بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الهندسة

مدرسة الهندسة الميكانيكية

بحث تكميلي لنيل درجة البكالريوس مرتبة الشرف في الهندسة الميكانيكية

بعنوان

إعادة تصميم المبرد التبخيري مباشر / غير المباشر

إعداد الطلاب:

النذير علي هاشم محمد

جهاد إبراهيم يعقوب العريفي

محمد الحسن عبدالقادر محمد الحسن

إشراف /

د/ حسن عبداللطيف عثمان

سبتمبر 2015م

وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماءاً فأسقيناكموه وما أنتم له ﴿

﴿بخازنين

سورة الحجر

الآية(22)

إهداء

إلي أمهاتنا و آبائنا ،

عرفاناً وتقديراً لهم . . .

إلي إخواننا وعشيرتنا .

إلي أساتذتنا أعزهم الله،

الذين أعطونا وأعطوا الأجيال الأخرى نماذج فريدة في التعليم الهندسي الجديد . . .

إلي

كل الذين جمعنا بهم طريق العلم

أهدي هذا البحث المتواضع متمنيا من الله التوفيق

الشكر والتقدير

الحمد لله مستحق الحمد والثناء

الشكر الخاص لأستاذنا الجليل/ **الدكتور حسن عبد اللطيف عثمان** أعزه الله؛ الذي أشرف علينا لإتمام المشروع. والشكر لكُلِ من سعى ووقف معنا لإتمام هذا البحث المتواضع، ونخص ورشة التبريد والتكييف بالجامعة.

الشكر لهم جميعاً ونسأل الله أن يجزيهم خير الجزاء.

المستخلص

المبردات التبخيرية تعمل جيدا وبكفاءة ترطيبية عالية في المناخات الجافة والحارة مثل مناخ السودان، يناقش هذا البحث فكرة ونظرية عمل المبرد التبخيري، حيث تم اعادة تصميم وتنفيذ مبرد تبخيري مباشر / غير مباشر قابل للتطبيق والتسويق تجاريا على عكس التصميم السابق الذي افتقد للشكل الهندسي المقبول.

يصلح هذا النظام في الاماكن ذات الحمل الحراري الكبير مثل (المساجد والقاعات الدراسية) نتيجة لفتح وغلق الابواب بصورة مستمرة.

Abstract

Evaporative coolers work well and efficiently moisturizing in dry and warm climates such as Sudan , this paper discusses the idea and theory work evaporative cooler, where he was re-design and implementation of direct/indirect evaporative cooler viable commercially and marketing unlike the previous design who missed the geometric form acceptable.

This system work in places with large cooling load such as (mosques , classrooms) as a result of opening and closing the doors on an ongoing basis.

المحتويات

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	الأية	I
	الإهداء	II
	شكروعرفان	III
	المستخلص	IV
	قائمة المحتويات	VI
	قائمة الاختصارات	X
	الباب الأول المقدمة	
	المقدمة	2
1.1	الاهداف	3
1.2	مشكلة البحث	3
1.3	اهمية البحث	3
1.4	النتائج المتوقعة	4
	الباب الثاني الدارسات السابقة	
2.1	خواص الهواء الجوي صيفا	6

2.2	معايير الراحة للإنسان	6
2.3	المرطاب أو السايكومترى	7
2.3.1	الخريطة المرطابية (السايكومترى)	7
2.3.2	خواص الخريطة المرطابية	9
2.4	تاريخ التبريد التبخيري	10
2.5	التبريد التبخيري	12
2.5.1	طرق تبريد الهواء بتبخير الماء	14
2.6	التبريد التبخيرى المباشر وغير المباشر	16
2.6.1	التبريد التبخيرى المباشر	16
2.6.2	التبريد التبخيرى غير المباشر(ذو المرحلتين)	17
2.6.3	دورة المبرد الهوائي ذو المرحلتين	18
2.7	المبادل الحراري الاسترجاعي الصفائحى	20
2.7.2	مميزات المبرد التبخيرى	22
2.8	مساوئ المبرد التبخيرى	23
2.8.1	استخدام ليف النخيل في تصنيع حشوات التبريد	23
2.8.2	مقارنة بين المروحتين الطاردة المركزية والمحورية في المكيفات التبخيرية	24

2.8.3	دراسة تأثير المجفف السائل التبخيرى	24
2.8.4	استخدام الوسائد الكرتونية	25
2.8.5	تحديد الابعاد المثلى للمبرد التبخيرى	26
	الباب الثالث التبريد التبخيري المباشر – غير المباشر	
3.1	الهيكل الخارجي	28
3.2	المراوح	29
3.2.1	المروحة الطاردة المركزية او المنفاخ	29
3.2.2	المروحة ذات السريان المحوري	33
3.2.2.1	القدرة الحصانية ضد خصائص السرعة	35
3.2.2.2	القدرة الحصانية مقابل خصائص الضغط	35
3.2.2.3	القدرة الحصانية مقابل كثافة الهواء و درجة الحرارة و الرطوبة	36
3.3	المبادل الحراري	37
3.4	حركة الجهاز	38
3.5	العزل الحراري	38
3.6	وسادة التبريد	39
3.6.1	الأكياس المثبتة (القش الأمريكي	39

3.6.2	الوسائد الورقية	39
3.6.3	مقارنة بين الوسائد الورقية والاكياس المثبتة	40
3.7	المضخة الغاطسة	41
3.7.1	عيوب المضخة الغاطسة	41
3.8	المحرك الكهربائي	43
3.9	طريقة عمل المبرد التبخيري مباشر /غير مباشر	44
3.10	جدول القراءات	46
	الباب الرابع النتائج والحسابات	
4.1	نتائج الاختبارات	49
4.2	سعة التبريد	49
4.3	استهلاك الطاقة	50
4.4	كفاءة الطاقة	51
4.5	معدل تبخر الماء	51
4.6	كفاءة التشبع	52
4.7	معامل الاداء للمبادل الحراري	53
4.8	مناقشة النتائج	53

4.9	الحسابات	54
4.10	التكلفة الاقتصادية للتصميم	56
4.11	استهلاك الكهرباء	56
	الباب الخامس الخلاصة والتوصيات	
5.1	الخلاصة	58
5.2	التوصيات	58
	المراجع	59

قائمةالاختصارات

COP= معامل الاداء .

IDEC = المبرد التبخيري غير المباشر .

DEC = المبرد التبخيري المباشر .

EC = المبرد التبخيري .

Q_{total} = السعة التبريدية الكلية للنظام (W) .

$h_{,in}$ = الانثالبي النوعي لدرجة حرارة الهواء الداخل (kJ/kg) .

$h_{,out}$ = الانثالبي النوعي لدرجة حرارة الهواء الخارج (kJ/kg) .

C_f = الحرارة النوعية للهواء بثبات الضغط (kJ/kg) .

ρ_f = الهواءكثافة (kg $/m^3$) .

$t_{p,db,in}$ = درجة الحرارة الجافة للهواء الداخل (°C) .

$t_{p,db,out}$ =(درجة الحرارة الجافة للهواء الخارج°C) .

$V_{p,out}$ = معدل تدفق الهواء الخارج (m^3/sec) .

w = مقياس لاستهلاك القدرة الكلية (W) .

V_w = معدل تبخر الماء (m^3/s) .

$V_{s,out}$ = معدل تدفق الهواء الثانوي (m^3/s) .

ρ_w = كثافة الماء(Kg .$/m^3$)

$W_{s,out}$ = المحتوى الرطوبى الخارجى للهواء الثانوى .

$W_{s,in}$ = المحتوى الرطوبى الداخلى للهواء الثانوى .

$\rho_{s,f}$ = كثافة الهواء الثانوي (Kg $/m^3$) .

T1 = (درجة الحرارة الجافة°C) .

T2 = (درجة الحرارة الجافة للهواء الخارج من النظام°C) .

T3 = (درجة الحرارة الرطبة للهواء الداخل للنظام °C) .

WBT(= درجة الحرارة الرطبة °C) .

DBT = درجة الحرارة الجافة (°C) .

الباب الاول

المقدمة

إذا سبق لك أن اختبرت الرياح من خلال رفع إصبع مبلل في الهواء، فقد اختبرت التبريد التبخيري. وربما قد شعرت أيضًا بإحساس بارد حين يمر نسيم المحيط على الماء وينساب الى الشاطئ. ففي الوقت الذي يجري فيه الهواء الساخن فوق المحيط، تبرد المياه الهواء من خلال التبخير. وهذه هي عملية التبريد التبخيري باختصار. ونفس المبدأ هذا هو ما يبردك بعد السباحة وتعتبر هذه الطريقة من أقدم وأبسط أشكال تكييف الهواء عبر التاريخ، وهي اقتصادية وفعالة وصديقة للبيئة.

تعتبر نظم التبريد بتبخير الماء ذات كفاءة عالية في تبريد و ترطيب الهواء خاصة في مناطق المناخ الصحراوي الحار والجاف وذلك لقدرة الهواء العالية علي تبخير الماء. حيث تتم عملية التبريد عن طريق تلامس الهواء مع ماء درجة حرارته مساوية لدرجة الحرارة الرطبة للهواء ، وتعمل الحرارة المحسوسة للهواء على تبخير الماء مما يؤدي الي انخفاض درجة الحرارة الجافة للهواء و ارتفاع محتواه الرطوبي.

وعند قياس درجة حرارة الهواء الجاف ودرجة حرارة الهواء الرطب التي تعتبر كمقياس لقدرة الهواء علي احداث التبريد التبخيري لكمية ذلك الهواء ، حيث ان عند زيادة الفرق بين درجات الحرارة يحدث بسبب ذلك تبريد تبخيري اكبر لذلك الهواء وعندما يقل الفرق بين درجات الحرارة وتصبح تقريبا متساوية لا يحدث تبخر صافي للماء. وهنالك ايضا مثال اخر للتبريد التبخيري وهو العرق الذي يفرز من الجسم من اجل تهدئة وضعه ،حيث ان كمية نقل الحرارة تعتمد علي نسبة التبخر ومعدل التبخر بدوره يعتمد علي نسبة الرطوبة بالهواء ودرجة حرارته.

