استخدام حشوة رطبة لتبريد هواء البيئة الداخل على المكثف لتحسين اداء وحدة تكييف الهواء

أ.م. عاطف علي حسن
atif56ali@yahoo .com
الجامعة التقنية الوسطى - معهد التكنولوجيا

المستخلص

لكون ان التصاميم التي تعتمدها الشركات التجارية المنتجة لوحدات تكييف الهواء الصغيرة المنفصلة (السبلت) والنافذة (الشباكية) تكون بعيده عن الظروف الحرارية السائدة صيفا في عموم العراق ،لذلك فان عمل هذه الوحدات بظروف اقسى مما مصممه عليه يؤدي الى استهلاكها كميات من الطاقة اعلى مما مؤشره بينما تعطي تبريد (السعة التبريديه) اقل، والسبب يعود الى عدم تمكن وحده التكييف من لفظ الحرارة من خلال ملفات المكثف (الى الجو المحيط) لذلك سوف لن يتكثف الوسيط العامل في المنظومة بالكامل وكذلك ارتفاع درجة حرارة محرك الضاغط ويقود هذا الاستخدام احيانا الى توقف الضاغط كليا عن العمل وينعدم عنها وجود التكييف، لذلك تم اقتراح مبسط باستخدام حشوة رطبه توضع على منافذ دخول هواء البيئة الى المكثف مما يؤدي الى ترطيب هذا الهواء وانخفاض درجة حرارته قبل دخوله على المكثف.

تم اختيار هذه الاضافة (المقترحة) على وحدة تكييف سعة 2 طن تبريد ولمدة يوم واحد (الساعة 7 صباحا – 7 مساءا) الشهر السابع / 2017 وسجلت كمية الطاقة الكهربائية المسحوبه وكذلك درجات الحرارة واتضح بان هذه الاسلوب قد خفض الطاقة الكهربائية المطلوبه للتشغيل شهريا بمقدار 535 كيلوواط – ساعة والتخفيض اللحظي في قيمة التيار المستهلك (2.43) امبير اضافة الى انخفاض درجة حرارة خط التكييف من 58م0 الى 49 م0.

الكلمات المفتاحية: تحسين مكيفات الهواء، استخدام حشوة رطبة، تقليل سعة المكثف، تخفيض درجة حرارة الاشباع.

Using Evaporative Pad to Cool Down the Air Entering the Condenser to Enhance the Performance of Air – Conditioner Unit

Assist. Prof. Atif A. Hasan
atif56ali@yahoo .com
Middle Technical University - Institute of Technology – Baghdad

Abstract: *The designs used by the commercial air conditioning units are made for climates that are far from the climate in Iraq. Therefore, using these units in the summer decreases the cooling capacity if the units and increases the electrical consumption. This is due to the failure of the unit to spill the hit air out to the condenser which leads to increase the condenser's temperature and eventually causes it to stop working. A simple solution for this issue is to use an evaporative cooling pad at the entry point of air into the condenser. In turn, this leads to moistening the air and decreasing its temperature before it enters the condenser. The proposed solution has been applied to an air conditioning unit, capacity 2 tons refrigeration, used from 7am to 7pm in July 2017. This method has shown that the electrical energy consumption has been reduced by 53.3 kw-hr / month and 2.43 Amps. instant saving. Additionally, the condensing temperature was decreased from 58 ºC to 49º C.*

Keywords: Air conditioner enhancement, Using evaporative pad, Condenser load redaction, Condenser temperature redaction

المقدمة

نظرا لوقوع العراق ضمن المنطقة شبه المدارية الشمالية الحارة – الجافة صيفا والتي يستمر فصل الصيف فيها اكثر من 6 اشهر، ترتفع درجة حرارة هواء البيئة (الظل) الى قيم عاليه المستوى ووصلت العام الماضي 2017 الى ما يقارب 60م^0 (المعدل الاقصى) كان في حدود 50م^0 [1]، نشأت الحاجة الى تكييف الابنية. وتم الاعتماد على التبريد التبخيري كوسيله لتغير الظروف الحراريه داخل المبنى وصولا الى تحقيق مستواها القياسي / الدولي (الموصى بها) ولكن هذه الوحدات عجزت خلال فتره ارتفاع الحرارة. صيفا / الشهر السابع والثامن [2]، (الشكل 1)، لذلك كان لا بد من استخدام وحدات التكييف الانضغاطية ذات الكلفة الاولية الاعلى وكذلك التشغيليه لذلك ارتفع مقدار استهلاك الطاقة كثيرا. ويقدر ما تستهلكه العائلة العراقية من طاقة كهربائية مصروفه لاغراض التكييف في حدود 70% من اجمالي استهلاك الطاقة [3].

منظومه تكييف الهواء [4]

يعتمد تصميم وحدات تكييف الهواء التقليدية على مبدأ دورة كارنوت المنعكسة (شكل رقم 2 - أ) والتي مبدأ عملها هو سحب الحرارة من الحيز الاقل درجة حرارة واعادة ضخها إلى الوسط الاعلى درجة حرارة، تتالف المنظومه من اربعة اجزاء رئيسية وكما موضح في الشكل 2 - ب)، والشكل (2 - ج) يوضح تمثيل اجراءات تلك الاجزاءعلى مخطط الضغط /الانثالبي. ويمكن حساب كميات الحرارة المضافة والمطروحة والطاقة المجهزة للضاغط ومعامل اداة المنظومة بعد تمثيل المنظومة على مخطط (الضغط الانثالبي) وكما يلي:

أ. الحرارة المضافة من الحيز

$$QA = \dot{m}(\Delta h)_{evp} = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

ب. الحرارة المطروحة للبيئة

$$QR = \dot{m}(\Delta h)_{cond} = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

