكل (8): معدل التوفير بالطاقة الكهربائية خلال شهر حزيران 2021



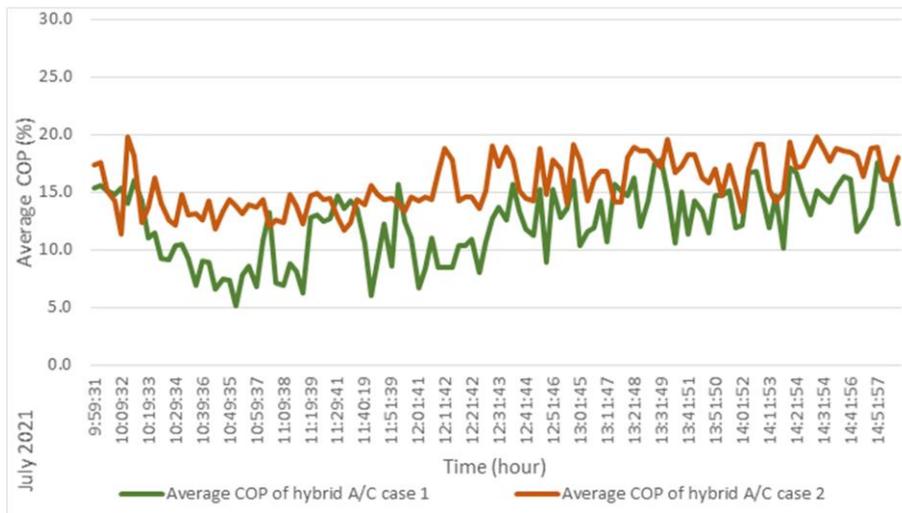
الشكل (9): معدل التوفير بالطاقة الكهربائية خلال شهر تموز 2021



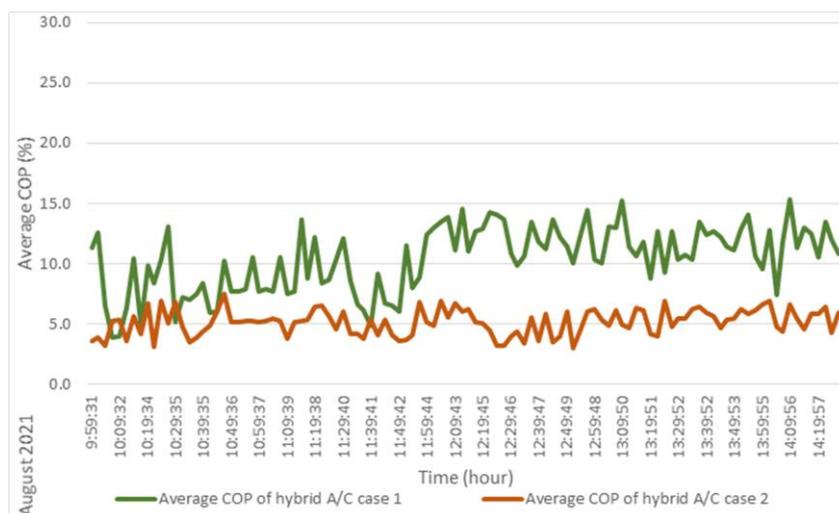
الشكل (10): معدل التوفير بالطاقة الكهربائية خلال شهر آب 2021



الشكل (11): معدل التحسين في معامل اداء مكيف الهواء الهجين (الحالة الأولى و الثانية) خلال شهر حزيران 2021



الشكل (12): معدل التحسين في معامل اداء مكيف الهواء الهجين (الحالة الأولى و الثانية) خلال شهر تموز 2021



الشكل (13): معدل التحسين في معامل اداء مكيف الهواء الهجين (الحالة الأولى و الثانية) خلال شهر آب 2021