1.1 الاهداف:

التوصل الي وسيلة تبريد بسيطة وغير مكلفة اقتصاديا سهلة الصيانة تتلائم مع أجواء السودان، والاستفادة من المبادل الحراري في التبريد التبخيري المباشر والغير مباشر الذي يعطي كفاءة عالية وتبريد افضل

،التوصل الي تصميم يعطي اقل درجة حرارة ممكنة ويقلل من صرف الكهرباء باستعمال مواد محلية تتوافق مع القدرة الشرائية للمواطن السوداني ، نشر فكرة و اهمية التبريد التبخيري وسط المجتمع.

1.2 مشكلة البحث :

نجد في اجهزة التبريد الهوائي المستعملة حاليا ان هنالك مشكلتين اساسيتين هما زيادة الرطوبة داخل الاماكن المراد تبريدها بجانب الاستهلاك النسبي للكهرباء، وارتفاع تكلفة الاجهزة المستوردة ،بالإضافة الي نوعية المواد المستخدمة في التصنيع حيث ان النوعية الغير جيدة لتلك المواد من شانها ان تقلل من العمر الافتراضي كما تؤدي الي الشكل الغير مقبول لوجود الصدأ والتأكل.

1.3 اهمية البحث :

تنبع اهمية البحث من ان انظمة التبريد التبخيري المباشر يمكنها تقليل درجة حرارة الهواء بالاستفادة من الحرارة الكامنة لتبخر الماء، ونتيجة لذلك يتحول الهواء الدافئ الجاف الي هواء بارد رطب، لكن طاقة الهواء تظل كما هي، وبما ان هنالك اضافة رطوبة للهواء المغذي للغرفة فان النظام يصلح في المناطق الجافة الحارة، او للغرف التي تحتاج الي التبريد والترطيب (يحدث في هذه العملية انتقال طاقة وانتقال كتلة). ولقد تم تطبيق نظام التبريد التبخيري المباشر والغير مباشر عمليا باستخدام مواد

متاحة متوفرة كليا وذلك لتقليل التكلفة والاعتمادية علي زيادة الدخل ورفع الكفاءة بالاعتماد على الذات.

1.4 النتائج المتوقعة:

من النتائج المتوقعة التوصل الي تصميم جهاز يعمل بكفاءة ترطيبية عالية، توفير اجهزة تبريد هواء لإيجاد الراحة الحرارية بأسعار مناسبة، تشجيع الصناعة المحلية والحد من استيراد اجهزة التبريد التبخيرية للهواء من الخارج.

الباب الثاني

الدراسات السابقة

2.1 خواص الهواء الجوي صيفا:

يسود السودان المناخ المداري والذي يتميز بارتفاع درجات الحرارة معظم ايام السنة ، وتدرجه من جاف جدا في اقصى الشمال الى شبه رطب في اقصى الجنوب ، حيث تصل درجات الحرارة اقصى معدلاتها في فصل الصيف (مارس–مايو أو يونيو) ويصل المعدل اليومي في شهر مايو ويونيو الى اكثر من 42.9 درجة مئوية في شمال السودان والى حوالي 34 درجة مئوية في الجنوب خلال فترة الصيف . تنخفض درجات الحرارة في شهر يوليو واغسطس بمعدل (5–8) درجات بسبب هطول الامطار ،أما في فصل الشتاء (نوفمبر–فبراير) تصل درجات الحرارة الى ادنى معدلاتها . ولذا نجد ان التبريد التبخيري مناسب جدا في مثل هذا المناخ الجاف مما يجعله اكثر كفاءة بالإضافة الى مميزاته الاخرى ، غير انه توجد بعض المناطق في السودان عالية الرطوبة في طوال ايام السنة مثل مدينة بورتسودان والمدن الاخرى التي تقع على ساحل البحر الاحمر السبب الذي يحول دون جدوى استخدام المبرد التبخيري .[1]

2.2 معايير الراحة للإنسان:

الهدف الاساسي من استخدام التبريد التبخيري هو توفير بيئة ملائمة لراحة الانسان ، لذا فان توفير الظروف المريحة يمكن توضيحها بما يسمى عالميا بمدى الراحة وهو الذي يحدد متطلبات الراحة بالنسبة للإنسان . وبعد دراسات اجريت على عينات من البشر وجد ان انسب معايير الراحة تكون عند درجة حرارة جافة داخل الاماكن المكيفة ضمن المجال (21–28) درجة مئوية وذلك عند رطوبة نسبية للهواء (40–60) %.[2]

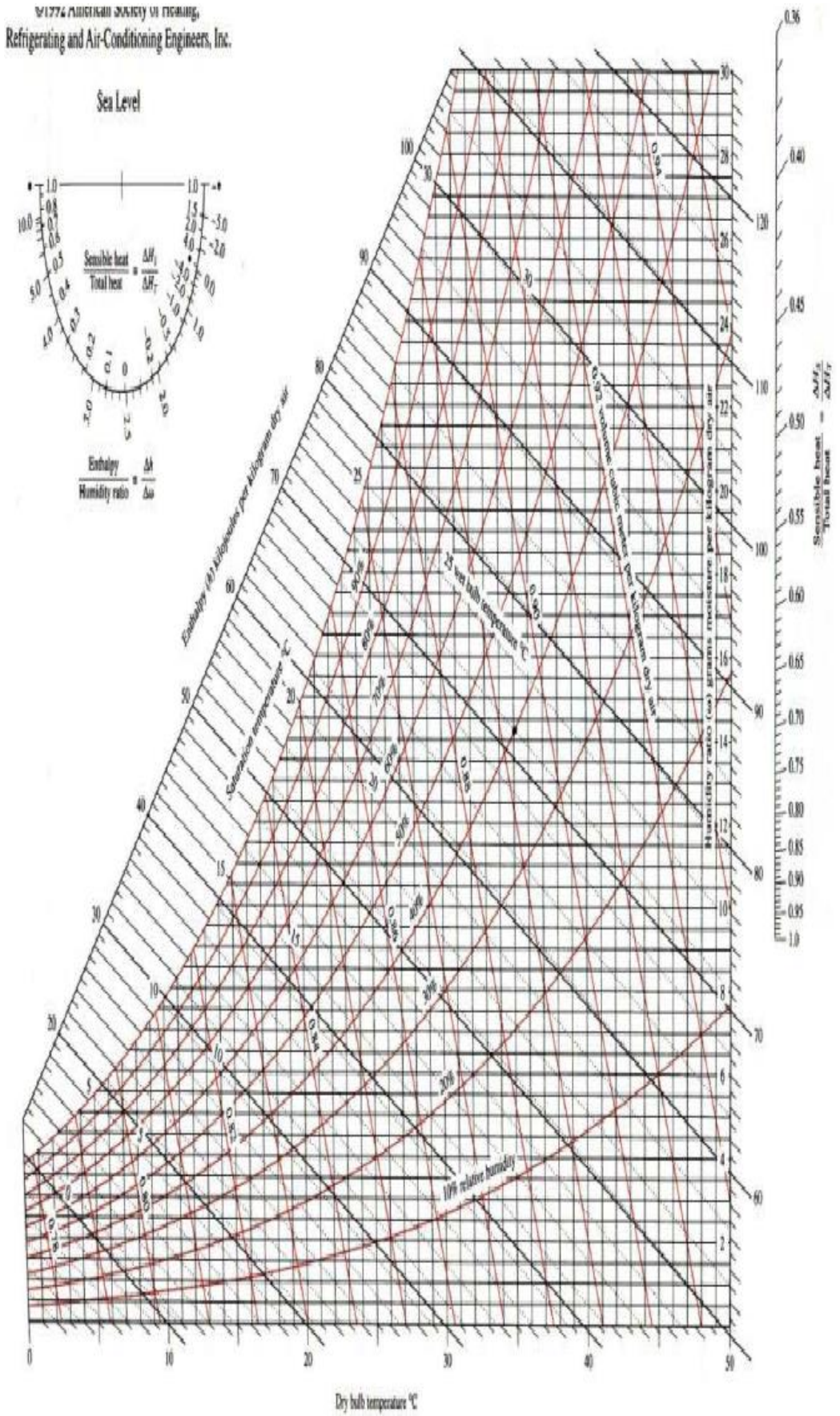
2.3 المرطاب أو السايكومترى:

المرطاب (السايكومتري) هو علم يختص بدراسة خواص الهواء في الظروف المتغيرة وكيفية التحكم فيها.

2.3.1 الخريطة المرطابية (السايكومتري):

هي خريطة تجمع بين الخصائص الفيزيائية والحرارية للهواء الرطب وتستخدم لمعرفة العمليات التي تجرى على الهواء مثل التسخين لإزالة الرطوبة والترزيز لإضافة الرطوبة وغيرها من العمليات التي تجرى على الهواء الجوي .

في الخريطة السايكومترية يمثل المحور الافقي درجة الحرارة الجافة ويمثل المحور الراسي الرطوبة النوعية ويمثل الخط المقوس الذي يصل المحور الراسي بالمحور الافقي الرطوبة النسبية وهو الخط الذي تكون الرطوبة النسبية عنده 100 % ، ويمثل الخط المستقيم الذي يصنع زاوية حادة مع المحور الافقي والراسي الانثالبي ونفس الخط المستقيم الذي يحدد الانثالبي نقطة تقاطعه مع القوس المائل الذي يحدد الرطوبة النسبية يمثل درجة الحرارة الرطبة ، ويمثل الخط المستقيم المائل بزاوية حادة على المحور الافقي الحجم النوعي ، وبمعرفة اي خاصيتين من هذه الخواص يمكن معرفة كل الخصائص الاخرى في الخريطة المرطابية كما موضح في الشكل (1−2)[3] .



الشكل (1-2) الخريطة السايكومترية

2.3.2 خواص الخريطة المرطابية:

الخواص التي يمكن قراءتها من الخريطة المرطابية:

1. درجة الحرارة الجافة
2. الرطوبة النسبية
3. درجة الحرارة الرطبة
4. درجة حرارة نقطة الندى
5. الرطوبة النوعية
6. التشبع النسبى
7. الانثالبي
8. الحجم النوعى.

1) درجة الحرارة الجافة: هي درجة الحرارة التي تقاس بثيرموميتر عادي معرضة بصيلته الحساسة للهواء الجوي مباشرة وهي ممثلة في الخريطة المرطابية بالمحور الافقي .