ج. شغل الضاغط

$$W = \dot{m}\Delta h_{comp} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

د. معامل الاداء

$$cop = QA/W$$

ان التمثيل الحقيقي للمنظومة يختلف فعليا عن ما موضح في الشكل (2–ج) لانه ياخذ بنظر الاعتبارجميع تغيرات قيم الضغط ودرجة الحرارة خلال مسار الوسيط وتم استخدام الاسلوب النظري لتمثيل اسقاط المنظومة (2- جـ) والشكل (2 – د) يوضح المخطط التفصيلي لوحدة تكييف جدارية

المشكلة والحلول المقترحة

تشير الادلة المعلوماتية للشركات المنتجة لوحدات تكييف الهواء (التي تعتمد الهواء وسيط ساحب للحرارة من ملفات المكثف (وسيط تكثيف)) اعتمادها على درجة حرارة الهواء البيئة من الحدود (37 – 41) م^0 [5] في تحديد خواص المنظومة وعلى ضؤها يتم تحديد السعة التبريديه والطاقة التي تستهلكها تلك الوحدة. ولكن باتساع الرقعة التسويقية لتلك الشركات وخصوصا باتجاه المناطق المداريه الشمالية والجنوبية وكذلك غياب الضوابط الصحيحة لاستيراد تلك الاجهزة (تقدر المعلومات الاحصائية ان عدد وحدات تكييف الهواء المباعة داخل العراق ضمن الفترة (2011 – 2015) بـ 30 مليون وحدة)[6]، ان عمل وحدات التكييف بظروف حرارية اقسى من تلك المصمم لها سيؤدي الى تقليل السعة التبريدية الناتجة عنها (مقارنه بما مؤشر عليها) وكذلك ارتفاع الطاقة الكهربائية المستهلكه خلال عملها (مقارنه بما مؤشر عليها) (وذلك لعدم امكانية تسريب جميع الحرارة (الممتصة من ملفات المبخر والمكتسبه من خلال شوط الانضغاط) الى هواء البيئة عبر ملفات المكثف وبالتالي عدم تحول جميع الوسيط الى سائل، وبذلك ستقل السعة التبريدية للمنظومة، وكذلك يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الضاغط نفسه واحتمال توقفه عن العمل (كاسلوب حماية للمكيف)) والجدول (1) يوضح تفاصيل تغير ظروف العمل على كميات التبريد والطاقة المستهلكه [5]. ولتجاوز هذه المشكله تم اعادة تصميم المكثف والضاغط بحيث امكن استمرار عمل وحدة التكييف عندما تقترب درجة حرارة هواء البيئة من قيمة 50 م^0 وعرفت عندها بوحدات التكييف الحصراويه (دخلت العراق تجاريا عام 2015)[7]. ورغم ذلك فان استمرار قساوة مناخ المنطقة يكون في تزايد ، وتم دخول وحدات اخرى تعمل بظروف65 م^0 (الدخول التجاري لها عام 2018)[8].

ان تطوير وحدات تكييف الهواء وجعلها تستهلك طاقة اقل موضوع قديم، حيث تم استخدام مبادل حراري بين خطي سحب الوسيط الى الضاغط وخط السائل (القادم من ملفات المكثف) لتبريد الوسيط تبريد فائقا قبل دخوله على الصمام اضافة الى تحميص بخار الوسيط قبل دخوله على الضاغط او استبدال الضاغط الترددي [9] (يستهلك قدرة من الحدود (1500–1900)

واط/طن تبريد بضاغط دوراني يستهلك من الحدود (1200 – 1450) واط / طن تبريد. واخيرا تم احلال الضواغط التي تعمل وفق مبدأ الانفيرتر مما ادى الى تقليل استهلاك الطاقة في الحدود 30 % عما يستهلكه [10] الضاغط الدوري، او اضافة مسحوق اوكسيد الالمنيوم الناعم جدا الى وسيط التبريد وبذلك امكن زيادة كميات الحرارة المسحوبه من الحيز المكيف وكذلك زيادة كمية الحرارة المطروحة عبر المكثف لاتفاع قابلية الالمونيوم لنقل الحرارة وبذلك تقليل استهلاك الضاغط [11 و12] او دمج منظومة انضغاطيه مع تبخيريه لتحسين الاداء وتقليل الطاقة [13] او استخدام تيار، خليط رذاذ الماء مع الهواء المضغوط ويدفع على ملفات المكثف لتبريد الهواء قبل دخوله على الملفات [14].

عند المقارنه بين الاسلوبين المقترح والبحث الاخير يتضح بان خلق رذاذ على محيط المكثف سيؤدي الى تعقيد المنظومة بوجود مغذي وضاغطة هواء ومحيط انابيب اضافة الى استهلاكها الماء بينما الاسلوب المقترح هو وجود سطح رطب قبل الكثافة يمر هواء البيئة خلاله مع وجود خسائر ضغط قليلة جدا ويحدث بعدها تغير خواصه (وتخفيض درجة الحرارة اضافة الى رفع الرطوبه النوعية) وتم السيطرة على كمية الماء الموجود في السطح الرطب باستخدام متحسس للرطوبه، وتم تجهيز المنظومه بخلية فولتائية لوفير الطاقة التي تحتاجها المضخات الصغيرة وكذلك نجد ان الاسلوب المعتمد من البساطه بحيث يتمكن صاحب المكيف او اي شخص موجود بتصميمها ونصبها وكذلك يتمتع التصميم المقترح بامكانية استخدام الهواء الرطب (عند فتح بوابة التهوية) خلال فترة الاعتدال الحراري بدلا من هواء البيئة المباشر.