2) الرطوبة النسبية: هي نسبة الكتلة الفعلية لبخار الماء في الهواء الى كتلة بخار الماء في نفس الهواء اذا كان مشبعا عند نفس درجة الحرارة .

$$\emptyset = \frac{Mvs.d}{\mathrm{Mv.s}}$$

حيث:

Ø:الرطوبة النسبية وهي عبارة عن نسبة مئوية

Mv (Kg):كتلة بخار الماء في الهواء الجاف

Mvs (Kg):كتلة بخار الماء في الهواء المشبع

3) درجة الحرارة الرطبة: هي درجة حرارة الهواء الجوي عندما تقاس بثيرموميتر مغطاة بصيلته الحساسة بفتيلة (قطعة نسيج) مبللة وموضوعة في تيار الهواء المراد قياس درجة حرارته الرطبة.

4) درجة حرارة نقطة الندى: هي درجة الحرارة التي يحدث عندها تكثيف بخار الماء الموجود في الهواء وذلك عندما يبرد الهواء عند ضغط ثابت.

5) الرطوبة النوعية: هي نسبة كتلة بخار الماء الموجود في الهواء الجوي الى كتلة الهواء الجاف.

6) التشبع النسبى: هو نسبة الرطوبة النوعية للهواء الجوى الى الرطوبة النوعية لنفس الهواءاذا كان مشبعا عند نفس درجة الحرارة.

7) الانثالبي: هو محتوى الطاقة الحرارية الموجودة في الهواء الجوي الرطب عند درجة حرارة معينة ووحدته kj/kg.

8) الحجم النوعي: هو عبارة عن الحجم الذي يشغل كتلة معينة من الهواء بواسطة الهواء الجوي ويزداد بزيادة الكثافة.

2.4 تاريخ التبريد التبخيري:

ترجع معرفة الانسان وحاجته للتبريد منذ قديم الزمان حيث كان قدماء المصريين يتمتعون بشرب الماء البارد دون ان يكون ببلادهم اي نوع من انواع الثلاجات وذلك بوضع الماء في اواني فخارية وتركها فوق اسطح منازلهم وقت الغروب وطوال الليل ، حيث يعمل نسيم الصحراء الجاف على تبخير الماء الذي ينفذ خلال مسام الاواني الفخارية فيبرد الماء الموجود داخلها .

وكذلك كان الرومان واليونانيون في قديم الزمان يسخرون عبيدهم في احضار الثلج الطبيعي من قمم الجبال ثم يخزن في حفر ضخمة في الارض مخروطية الشكل مبطنة بورق الشجر ومغطاة لاستعماله عند الحاجة ، حيث كان الاسكندر الاكبر يستخدم هذا الثلج الطبيعي في تبريد براميل النبيذ التي كان يقدمها لجنوده في امسية كل معركة ينتصرون فيها .

في القرن الثاني اخترع الصيني دينغ هوان من اسرة هان مروحة دوارة لتكييف الهواء بسبع عجلات قطرها 3 امتار وتدار يدويا ، وكان للامبراطور شوانزونج من اسرة تانغ القاعة الباردة (تيان ليانج) التي بنيت في القصر الامبراطوري ، كان يصفها تانغ يولين بان بها مروحة تعمل بالطاقة المائية لتكييف الهواء، لاحقا وخلال اسرة سونغ ذكرت مصادر مكتوبة ان مروحة تكييف الهواء الدوارة استخدمت على نطاق واسع .[4]

في العصور الوسطى في ايران كانت المباني تستخدم اوعية وابراج رياح لتبريد المباني خلال الموسم الساخن (الاوعية هي احواض كبيرة مفتوحة في وسط افنية ، وليست خزانات تحت الارض تجمع مياه الامطار) ، وابراج الرياح لها نوافذ يمكنها التقاط الرياح ودورات الرياح الداخلية وتوجه تدفق الهواء الى داخل المبنى ، عادة فوق الاوعية وخلال برج تبريد ويتبخر ماء الاوعية ويبرد هواء المبنى .

اخترعت التهوية في مصر في العصور الوسطى ، وكانت تستخدم على نطاق واسع في العديد من المنازل في جميع انحاء القاهرة ، وهذه التهوية وصفها بالتفصيل في وقت لاحق موفق الدين عبد اللطيف البغدادي في عام 1200 ميلادي والذي افاد ان كل منزل في القاهرة له جهاز تهوية.

في الوقت المبكر من التطبيقات التجارية لتكييف الهواء كان يصنع لتبريد الهواء لعمليات الصناعة بدلا من الراحة الشخصية ، اخترع في عام 1902 ميلادي اول تكييف كهربائي حديث من قبل ويليس هافيلاند في سيراقوس في نيويورك ، صمم لتحسين عملية التحكم في تصنيع وحدات الطبع واختراعه للتحكم ليس فقط في درجة الحرارة وانما ايضا الرطوبة حيث ان انخفاض الحرارة والرطوبة كانت تساعده في الحفاظ على ملائمة ابعاد الورقة وانحياز الحبر. في وقت لاحق طبقت تكنولوجيا كاريير لزيادة الانتاجية في مكان العمل ، وشكلت شركة كاريير لمكيفات الهواء الامريكية لتلبية الطلب المتزايد ، وعلى مر الزمن استخدمت مكيفات الهواء في تحسين وسائل الراحة في المنازل والسيارات وحدث توسع كبير في المبيعات السكنية في الخمسينات .[5]

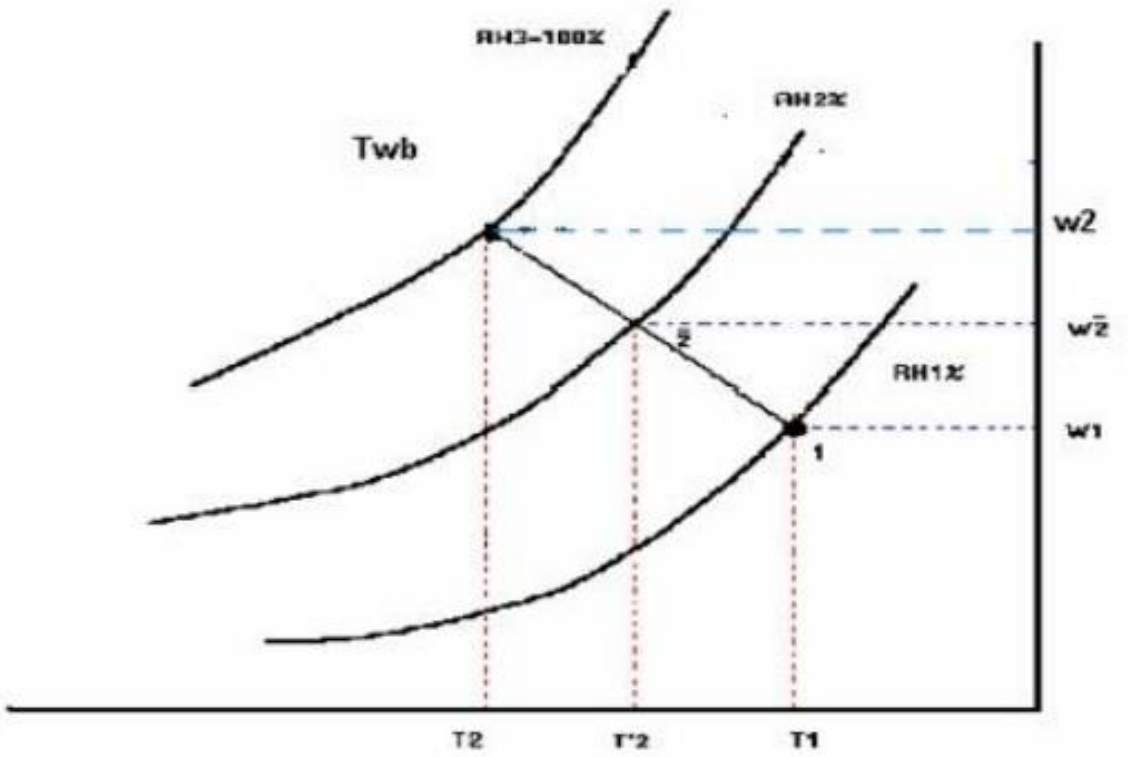
في عام 1906 ميلادي اكتشف ستيوارت دبليو كريمر من مدينة شارلوت في كارولينا الشمالية (الولايات المتحدة الامريكية) السبل الكفيلة لاضافة رطوبة الى الهواء في مصنع النسيج الذي يملكه . اصاغ كريمر

مصطلح "تكييف الهواء" واستخدمه في طلب الحصول على براءة اختراع التي قدمها في هذا العام باعتبارها تناظرية الى "تكييف المياه" واضاف الرطوبة والتهوية الى "التكييف"، واعتمد ويليس كاريير المصطلح وادمجه في اسم شركته المختصة بتصنيع المكيفات التبخيرية ، وبعد ذلك توالت الابحاث والدراسات لتطوير وتحسين اداء المكيف التبخيري الى ان وصل الى شكله الحالي.[5]

2.5 التبريد التبخيري :

التبريد التبخيري من اقدم انظمة التبريد التي استعملها الانسان للحصول على تغيير حراري مقبول في الاجواء الحارة عن طريق تطوير وتصنيع معدات واجهزة تستفيد من التبخير المباشر وغير المباشر للماء في مجرى الهواء . يتميز التبريد التبخيري بقلة تكلفته وذلك لاستخدام الماء كسائل تبريد (لا يحتاج لضغط) والذي يمكن التخلص منه كبخار في مجرى الهواء وبالرغم من قلة التكلفة الابتدائية وتكلفة التشغيل فان اكبر عيوب التبريد التبخيري انه يتأثر بالأحوال الجوية والارتفاع المكتسب في رطوبة الهواء الجوي وبالتالي يكون مدى الاستفادة من التبريد التبخيري محدود، نسبة لان اقل درجة حرارة نظرية يمكن الوصول اليها هي درجة الحرارة الرطبة للهواء الخارجي . قادت العيوب التي واجهها التبريد التبخيرى المباشر إلى التفكير في إنتاج أشكال جديدة من أنظمة التبريد التبخيرى تحتوى على مبادلات حرارية يمكنها إنتاج أحوال داخلية مقبولة في المناطق التي يصعب استخدام التبريد التبخيرى المباشر وهذا النوع يسمى التبريد ثنائي المراحل.

(6)



الشكل (2−2) يوضح عملية التبريد التبخيرى

بالرجوع الي الشكل (2−2) يتضح ان في الحالة المثالية تستمر عملية التبريد التبخيري الى ان يتشبع الهواء تماما ببخار الماء ويتساوى الضغط البخاري للهواء مع الضغط البخاري على سطح الماء عندئذ تكون درجة الحرارة قد انخفضت من T1 الى T2.

$$\eta = \frac{Tdp1 - Tdp2}{Tdp1 - Twb}$$

حيث :

Tdp1 : درجة الحرارة الجافة للهواء الخارجي℃ .

Tdp2 : درجة الحرارة الجافة للهواء الداخلي ℃.

Twb: درجة الحرارة الرطبة ℃.

2.5.1 طرق تبريد الهواء بتبخير الماء :

التطبيق العملي لتبريد الهواء بتبخير الماء يتطلب توفر شرطين هامين :

الاول : وجود تيار من الهواء غير مكتمل التشبع الرطوبي ينساب بسرعة معقولة عبر حيز التبريد.

الثاني : وجود مساحة كافية من الاسطح المبللة او اسطح مائية في حيز التبريد ، ويجب ان يكون هناك فتحة لتنفيس الضغط الناتج من تراكم الهواء الرطب داخل الحيز لتلافي الخطر الناجم من ذلك وهو زيادة الحمل على المحرك وبالتالي تعطيله .

تجاوبا مع هذين الشرطين تم تطوير طريقتين رئيسيتين لتبريد الهواء بتبخير الماء هما طريقة رزاز الماء وطريقة الوسائد المسامية المبللة.

1/طريقة رزاز الماء :

في هذه الطريقة يتم تفتيت كتلة الماء وتحويلها الى رزاز صغير القطرات لتوفير اكبر مساحة سطحية ممكنة لتلامس الهواء والماء ومن ثم يخلط رزاز الماء بتيار هواء ليتم تبريده بالتدريج بتبخر قطرات الماء فيه اثناء انسيابه عبر حيز التبريد ويوجد نظامان لتبريد الهواء برزاز الماء هما:

أ/المنافث الناشرة :

في هذا النظام يتم دفع الماء تحت ضغط كبير عبر منافث تعمل على تفتيته الى قطرات ناعمة تنتشر في تيار الهواء الذي يراد تبريده ، وتكتمل العملية بتبخر قطرات الماء في تيار الهواء اثناء انسيابه عبر الحيز الذي يتم تبريده وبالتالي تنخفض درجة حرارته كما يوضح الشكل (3-2) .

الشكل (3-2) طريقة تزرية الماء بالمنافث الناشرة

ب/القرص الدوار:

يستخدم في هذه الطريقة قرص معدني بسرعة عالية ؛الوجه الاسفل للقرص مخروطي الشكل ويمتد الى ان يلامس سطح كمية من الماء في حوض اسفل القرص ويدار القرص بسرعة عالية تصل الى 3000 دورة في الدقيقة بواسطة محرك كهربائي مثبت على هيكل معدني اسفل حوض النهر ، وعندما يدار القرص بالسرعة الكبيرة يندفع الماء على القاعدة المخروطية الشكل بفعل قوة الجذب السطحي وقوة الطرد المركزي الناتجة عن سرعة دوران القرص وعندما يصل الماء الى حافة القرص يندفع الى الخارج بسرعة كبيرة ليرتطم بالحافة العليا للحوض ويتفتت الى رزاز ناعم القطرات اقرب الى الضباب ومن ثم يختلط رزاز الماء بالهواء الذى يراد تبريده ويتبخر فيه محدثا التأثير التبريدى المطلوب.

كفاءة التشبع الرطوبى برزاز الماء تعتمد على حجم قطرات الرزاز وسرعة تيارات الهواء الذى يراد تبريده ،فكلما صغر حجم القطرات زادت مساحة اسطحها الخارجية مما يؤدى نظريا الى زيادة معدل تبخيرها فى الهواء الا ان زيادة المساحة الخارجية للقطرات تؤدى الى زيادة قوة جرفها بالهواء الامر الذى يجعلها تعلق بالهواء ولا تتحرك فيه وينتج عن ذلك تكون طبقة من الهواء الساكن مكتمل التشبع الرطوبى حولها وبالتالي

ينخفض معدل تبخرها فيه ،وقد دلت التجارب المعملية على ان كفاءة التشبع الرطوبى تبلغ في متوسطها العام حوالى 40% ولا تتعدى 60% تحت ظرف التشغيل العادية ، وتستخدم هذه الطريقة فى تبريد المنشأت الزراعية فى اغلب الاحيان لان الهواء عادة يكون مصحوب برزاز الماء ، وتحتوى هذه الطريقة على عدد من المشاكل منها تراكم الاملاح والرواسب الذى يؤدى الى انسداد المنافث وتوقفها عن العمل كما يؤدى ايضا الى اختلال توازن القرص وارتجاج دورانه ومن ثم الى تعطله.

2/ **طريقة الوسائد المسامية المبللة:**

هو النظام المستخدم حاليا في السودان وفيه يتم تبريد الهواء عن طريق تمريره عبر وسائد مسامية مبلله بالماء ، وتصنع عادة من مواد تتميز بقابليتها العالية على امتصاص الماء مثل الالياف الخشبية الحجارة المسامية. وقد تم في السنوات القليلة الماضية تطوير وسائد مصنوعة من طبقات ورقية متعرجة بالقدر الذى يجعل بينها ممرات صغيرة لمرور الهواء .[7]

2.6 التبريد التبخيرى المباشر وغير المباشر:

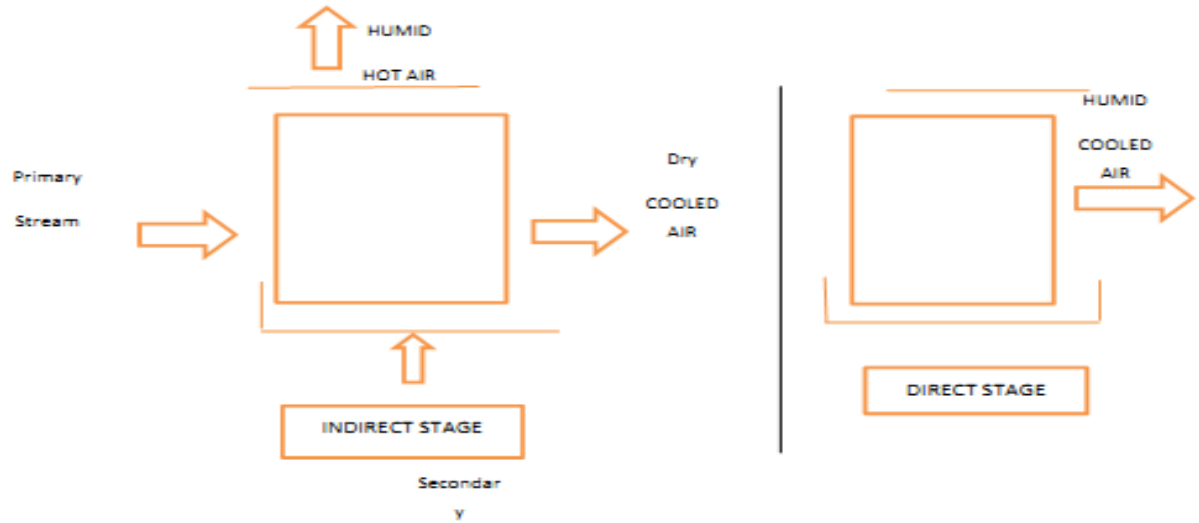
2.6.1 التبريد التبخيرى المباشر:

وهو خفض درجة الحرارة من الهواء عن طريقة استخدام الحرارة الكامنة للتبخر، وتغيير الماء السائل إلى بخار ماء، وفي هذه العملية لا تتغير الطاقة الموجودة في الهواء ويتم هنا تغير الهواء الجاف الحارالى الهواء الرطب البارد وتستخدم هنا الحرارة الموجودة في الهواء الخارجي لتبريد المياه.

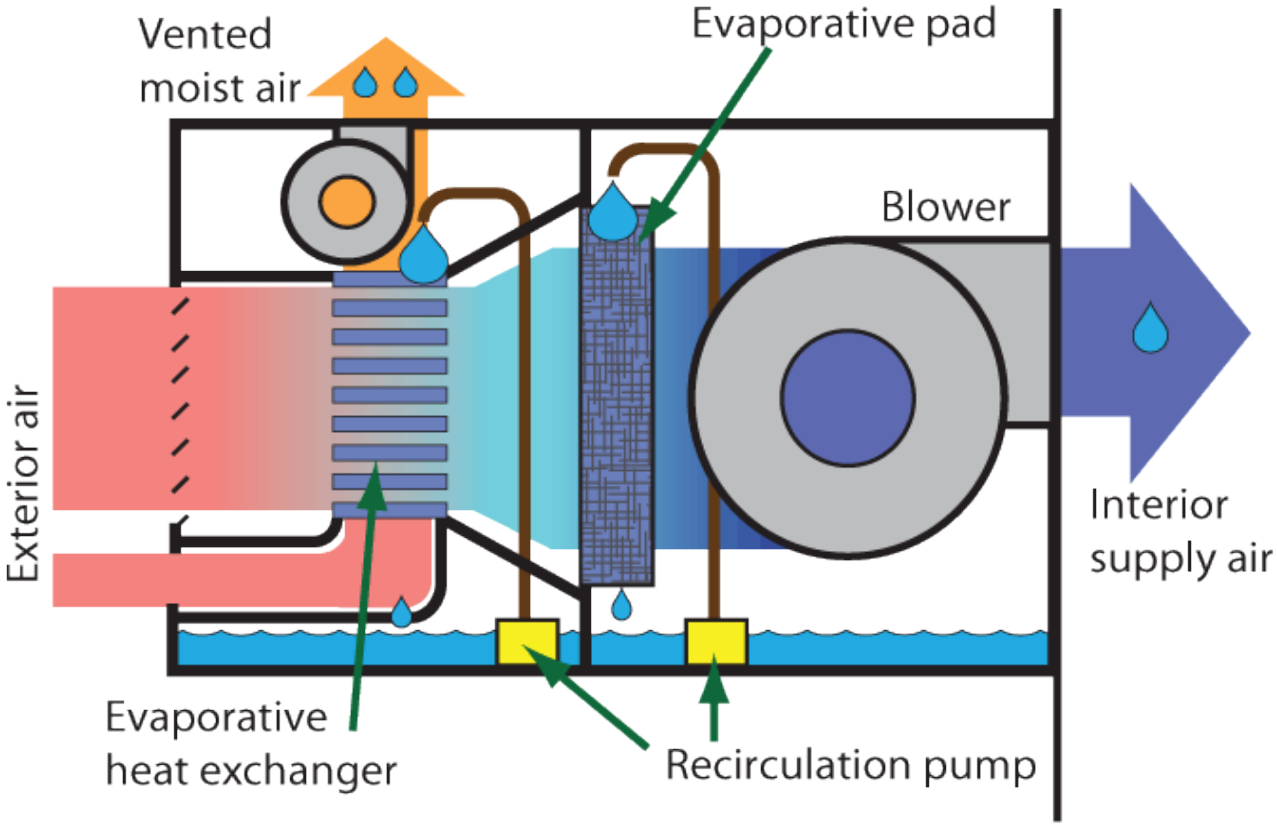
2.6.2 التبريد التبخيرى غير المباشر(ذو المرحلتين):