تفاصيل المنظومة المقترحة

تتالف المنظومة المقترحة من الاجزاء التالية (كما موضح في الشكل 3)

أ. زوج من الحشوات الرطبة سمكها 20 ملم قليلة الكثافة ($21.6\ kg/m^3$) ابعاد كل منها (20×32) سم، توضع خلف كل منفذ جانبي لسحب هواء البيئة الى وحدة التكثيف (كما موضح في الشكل 3).

ب. وجود مضخة صغيرة قدرتها 5 واط، لتوصيل الماء عبر فتحة صغيرة موجودة اعلى الحشوة الرطبة لغرض الترطيب - تعمل هذه المضخة فترة زمنية وتتوقف، ويتم السيطرة عليها بدلالة متحسس الرطوبه المثبت على الحشوة الرطبة

ج. خزان صغير ابعاده (20×2) سم يوضع داخل مكيفة الهواء واسفل الحشوات الرطبة الجانبية لتجميع الماء الفائض عن الحاجة وسحبه مباشرة الى الخزان .

د. خزان بلاستيكي سعة 30 لتر موجود اعلى مكيفة الهواء تربط اليه المضخات الصغيرة (شكل 4).

ه. لكي لا تشكل المنظومة المقترحة ايه اعاقة لعمليات صيانة المكيف تم استخدام ملحقات ربط ماء الخزان العلوي مع شبكة الماء الواصل الى الحشوات.

و. تم تصميم وبناء دائرة سيطرة كما موضح في (الشكل 5) لعمل المضخات تستمد طاقتها اما من محولة كهربائية صغيرة او مجمع شمسي فولتائي / شمسي قدرته 20 واط، ابعاده (30×30) سم يوضع امام الخزان مع بطارية لحفظ الطاقة.

النتائج والمناقشة

لغرض انجاز القراءات تم استخدام عدة اجهزة قياس موضحة تفصيليا بالملحق (B)، تم تشغيل وحدة التكييف ومنظومة الترطيب المقترحة خلال 13 ساعة لليوم الـ (21) من شهر تموز عام 2017 (من الساعة 7 صباحا لغاية 7 عصرا)، وتسجيل درجات حرارة هواء البيئة (الظل) والمغادر من الحشوة الرطبة. والشكل (6) يوضح التغير الساعي لها بينما الشكل (7) يوضح التغير الساعي لمقدار التيار المسحوب من قبل الضاغط خلال فترة القياسات والجدول (2) يوضح مواصفات وحدة التكييف قيد الدراسة وتم قراءة مقدار ضغط الوسيط الساعة 3 عصرا في الحالتين - عدم وجود حشوة رطبة ووجود حشوة رطبة والجدول (3) يوضح خواص وسيط التبريد. ادناه مناقشة الباحث لمتغيرات البحث.

أ. عدد وحدات التكييف

ان عدد وحدات تكييف الهواء التي تم بيعها في السوق المحلية العراقية خلال الاعوام (2011 – 2015) هي 30 مليون وحدة [6]، اضافة الى تلك المباعة قبل هذا التاريخ، وبسبب غياب الجانب الرقابي وعشوائية الاستيراد، تم ادخال وحدات تكييف هواء لا تتناسب والظروف الحرارية البيئية المحلية، لذلك نجد ان السعة التبريدية لأغلب تلك الوحدات ستنخفض عن ما مؤشر عليها بينما تزداد الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبلها (كما موضح في الجدول 1) وعند ارتفاع درجة حرارة هواء البيئة كثيرا عن حدود التصميم فان تلك الوحدات سوف لن تعمل وعليه يتطلب استبدال تلك الوحدات بأخرى حديثة تتمكن من العمل تحت ظروف الحرارية القاسية نوعا ما، ولكون عملية الاستبدال هي هدر اقتصادي لك تم اقتراح تخفيض درجة حرارة هواء البيئة قبل مروره علي وحدة التكثيف، لتغير ظروف عمل المكيفة وهذا الاقتراح من البساطة بحيث يتمكن صاحب المكيفة ان يجري عملية التحوير بنفسه، او بالاعتماد علي اي فني موجود بالمنطقة لكي ينجز عملية التحوير، علما بان كلفة التحوير منخفضة وتقترب من (75,000) الف دينار عراقي (كما مدرج في حسابات الكلفة – الملحق C)

ب. تغير خواص الهواء الداخل على المكثف

لكون ان درجة حرارة الماء المجهز الى الوحدة اقل مما تكون عليه درجة هواء البيئة، لذلك فان وجود الحشوة الرطبة ستعمل على سحب الحرارة من تيار الهواء المسحوب قبل دخوله على المكثف وبالتالي ستنخفض درجة حرارة هواء البيئة اضافة الى زيادة محتوى رطوبته، وقد اظهرت القياسات ذلك، والشكل (6) يوضح تفصيليا تغير خواص الهواء وعلى سبيل المثال نجد ان درجة حرارة هواء البيئة عند الساعة 3 عصرا كانت (47.8م°) (بدون استخدام الحشوة الرطبة) وانخفضت الى (35.5م°) عند مروره على الحشوة الرطبة.

ج. تغير خواص وسيط التبريد

ان انخفاض درجة حرارة الهواء المار على ملفات المكثف ادى الى سحب حرارة اكبر من الملفات وبالتالي حصول التكثيف والتبريد الفائق الادنى من الاشباع للوسيط داخل ملفات المكثف وادى الى انخفاض ضغط التكثيف من (23.4) بار الى (18.7) بار مع انخفاض واضح لدرجة حرارة خط التكثيف من (59) م° الى (49) م° عند استخدام الحشوة الرطبة وكذلك انخفاض درجة حرارة خط التبخير من (4.4) م° الى (3.3-) م° عند استخدام الحشوة الرطبة وبذلك انخفضت كمية الوسيط المطلوبة لنقل الحرارة فعليا من 0.0535 كغم / ثا الى 0.0476 كغم / ثا وتقليل شغل الضاغط (القدرة المستهلكة من قبل الضاغط) من 2.675 كيلو واط الى 2.142 كيلو واط .

د. الطاقة المستهلكة

تشير الادلة المعلوماتية لوحدات تكييف الهواء (قيد الدراسة) الى ثبوت قيمة التيار المستهلك خلال ساعات التشغيل. ولكن عند التشغيل الفعلي لوحدة تكييف الهواء ضمن الظروف المناخية المحلية، اتضح بانها تتغير وتسحب تيار اعلى مقدارا مما مؤشر في تلك الادلة، والشكل (7) يوضح ذلك .وعند اضافة الحشوة الرطبة فان مقدار التيار المستهلك قد انخفض ولكنه ما زال اعلى مما مؤشر في تلك الادلة. وعلى سبيل المثال، عند الساعة 3 عصرا (حمل الذروة لدرجة حرارة البيئة) نجد ان قيمة التيار المسحوب من قبل وحدة التكييف 15.8 امبير ولكن عند استخدام الحشوة الرطبة انخفض الى 13.2 امبير ، والتوفير كان 2.6 امبير وبذلك انخفضت كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة بمقدار 533 كيلو واط / ساعة خلال فترة تشغيل وحدة التكييف (13 ساعة يوميا وعلى مدار شهر واحد) .

ه. كمية الماء المطلوبة

لغرض التقنين في كميات الماء المستهلكة في منظومة الترطيب المضافة الى وحدة التكييف، تم تصميم منظومة سيطرة للتحسس بدرجة رطوبة الحشوة ـ حيث تعمل هذه المنظومة عند جفاف الحشوة وتشغيل المضخة لدفع الماء على الحشوة ـ تم تركيب متحسس للرطوبة على كل حشوة رطبة، اي ان المضخة تستعمل بصورة منفصلة عند جفاف تلك الحشوة ـ وتم تجهيز الوحدة بخلية كهروضوئية صغيرة سعتها 20 واط مع وحدة خزن طاقة خاصة بها، وتم قياس كمية الماء المطلوبة خلال فترة تشغيل واختيار الوحدة (7 صباحا - 7 مساءا) وكانت في حدود 20 لتر ماء، وخلال شهر واحد كان الماء المطلوب نصف متر مكعب.

و. التحليل الاقتصادي للمنظومة

اتضح من دراسة تكلفة تصنيع وحدة الترطيب المضافة وحسب الاسعار السائدة في العراق حاليا ـ ان التكلفة لا تتجاوز اجمالا(75000 دينار عراقي (الملحق C) وبالمقابل تم تشغيل المنظومة بظروف حرارية ادنى مما تؤثر بها البيئة اللحظية مما انعكس على استهلاك الطاقة الكهربائية حيث انخفضت من 2.675 كيلو واط الى 2.142 كيلو واط وكذلك وجد ان اجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية كان في الحدود 533 كليو واط خلال فترة التشغيل (شهر واحد) وكذلك وجد ان استهلاك الماء المطلوب 20 لتر اي ان كمية الماء المطلوبة خلال شهر واحد ستكون في حدود نصف متر مكعب – والتوفير في الطاقة الكهربائية نتيجة لاستخدام الحشوة الرطبة كان في حدود 20 % من اجمالي الاستهلاك وان قيمة الاستهلاك اللحظي الموفر (1.47) كيلو واط/ساعة.

الاستنتاجات

نتيجة لدراسة تاثير وجود الحشوة الرطبة (التبريد التبخيري) على مداخل هواء البيئة المجهز لوحدة التكثيف لمكيف الهواء الشباكي (نافذة) وجد ان:

1. انخفاض واضح لدرجة حرارة البصلة الجافة لهواء البيئة الداخل على وحدة التكييف من 47.8 الى 33.5 م°
2. انخفاض واضح لضغط التكثيف (الضغط العالي) من 23.4 الى 18.7 بار.
3. انخفاض واضح في درجة خط التكثيف 58م° الى 49م°
4. انخفاض طفيف في الضغط الواطي

5. انخفاض في درجة حرارة خط التبخير حيث كان 4.4 م^{0} واصبح (3.3 -) م^{0}
6. انخفاض القدرة المطلوبة لتشغيل الضاغط من (2.675 كيلو واط الى 2.142 كيلو واط، وتقليل القدرة المسحوبة بنسبة 20 %).
7. استهلاك حوالي 20 لتر ماء خلال فترة التشغيل الاختباري (7 صباحا - 7 مساءا) وخلال شهر واحد كان الاستهلاك حوالي نصف متر مكعب.