الغرض تقليل اثر ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء المجهز من قبل أجهزة تبريد الهواء التبخيرية ذات المرحلة الواحدة ورفع كفاءتها اقترحت منذ ستينات القرن الماضي مبردة الهواء ذات المرحلتين وفي هذا النوع مبردات

الهواء التبخيرية Tow stage (direct/indirect) evaporative cooler يتم ادخال تيار الهواء الرئيسي (Primary air stream)في انابيب مبادل حراري يتم فيه تبريد تلك الانابيب من الخارج بواسطة التبريد التبخيرى المباشر حيث يمر تيار هواء ثانوي (secondary air stream) خارج الانابيب باتجاه معاكس لتيار الماء، يقوم الاثنان بعملية تبريد للأنابيب التي بدورها تبرد تيار الهواء الرئيسي (Primary air stream) بدون ان يمس الماء وبهذا يكون الاجراء أديباتي شكل(5-2) ، ان المبردات ذات المرحلتين تكون فعالة بنسبة (100%-115%)في الحصول على درجة الحرارة الرطبة فهى تخفض درجة حرارة الهواء الخارجة لأكثر من 27 درجة مئوية كمثال من (46) الى (24) درجة مئوية وبرطوبة نسبية اقل مما عليه في مبردات المرحلة الواحدة.[8]



الشكل (4_2) يمثل مخططات الاجراءات فى مبرد هواء عادى



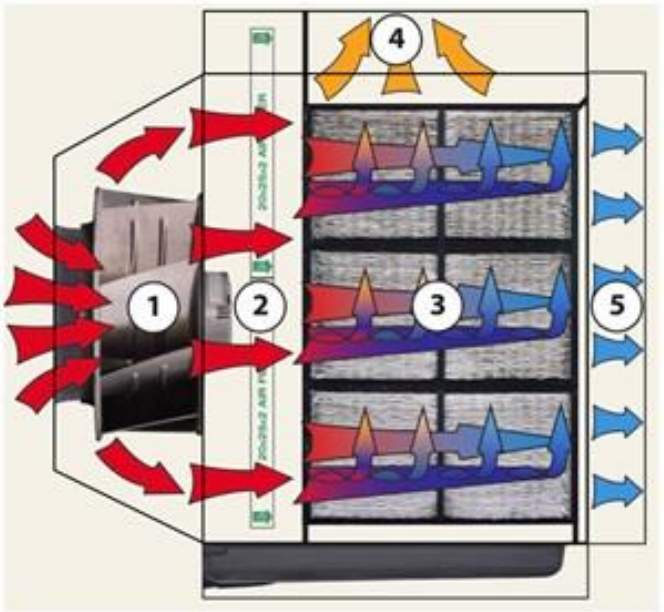
الشكل (5-2) المبرد التبخيرى ذو المرحلتين

1.6.3 دورة المبرد الهوائى ذو المرحلتين:

لتطوير مبردات الهواء ذات المرحلتين اقترحت كثيراً من المشاريع منها ما يتعلق بتصميم مجاري الهواء ومنها وما يتعلق بمزاوجة التصميم مع التبريد الانضغاطي.

وفي مبردة الهواء ذات المرحلتين الاعتيادية فإن تيار الهواء الأولي يحتاج إلى مروحة تسحب الهواء الخارجي ثم تدفعه إلى الحيز بينما يحتاج تيار الهواء الثانوي إلى مروحة أخرى لإنجاز عملية التبريد التبخيري ولغرض استخدام مروحة واحدة استخدمت مراوح الدفع مع تقسيم الهواء إلى قسمين : يذهب أحداهما كتيار أولي والآخر ثانوي يقذف إلى الخارج.

أن هذه الفكرة قادت إلى ظهور ما يسمى بدورة Maisotsenko cycle وفيها يؤخذ تيار الهواء–1–الخارجي الراجع ويقسم إلى قسمين يذهب قسم كتيار أولي يبرد بواسطة المبادل–2–والآخر تيار ثانوي يبرد المبادل بالتبخير–3– ثم يؤخذ التيار الأولي الخارجي من المبادل ويقسم ايضاً إلى قسمين وهكذا تتكرر العملية عدة مرات حيث يجهز الحيز آخيراً بهواء بارد غير رطب –5–بينما يقذف الهواء الرطب الحار إلى الخارج– 4– واعتمدت هذه الدورة مبردة هواء سميت (COOLRADO) وهي تنتشر الآن في المناطق الشرقية للولايات المتحدة الامريكية.[9]



الشكل (6-2) يوضح دورة الهواء الراجع والهواء الثانوى

2.7 المبادلات الحرارية الاسترجاعية:

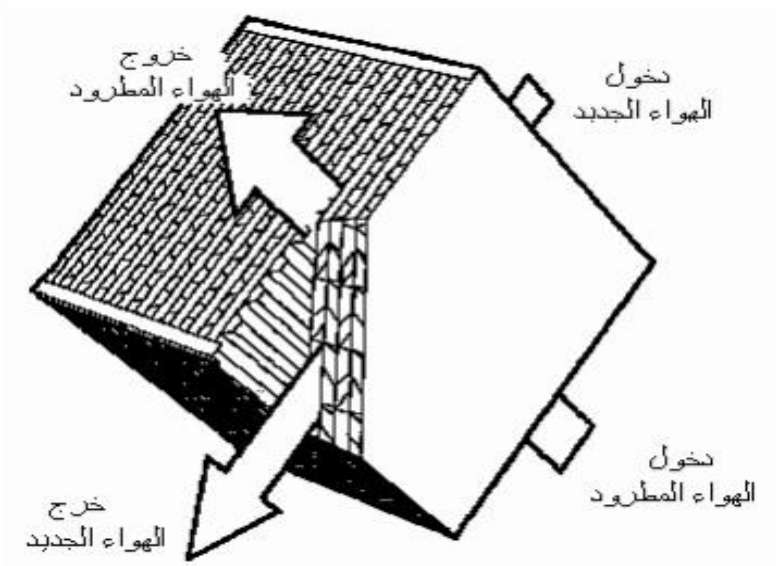
تقوم المبادلات الحراري الاسترجاعية باسترجاع الطاقة الحرارية المهدورة للهواء المفروض حيث تؤمن عملية تبادل حراري بين الهواء المطرود والهواء الجديد، هذه المبادلات تعمل على انتقال الحرارة المحسوسة فقط أو انتقال الحرارة المحسوسة والكامنة معاً وهي ما تسمى بمبادلات الإنثالبي، إن استخدام

اجهزة استرجاع الطاقة الحرارية في تطبيقات الهواء يؤدي إلى تقليل استطاعة وحدة التكييف اللازمة لمعالجة الهواء ومن ثم يؤدي أيضاً الى تقليل تكاليف التشغيل وتكاليف الصيانة.

من أكثر أنواع المبادلات الحرارية استخداماً لاسترجاع الطاقة الحرارية بين تياري الهواء المطرود والهواء الجديد المبادل الحراري الصفائحي .

2.7.1 المبادل الحراري الاسترجاعي الصفائحى:

لا تحتوي هذه المبادلات الحرارية على اجسام متحركة والتي تشكل ممرات تياري الهواء الجديد والهواء المطرود.



الشكل (7-2) يوضح المبادل الحراري

يتراوح تباعد الصفائح بين 2.5 –12.5 مم وذلك حسب تصميم المبادل ومجال الاستخدام وتنتقل الحرارة من تيار الهواء الساخن الى التيار الهواء البارد عبر الصفائح الفاصلة بين التيارين ، يمكن تصميم المبادل الحراري الصفائحي من حيث هندسته وترتيب الجريان وابعاده والمواد المؤلف منها ليلبي قيم التدفقات والمردود وانخفاض الضغط المطلوب، تكون مقاومة انتقال الحرارة بالتوصيل خلال الصفيحة الصغيرة مقارنة

مع انتقال الحرارة بالحمل لتياري الهواء على جانبي الصفيح ولذلك لا تتأثر فعالية انتقال الحرارة بشكل كبير بمعامل التوصيل الحراري للصفيحة ، يعد الألمنيوم المادة الأكثر استخداما في هذا النوع من المبادلات الحرارية لمقاومته التآكل وسهولة استخدامه في صناعة المبادلات وخصائص انتقال الحرارة وطول بقائه، في حين يستخدم الفولاذ في تطبيقات خاصة مثلاً من اجل درجات حرارة تتجاوز 200 °c نظراً لأنه لا توجد أجزاء متحركة في المبادل، وبناءً عليه لا يوجد تسرب بين تياري الهواء المطرود والهواء الجديد فمع ازدياد السرعة يزداد فرق الضغط آنياً وعند قيم كبيرة لفرق الضغط يمكن أن يتشوه شكل الصفائح بين التيارين مما يسئ لمردود المبادل الحراري ويسبب تسريباً للهواء ولكن هذه لا تشكل مشكلة عملية في هذا النوع من المبادلات إذ أن فرق الضغط لا يتجاوز 1Kpa ولكن يجب الانتباه في هذه المسألة في التطبيقات الخاصة التي تتطلب قيماً كبيرة لسرعة الهواء أو الضغط الإستاتيكي أو كليهما.[10]

ان اسنخدام هواء جديد (100%) يحسن من نوعية الهواء في المكان المكيف ومن ثم يمكن استخدام المبادل الحرارى الصفائحى الاسترجاعي مع وحدات تكييف الهواء الخاصة بالمستشفيات ،حيت انه فى هذا النوع من المبادلات الحرارية لا يحدث فيه تسرب للهواء المطرود الى الهواء الجديد ، ومن هنا نرى فائدة استخدام المبادلات الحرارية الاسترجاعية مع وحدات تكييف الهواء.