جدول (1): تاثير تغير درجة حرارة البيئة على كلا من السعة التبريدية والقدرة المسحوبة من الضاغط

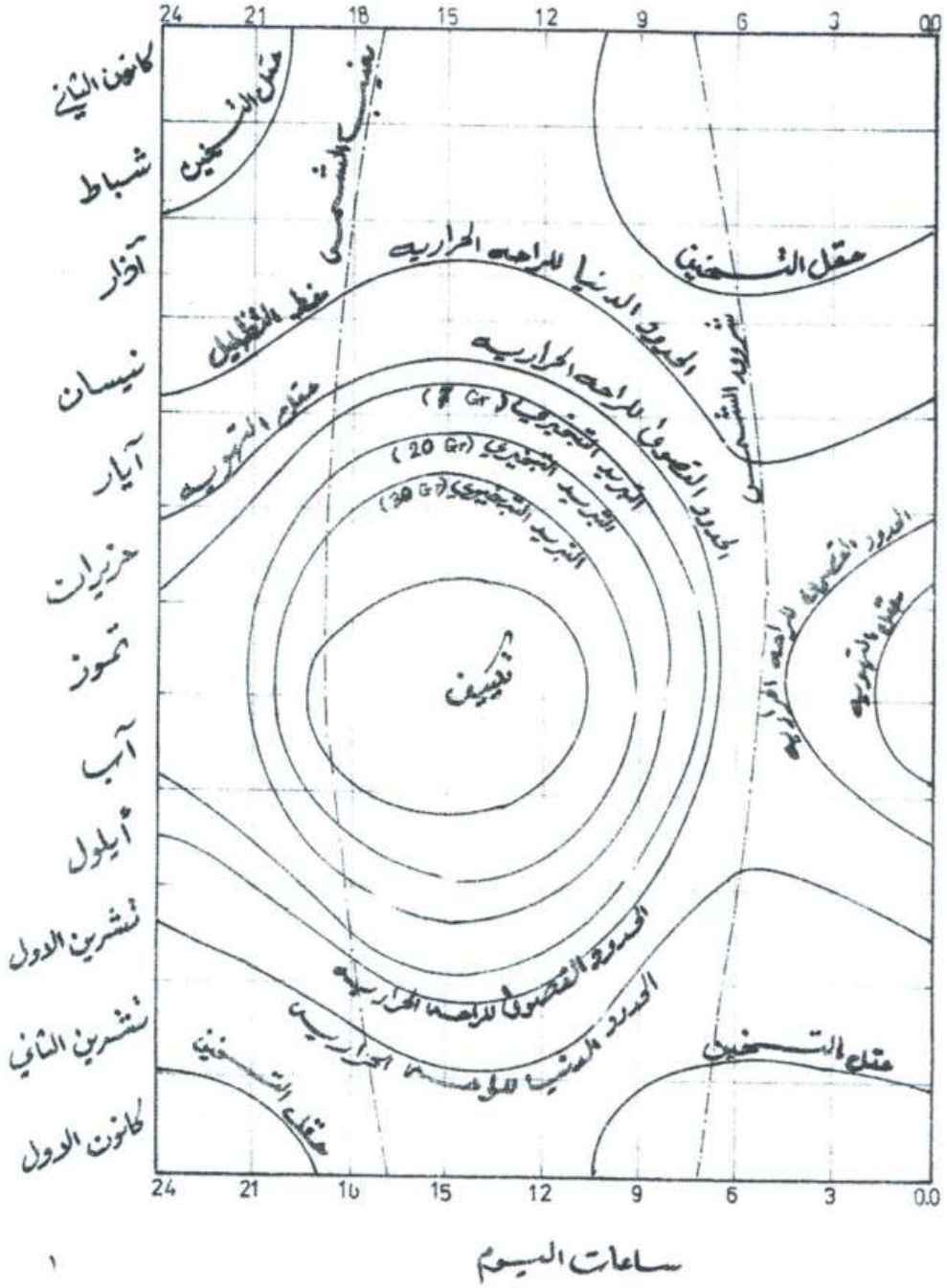
المتغير	درجات الحرارة هواء البيئة المار علي المكيف				
	35	38	41	43	47
القدرة المسحوبه نتيجة عمل الضاغط (كيلو واط)	5.4	5.5	5.74	5.9	6.37
السعة التبريدية التي يولدها المكيف (طن . تبريد)	3.5	3.43	3.36	3.3	3.23

جدول (2): مواصفات وحدة تكييف الهواء قيد الدراسة

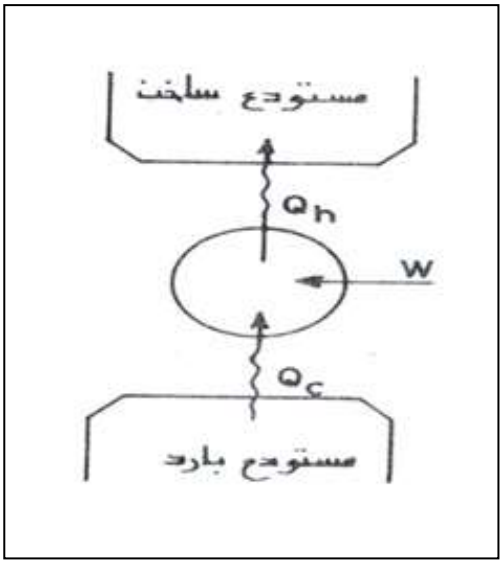
القدرة الداخلة للمكيف	2890 واط
سرعة دوران الضاغط	1240 لفة / دقيقة
حجم الهواء المدفوع للغرفة	0.235 م^{3} / دقيقة
سعة فتحة الدخول	0.04784 م^{2}
فرق درجات الحرارة على طرفي المبخر	15 م^{0}
حمل التبريد	22000 وحدة حرارية بريطانية
محرك المروحة	170 واط
عدد الدورات	1350 دورة/ دقيقة
حجم الهواء المار على المكثف	0.7 م^{3} / دقيقة
القدرة التي يستهلكها الضاغط	2720 واط

جدول (3): خواص الوسيط بوجود وعدم وجود الحشوة الرطبة .

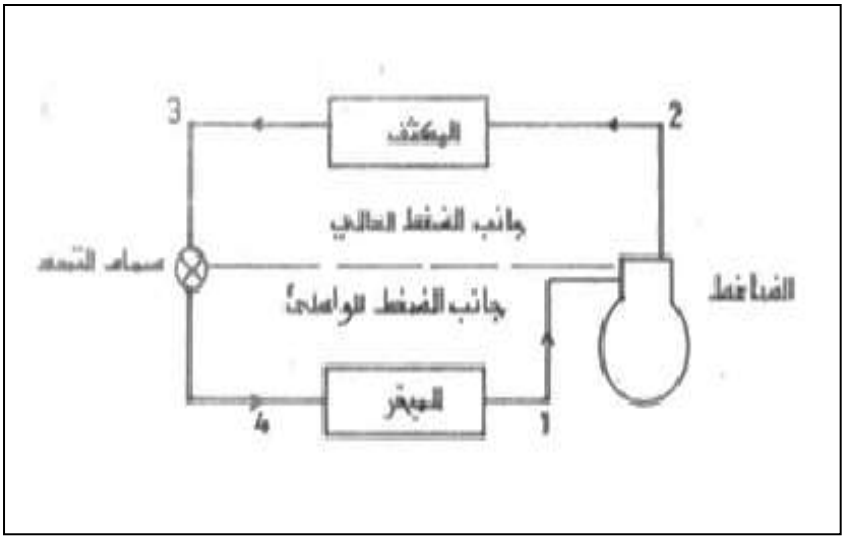
المتغير	درجة حرارة هواء البيئة الداخل الى ملفات المكثف	
	الدخول مباشرة على المكثف بدون ترطيب (47.8) م^{0}	الدخول بعد مروره بمرطب الهواء (33.5) م^{0}
الضغط العالي (بار)	23.4	18.7
الضغط الواطىء (بار)	5.8	5.77
درجة حرارة خط التكثيف م^{0}	58	49
درجة حرارة التبخير م^{0}	4.4	-3.3



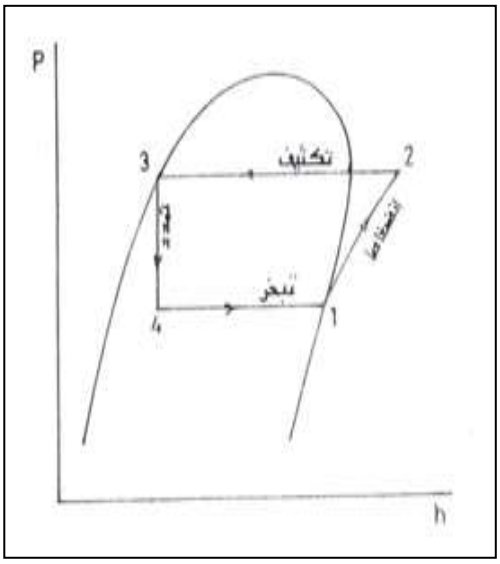
شكل (1): متطلبات توفير الراحة الحرارية في البيئة الداخلية (الغرفة) على مدار العام



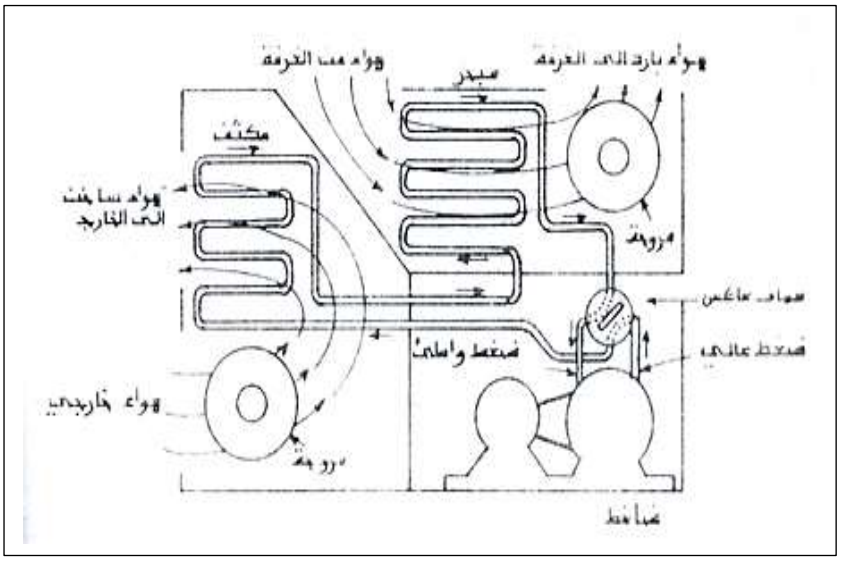
أ – دورة كارنوت المنعكسة



ب- اجزاء منظومة التبريد الانضغاطية



ج- تنفيذ اجراءات المنظومة على مخطط (الضغط الانثالبي)