مما سبق يتبين لنا الاتي:

مردود المبادل الحرارى يؤثر بشكل كبير فى كل من الانتاجية التبريدية وكمية حرارة اعادة التنشيط ومعامل الاداء لدارة DEC ،فازدياد مردود المبادل الحرارى الاسترجاعى يؤدى الى ازدياد ملحوظ لمعامل الاداء لدارة DEC .

الاستطاعة التبريدية المطلوبة من وحدة تكييف الهواء مع استخدام مبادل حرارى استرجاعى هى اصغر من نصف الاستطاعة المطلوبة من وحدة تكييف الهواء التى لا تستخدم معها مبادل حرارى استرجاعى.

2.7.2 مميزات المبرد التبخيرى:

1/ اقتصاديا: التكلفة التشغيلية لأنظمة التبريد التبخيري تعادل 1/4 كلفة تشغيل أنظمة التكييف التقليدية.

2/ صحيا: يجلب المكيف التبخيرى هواء خارجي 100% ولا يقوم بتدوير الهواء مثل المكيفات الاخرى ولذلك يستخدم بصورة واسعة في المستشفيات والبيئات الصناعية لتجنب نقل العدوى والروائح الكريهة والملوثات.

3/الصيانة: يمتاز بسهولة صيانته ويمكن لمالكه صيانته بنفسه دون الاستعانة بالشركة المصنعة او فنى متخصص.

4/قطع الغيار: يحتوى على مكونات بسيطة ومتوفرة ورخيصة الثمن عند مقارنتها بالأنواع الاخرى.

2.8 مساوئ المبرد التبخيرى:

1/سرعة الهواء عند التشغيل بالسرعة العالية تسبب ضجيجا مزعجا.

2/يتطلب استخدام التبريد التبخيرى وجود فتحات في الحيز المراد تبريده لتنفيس الهواء للحول دون ارتفاع الضغط داخل الحيز ويكون ذلك غير مناسب في غرفة الاجتماعات والاماكن التي تتطلب ان يكون الحيز مغلقا.

3/الهواء البارد القادم من المكيف التبخيرى يجلب معه الغبار والاتربة التي يكون بها العوالق والشوائب التي تسبب ضيقا لمن يعانى من الحساسية.

4/يتطلب المبرد التبخيرى صيانة دورية قد تصعب في المبردات الموضوعة في الاسقف والاماكن الضيقة.

5/تحتاج المبردات التبخيرية لتدفق الماء باستمرار لتغطية النقص الناتج من التبخر في دورة الماء الداخلية.

6/وجود الاملاح في الماء الداخل الى المبرد وتسربها فى جسم المبرد يؤدى الى تأكله مما يؤدى الى نقص العمر التشغيلي له.

2.8.1 استخدام ليف النخيل فى تصنيع خشوات التبريد[11] :

اجريت دراسة على حشوات تبريد مصنعه من ليف النخيل وخلصت الى:

عند استخدام حشوات بسمك 5سم كانت الكفاءة التبريدية 71.92%

وعند استخدام حشوات بسمك 9سم كانت الكفاءة 77.17%

نجدان الكفاءة قد زادت بنسبة 6.8% عند زيادة السمك بنسبة 80%

2.8.2:مقارنة بين المروحتين الطاردة المركزية والمحورية في المكيفات التبخيرية :

اجريت دراسة بغرض المقارنة بين المراوح الطاردة المركزية المستخدمة في المكيفات والمراوح المحورية وخلصت الدراسة الى الاتي:

عند استعمال مروحة محورية ذات قطر 45سم في مبرد تبخيري حجم 3000وحدة تعطى مردود =0.222متر مكعب وكفاءة تبريديه 69%.

وعند استخدام مروحة طاردة مركزية تعطى مردود=0.0121 متر مكعب وكفاءة تبريديه 88%.

لذا عند استعمال المروحة المحورية يزيد من المردود بمقدار 94.5%متر مكعب ويكون ذلك على حساب الكفاءة التبريدية التي قلت بمقدار 19%.

2.8.3 دراسة تأثير المجفف السائل التبخيرى:

اجريت الدراسة باستخدام مادة جلايكول الايثلين كسائل مجفف لإزالة الرطوبة من الهواء قبل دخوله المكيف التبخيرى[12].

ومقارنة الاداء مع وبدون النظام المجفف واستخدام انابيب المجمع الشمسى لإزالة البخار من المادة المجففة لإعادة استخدامها مرة اخرى .

ومن خلال هذه الدراسة وجد ان استخدام (السوائل المجففة) تمكن من الحصول على تبريد تبخيري بكفاءة اعلى تصل الى درجات حرارة ادنى ورطوبة اقل خصوصا للمناطق ذات الرطوبة العالية ، حيث ان درجة الحرارة انخفضت من(24)الى (21)درجة مئوية والرطوبة من (66)الى(60)%، وزادت الكفاءة بنسبة 22.4%

2.8.4 استخدام الوسائد الكرتونية :

الوسائد الكرتونية عبارة عن ورق مقوى مضغوط يحتوى على مسامات لدخول الهواء ، ويتميز بكفاءة تبريديه عالية نسبيا ولكن يؤخذعليه قصر عمره الافتراضي بسبب تراكم الاملاح عليه وايضا غلاء سعره حيث يبلغ سعر الجانب الواحد للمكيف 40$اغلى بما يقرب عشرة اضعاف القش الأمريكي الذى يبلغ سعر الجانب الواحد 4.5$[5].

2.8.5 تحديد الابعاد المثلى للمبرد التبخيرى[13] :

اجريت دراسة بغرض تحديد الابعاد المثلى للمبرد التبخيرى وذلك لضمان الحصول على كفاءة تبريديه عالية خلصت الى الاتي:

الابعاد المثلى للمبرد التبخيرى 4000 وحدة:

المساحة الخارجية الكلية =14.65متر مربع (m^2).

المساحة الداخلية =2.10متر مربع(m^2) .

وذلك للحصول على سرعة هواء 500مترفي الدقيقة(m /min).

الابعاد المثلى للمكيف التبخيرى 3000وحدة :

المساحة الخارجية الكلية= 7.92مترمربع(m^2) .

المساحة الداخلية =2.10متر مربع(m^2) . للحصول على سرعة هواء 300(m/min)

الباب الثالث

التبريد التبخيري المباشر – غير المباشر

هناك عدة خطوات يجب تطبيقها لتحسين كفاءة نظام التبريد التبخيري والذى يستخدم بكثرة في المجال التطبيقي في السودان.

وفيما يلي الأجزاء الاساسية للجهاز:

3.1 الهيكل الخارجي:

الجهاز مصمم في شكل مكعب بأبعاد(90cm*90cm*88cm) ، الهيكل مصنوع من صاج الحديد المجلفن لسهولة تشكيله وقوة تحمله و مقاومته للصدأ ،تم عمل التصميم ليكون عملي وسهل الحركة.

الشكل (1–3) يوضح الهيكل الخارجي اثناء التنفيذ

الشكل (2-3) يوضح الهيكل الخارجي النهائي

3.2 المراوح :

هنالك نوعان اساسيان من اجهزة تحريك الهواء : المروحة الطاردة المركزية او المنفاخ ،و المروحة ذات السريان المحوري.

المروحة المركزية تولد ضغط اعلى من المروحة ذات السريان المحوري , لذلك تستعمل في التطبيقات التي تتطلب مقاومة عالية لسريان الهواء.

3.2.1 المروحة الطاردة المركزية او المنفاخ :

تتكون المروحة الطاردة المركزية من عجلة بها ريش على محيطها وغطاء ليتحكم ويوجه سريان الهواء الى مركز العجلة والى السطح الخارجي.

الريش تحرك الهواء بواسطة قوة الطرد المركزية حيث انها تخرج الهواء خارج العجلة الى السطح الخارجي مما يؤدي الى تكون سحب داخل العجلة.

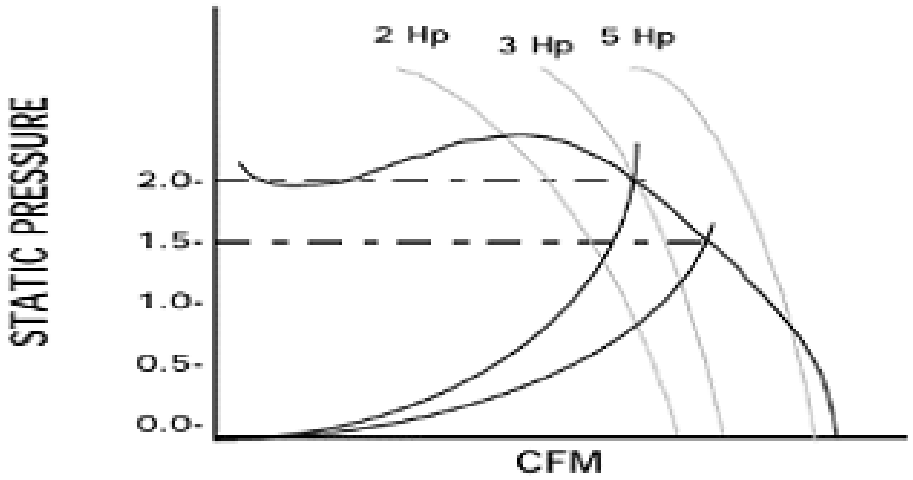
الانواع الاساسية من ريش العجلة في المنافيخ الطاردة المركزية هي الريش المنحنية الى الامام و الريش المائلة الى الخلف.

في المنفاخ الطارد المركزي ذو الريش المنحنية الى الامام تكون الريش منحنية في اتجاه دوران العجلة وهو في المقام الاول جهاز دفع ، حيث يجعل الهواء يتسارع الى سرعة عالية بينما يدور بسرعة صغيرة مقارنة بسرعة المنفاخ ذو الريش المائلة الى الخلف.

يعرف المنفاخ ذو الريش المنحنية الى الامام بمنفاخ الحجم حيث انه يولد حجم هائل من الهواء بالنسبة لحجم و سرعة المنفاخ و لديه كفاءة ثابتة تتراوح بين 60 – 68 % .

تشغل العجلة في المنفاخ ذو الريش المنحنية الى الامام بسرعة صغيرة نسبيا و تستخدم لتوليد احجام كبيرة من الهواء مقابل ضغوط ثابتة صغيرة. الريش المنحنية الى الامام بطبيعة حالها خفيفة الوزن مما لا يسمح للعجلة بالدوران بسرعات كافية لتوليد ضغوط ثابتة عالية.

لاحظ في مخطط (3–3) الخاص بمنحنيات المراوح ذو الريش المنحنية للامام كيف تتقاطع خطوط القدرة الحصانية الفرملية مع منحنيات الاداء للمروحة. حيث انه اذا انخفضت مقاومة المنظومة من 2 بوصة على منحنى 3.5 قدرة حصانية فرملية سيكون هنالك جهد زائد على الموتور.



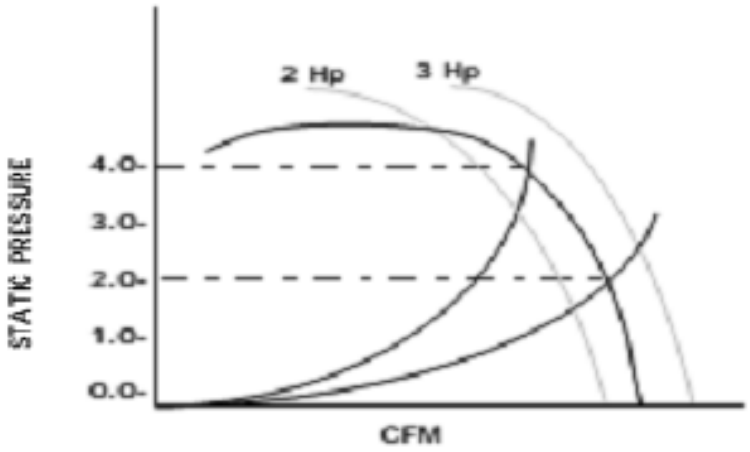
الشكل (3–3) منحنى القدرة لمروحة ذات الريش المنحنية للأمام

بناء على ذلك يتم الاشارة لهذا النوع من المراوح بالمراوح ذو الجهد الزائد.

تصمم ريش المنفاخ ذو الريش المائلة الى الخلف بحيث تكون مائلة بعيدا عن اتجاه دوران العجلة.

مروحة الجنيح هي نوع من انواع المراوح ذو الريش المائلة الى الخلف حيث انها تمتاز بكفاءة عالية. يمتاز اداء هذه العجلة بكفاءة عالية و بنيتها القوية تسمح باستخدامها في التطبيقات التي تتطلب ضغوط ثابتة عالية. اعلى كفاءة ثابتة للمراوح ذو الريش المائلة الى الخلف تتراوح بين 75- 80 % يتم تشغيل المراوح ذو الريش المائلة الى الخلف بسرعة تكون تقريبا ضعف سرعة مروحة ذو ريش منحنية الى الامام . بالرغم من هذا القدرة الحصانية المتطلبة من المروحة ذو الريش المائلة الى الخلف تكون اقل مما يجعلها اكثر كفاءة.

خلافا للمروحة ذو الريش المنحنية الى الامام , تكون خطوط القدرة الحصانية الفرملية للمروحة ذو الريش المائلة الى الخلف موازية لمنحنيات اداء المروحة. لذلك اذا انخفضت المنظومة من 4 الى 2 بوصة ثابتة كما في المخطط (4-3) ستتغير القدرة الحصانية الفرملية تغيرا بسيطا , و لهذا السبب تعرف المراوح ذو الريش المائلة للخلف بالمراوح ذات الجهد الزائد.



الشكل(4-3)منحنى القدرة لمروحة ذات الريش المنحنية للخلف

الشكل (5–3) يوضح مروحة الطرد المركزية

3.2.2 المروحة ذات السريان المحوري :

هنالك ثلاثة انواع رئيسية للمروحة ذات السريان المحوري : المروحة ذات الدافع ، المروحة ذات الانبوب المحوري و المروحة ذات الريشة المحورية والنوع الاول هو الاكثر استخداما.

المروحة ذات الدافع تتكون ريشة دافعة مرتبطة بفجوة تعمل على منع رد الفعل من الجانب الخارجي. بدون الفجوة لا يمكن اعتبار المروحة انها مروحة دافعة حيث انها لا تستطيع تحريك الهواء من حيز لآخر، الفجوة هي عبارة عن صفيحة معدنية صممت لتناسب المحيط الخارجي للدافع.

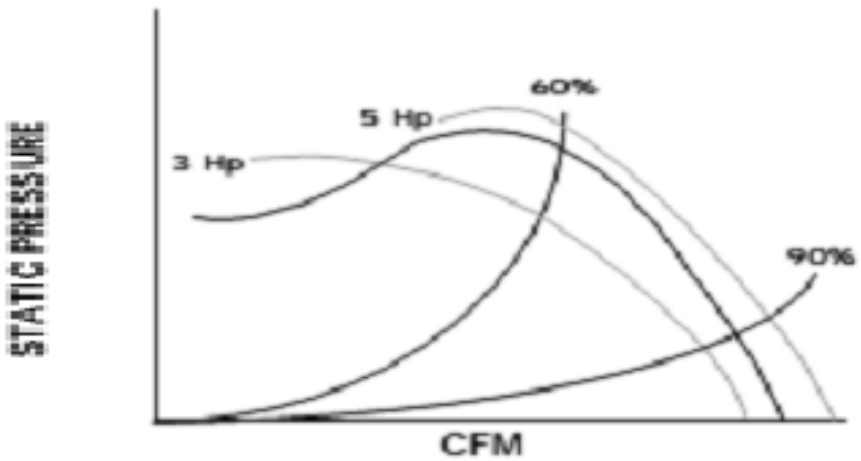
المروحة ذات الانبوب المحوري هي حرفيا مروحة دافعة في انبوب ، لكن في هذه الحالة استبدلت الفجوة بالانبوب. المروحة ذات الانبوب المحوري هي امتداد للمروحة الدافعة و هي تزيد الضغط و الكفاءة و كمية السريان نتيجة لانخفاض الهواء المسرب على اجزاء الريشة.

المروحة ذات الريشة المحورية هي عبارة عن مروحة ذات انبوب محوري بالاضافة الى ريش داخل الانبوب لجعل سريان الهواء اكثر استقامة.

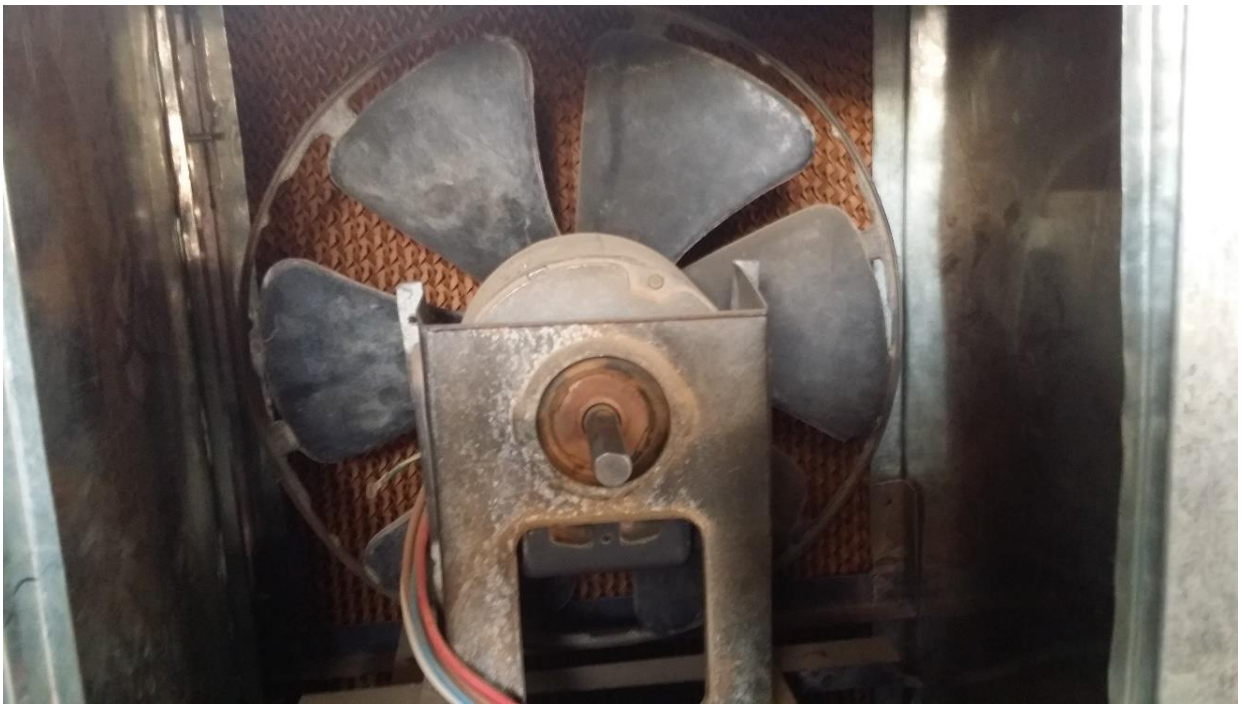
يتغير سريان الهواء من سريان حلزوني منقول بالدافع الى سريان اكثر استقامة و يتم في العملية زيادة الضغط و الكفاءة مع خفض الضجة. على العموم يتم تشغيل المروحة الدافعة بضغط منخفض.