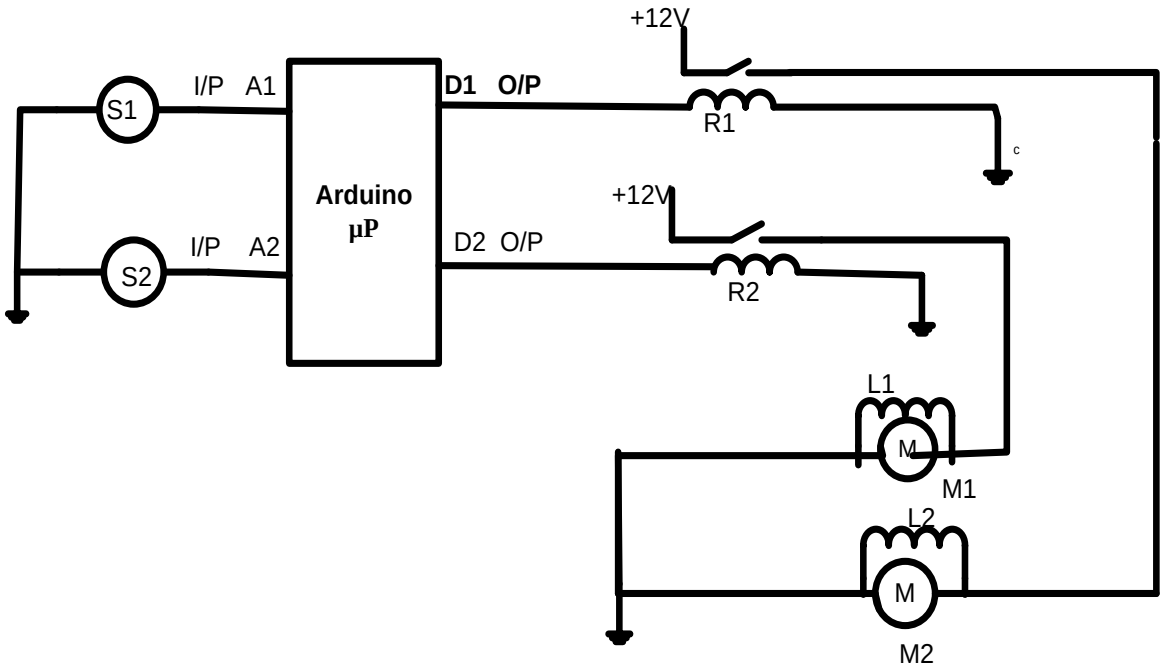


د – الاجزاء الميكانيكية لمكيفة الهواء الشباكية

شكل (2) الاساس النظري لمكيفة الهواء

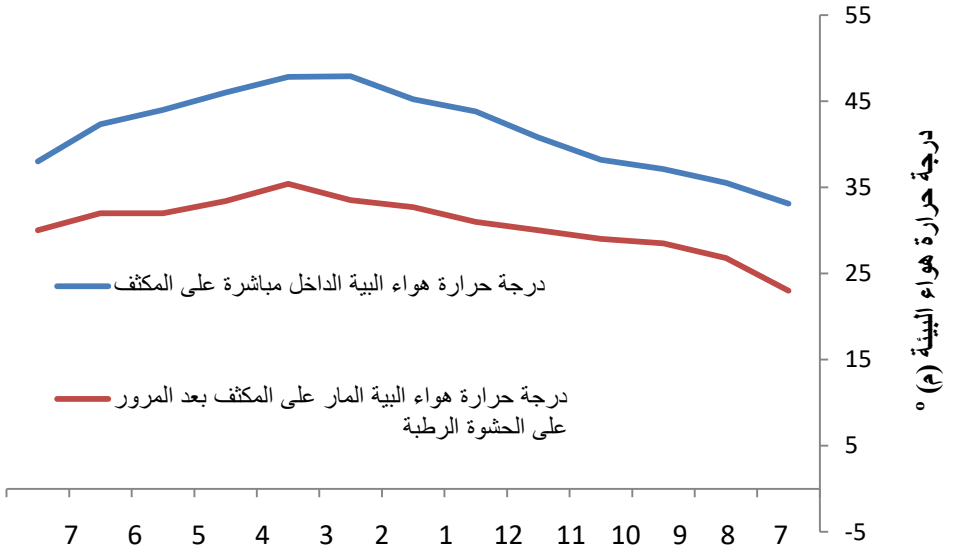
شكل (3): الحشوة الرطبة وهيكلها المعدني وموقع التثبيت في مكيفة الهواء

شكل (4) مكيفة الهواء موضح عليها ربط اجزاء منظومة الترطيب

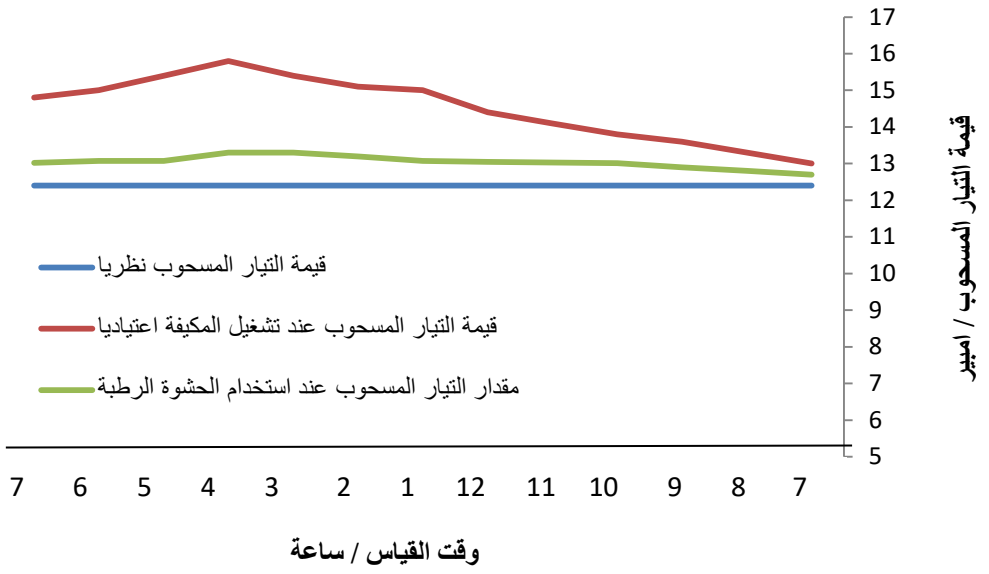


S_1, S_2: متحسس رطوبه، R_1: ريلي المضخة الاولى، R_2: ريلي المضخة الثانية، M_1: المضخه الاولى، M2: المضخة الثانية، Arduino: دائرة الـ µP

شكل (5): منظومة السيطرة المستخدمة

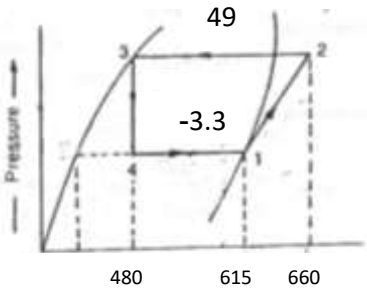


شكل (6): درجات حرارة هواء البية الداخل الى المكثف عند استخدام او عدم استخدام الحشوة الرطبة خلال ساعات اليوم الواحد



شكل (7): قيمة التيار المسحوب فعليا (عند تشغيل مكيفة الهواء) ونظريا بتغير ساعات اليوم الواحد

الملحق (A): تفاصيل الحسابات النظرية

المتغير	مكيفة هواء اعتيادية (بدون حشوة رطبة)	مكيفة الهواء (مع استخدام الحشوة الرطبة)
رسم المنظومة		
السعة التبريدية	22000 وحدة حرارية بريطانية بالساعة	22000 وحدة حرارية بريطانية بالساعة
كتلة الوسيط (كغم / ثانية)	$\frac{6.42}{620-500}=0.0535$	$\frac{6.42}{615-480}=0.0476$
شغل الضاغط (كيلو واط)	2.675	2.142
معامل اداء المنظومة	2.4	3.0
الطاقة الكهربائية المستهلكة (كيلو واط / ساعة)	7.38	5.91
التوفير المتحقق في الطاقة الكهربائية لحظيا	----------	1.47 كيلو واط / ساعة
التوفير المتحقق في استهلاك الطاقة	----------	533 كيلو واط / ساعة خلال فترة تشغيل شهر واحد
التوفير المتحقق في تخفيض التيار	----------	2.6 امبير خلال التشغيل اللحظي

الملحق (B): اجهزة القياس المستخدمة

1. مقياس ضغط الوسيط (العالي والواطي).
2. مقياس الكتروني لقياس درجة حرارة الهواء الجافة والرطبة (هواء البيئة) الداخل الى السطح الرطب والمغادر منه.
3. مقياس حجم الهواء ةالمصنع من قبل شركة:
   Lutron Electronic Enterprise Co. LTD Art Of Measurement (Lm8000 A)
4. مقياس جريان الماء لقياس كمية الماء المستهلك لغرض ترطيب الحشوة الرطبة والمصنع من قبل شركة:
   44ZX - Instrument Company, Liquid SP.G (γ= 1)

الملحق (C): حساب تكلفة اضافة منظومة الترطيب المقترحة

طبقا للاسعار السائدة في السوق العراقية حاليا تم تنفيذ الفقرات ادناه:

أ.	صناعة ماسك الحشوة الرطبة المقترحة مع الخزان المعدني 10000 دينار اسفل كل منها (موضح في الشكل 3) .	
ب.	مضخات صغيرة (12 فولت) عدد 2	5000 دينار
ج.	خزان ماء سعة (20) لتر	8000 دينار
د.	تصميم وتنفيذ منظومة السيطرة مع المتحساسات	15000 دينار
ه.	شراء ونصب الخلية الكهروضوئية مع البطارية (خزن الطاقة)	25000 دينار
و.	تجميع وتثبيت المنظومة على وحدة تكييف هواء	12000 دينار (اجور عمل ومواد)
التكلفة الكلية		**75000 دينار**

المصادر

[1] الجهاز المركزي للاحصاء، المجاميع الاحصائية السنوية، 2016.

[2] حسن، عاطف علي، "دراسة تاثير التصميم المعماري لواجهات الابنية على ترشيد استهلاك الطاقة"، اطروحة ماجستير، هندسة المكائن والمعدات، الجامعة التكنولوجية، 1983.

[3] حسن، عاطف علي و لطيف، مثنى، "تحليل مسارات استهلاك الطاقة في القطاع السكني"، المؤتمر العلمي الاول، الكلية التقنية، النجف، 2008.

[4] الجودي، خالد، مبادىء هندسة تكييف الهواء والتثليج، جامعة البصرة، 1986.

[5] Dossat, R.J., Principles of Refrigeration: SI version, John Wiley & sons Inc., New York, 2nd Ed., USA, 1981.

[6] الجهاز المركزي للإحصاء – المجموعة الإحصائية – التجارة الخارجية للعام 2011-2016.

[7] الجهاز المركزي للإحصاء – المجموعة الإحصائية – التجارة الخارجية للعام 2016.

[8] الجهاز المركزي للإحصاء – المجموعة الإحصائية – التجارة الخارجية للعام 2018.

[9] Subiantora A., Ooi K., T, Hand Book of Research on Advances an Application in Refrigeration Systen and Tochnologies, 2015.

[10] Subrannui, N. and Prakash M.J, "Experimental Studies on a Vapors Compression System Using Nano Refrigerants", International Journal of Eng., Sci. and Tech., Vol. 3, No. 9, 2011, pp 95-102

[11] ذبيان، حسين طلال، "دراسة عددية لتحسين انتقال الحرارة داخل مبادل حراري باستخدام ثاني اوكسيد الألمونيوم"، مجلة الهندسة، مجلد 22، العدد 4، أب، 2016

[12] حسين، تحسين علي و كاظم، مهدي هاتف، "تصميم وحدة تكييف هواء منزلية واطئة الكلفة"، مجلة التقني، مجلد 25، العدد 1، 2012.

[13] Xun Zha , Jun Jun Wu and others, Air – Conditioning condenser integrated with a spray system utilizing condensate water", ASTRU Innovative Power Engineering Conference, Perm, Russia, June 2015.