المروحة ذات الريشة المحورية تولد اعلى ضغط من بين الانواع الثلاثة و تستخدم عندما يكون الحيز لتركيب المراوح محدود.

تتراوح الكفاءة الثابتة للمروحة ذات الريشة المحورية بين 70–72%. مدى الاداء الثابت لهذه المروحة مشابه للمروحة ذات الريش المائلة للخلف و مروحة الجنيح. خطوط القدرة الحصانية هي اساسا موازية لمنحنيات اداء المروحة و لذلك تعتبر مروحة ذات جهد الزائد و هي مشابهة للمروحة ذات الريش المائلة للخلف كما هو موضح في مخطط6(–3).



(6–3)مروحة الانبوب المحورى



الشكل (7-3)المروحة المحورية

3.2.2.1 القدرة الحصانية ضد خصائص السرعة :

هنالك ثلاثة مبادئ رئيسية في العمليات التي تخص المراوح و التي من الممكن ان تساعد في فهم و ايجاد حلول لمشاكل تطبيقات الموتورات و هي السرعة و الضغط و كثافة الهواء.

يمكن القول بان القدرة الحصانية الداخلة لمروحة تتغير مع مكعب السرعة مع ثبات المعاملات الاخرى

وبالتالي اذا اراد زبون ما زيادة سرعة المروحة بمقدار 10% فان القدرة الحصانية المطلوبة تزيد بمقدار 33%.

بسبب العلاقة بين القدرة الحصانية ومكعب السرعة من المهم الانتباه الى السرعة الدورانية لموتور ذو حمولة كاملة والتأكد من ان نقطة حمل التشغيل بين الموتور والمروحة متطابقة.

وحدات المراوح المربوطة غالبا يتم شحنها ببكرات موتور مختلفة لكي يتم تعديل حمولة المروحة من اجل الحفاظ على توازن المنظومة. اذا لم يتم تعديل البكرات عند تركيبها فان الحمولة على الموتور تكون هائلة. سرعة الموتور و المروحة يتناسبان طرديا مع قطر البكرة :

$$\frac{Motor\ Sheave\ Dia}{Fan\ Sheave\ Dia} = \frac{Fan\ RPM}{Motor\ RPM}$$

3.2.2.2 القدرة مقابل خصائص الضغط :

في معظم المراوح الطاردة المركزية كلما زاد ضغط المنظومة (تزيد مقاومة حركة الهواء) قلت القدرة الحصانية الداخلة للمنظومة ، مما يعني حوجة اقل للقدرة. في كل الوحدات ذات الهواء المتحرك يقل مقدار معدل سريان الهواء المنتج بواسطة وحدة تعمل بسرعة ثابتة كلما قل الضغط اللازم للتغلب على مقاومة السريان الكلية للمنظومة و العكس صحيح.

ضغط منظومة (الضغط الكلي) ذات هواء متحرك هو مجموع الضغوط الثابتة و ضغط السرعة. الضغط الثابت هو الضغط للضاغط في مائع ما ويمثل طاقة الوضع بالنسبة للمائع. ضغط السرعة الذي ينتج بواسطة سرعة سريان المائع ويمثل طاقة الحركة بالنسبة للمائع.

في منظومات الهواء المتحرك تكون فروقات الضغط الثابت عادة اقل من 10 بوصة من الماء.

الضغط الكلي المطلق عند اي نقطة في منظومة هو مجموع الضغط الكلي عند تلك النقطة و الضغط الجوي ،يقاس عادة الضغط في منظومات الهواء المتحرك بوحدة بوصة من الماء(سمت الضغط).

في المروحة ذات السريان المحوري والمروحة ذات الريش المائلة للخلف تميل القدرة الحصانية الداخلة للثبات مع تغيرات الضغط.

3.2.2.3 القدرة مقابل كثافة الهواء و درجة الحرارة و الرطوبة :

و بما ان الكفاءة تتاثر بتغير درجة الحرارة والرطوبة ،فكذلك القدرة الحصانية الداخلة تتاثر. بما ان

الكثافة تقل كلما زادت درجة الحرارة و الرطوبة النسبية ، تبعا لذلك كلما كان الهواء دافئا او كلما كان الهواء المدفوع بالمروحة اكثر رطوبة فان القدرة الحصانية الداخلة تكون اقل.

الاضافة الاولى هي اعادة ترتيب المراوح ، المروحة الطاردة المركزية في المرحلة الاولى بدلا من المروحة المحورية في المرحلة الثانية لانه وجد ان الهواء الذي يمد بالمروحة المحورية الى الغرفة ليس كافي بالرغم من انها تعمل بسرعة عالية لكنها تعطي ضغط منخفض وهناك ايضا عقبات في المرحلة الثانية مثل الوسادة والمبادل الحراري.

3.3 المبادل الحراري :

المبادل الحراري هو عبارة عن قطعة من جهاز صممت لانتقال حرارة من جسم لآخر. يوجد فاصل من مادة صلبة لمنع الاختلاط او في بعض الاحيان يكون هنالك اتصال مباشر.

يستخدم استخدام واسع في التسخين والتبريد وتكييف الهواء ومحطات توليد الكهرباء والمصانع الكيمياوية ومحطات البترول والمصافي النفطية ومعالجة الغاز الطبيعي ومعالجة مياه الصرف الصحي.

في هذا الجهاز تم استعمال المبادل الحراري لتبريد الهواء الداخل حيث صمم بواسطة ملفات تبريد عادية تستعمل في تكييف الهواء وهنالك اثنان منهما و يوضعان فوق بعضهما البعض.

تقطع انابيبهما من كلتا الجهتين وفي هذا الانبوب يسري هواء التشغيل (في جانب الزعانف) وفي الانبوب الآخر يسري الهواء الداخل ، حيث ستسري الحرارة المحسوسة من الهواء الخارجي (هواء حار) الى هواء الراجع (هواء دافئ) .

هنالك تسريب كثير في هذا المبادل الحراري لانه مكون من ست قطع وهذه القطع ليست مربوطة باحكام لهذا تم استعمال مشمع حراري والسليكون لتغطية الفراغ بين القطع ليصبح اكثر كفاءة.

الشكل (3–8) يوضح الوجه الامامي للمبادل الحراري

الشكل (3–9) يوضح الوجه الجانبي للمبادل الحراري

3.4 حركة الجهاز :

من الميزات المهمة جدا لهذا الجهاز هي سهولة الحركة والاستعمال حيث يبذل جهد اقل لتحريكه حيث تم وضعه على حامل مصنوع من الحديد الصلب مزود باربع عجلات متحركة تدور في كل الاتجاهات لتسهيل التوجيه.

3.5 العزل الحراري :

كفاءة هذا المبرد تعتمد على عدة عوامل من ضمنها معدل تبادل الحرارة بين الهواء الجاف الحار (الهواء الخارجي) و الهواء الراجع.

مصطلح "العزل الحراري" يمكن ان يشير الى مواد تستعمل لتقليل معدل انتقال الحرارة او الطرق و العمليات المستخدمة لتقليل انتقال الحرارة.طرق انتقال الطاقة الحرارية في هذا المشروع هي التوصيل و الحمل.

العزل الحراري يمنع تسريب الحرارة من وعاء او دخولها اليه، بمعنى آخر يحفظ العزل الحراري منطقة مغلقة كبناء مثلا دافئا او انه يحفظ الجزء الداخلي من وعاء باردا. العوازل الحرارية استخدمت للحد من نقل الطاقة الحرارية.يمكن تقليل انتقال الحرارة بواسطة طريقة واحدة او اكثر من طرق انتقال الحرارة التي تم تناولها و تعتمد على الخصائص الثيرموديناميكية للمادة المستخدمة في العزل.

هنالك عدة مواد عزل رخيصة وواسعة الانتشار متاحة في السوق ، و لكل من هذه المواد ميزاته و عيوبه. لذلك عندما يتم عمل العزل يجب التاكد من ان المادة المختارة هي افضل مادة تناسب وضعك. تم الاخذ في الاعتبار عدة عوامل كالسعر والآثار البيئية وقابلية الاشتعال وعزل الصوت.

3.6 وسادة التبريد :

تستخدم الوسائد فى امتصاص الماء لاستعماله في عملية التبريد التبخيرى وهى عدة أنواع ومنها الأكياس المثبتة والوسائد الورقية.

3.6.1 الأكياس المثبتة (القش الأمريكي):

وهى شائعة الاستعمال وتصنع من ليف شجرة الأسين المقطع إلى شرائح ويوضع هذا الليف داخل أكياس بلاستيكية على شكل شبكة وتمتاز بقابلية امتصاص الماء. كما موضح في الشكل (10-3) .

3.6.2 الوسائد الورقية:

وهى عبارة عن وسائد مصنوعة من طبقات ورقية متعرجة بالقدر الذييجعل بينهما ممرات صغيرة لمرور الهواء. وتتم فيها معالجة الورق المستخدم في مثل هذه الوسائد بمواد تكسبها لمتانة ومقاومة التحلل ولكنها تبقى على خصائصه العالية لامتصاص الماء كما موضح في الشكل(11-3). أيضا هناك أنواع أخرى من الوسائد يندر استخدامها مثل أكياس التبريد المصفحة الجاسئة، أكياس التبريد الدائرية، صفائح السيليلوز المحززة والإسفنج.

يتم ربط هذه الاوراق معا بدلا من ورقة منحدرة و اخرى مسطحة. معظم مبردات الهواء التبخيرية الحديثة ذات الحجم المتوسط و الكبير تستعمل وسادات كلدك و كذلك هذا المشروع.

3.6.3 مقارنة بين الوسائد الورقية والاكياس المثبتة:

الوسادات (الورقية) تمتلك كفاءة مشبعة اكبر من وسائد خشب اسبن حيث تبلغ كفاءة خشب اسبن المشبعة في افضل حالاتها 70% وتنقص الى 50% بعد اسابيع قليلة فيما تتراوح كفاءة الوسائد الورقية بين 70-95% حيث تعتمد على سمك الوسادة و سرعة الهواء. بالاضافة لذلك تدوم مدة الوسائد الورقية 10 سنوات بينما يتم استبدال وسائد خشب اسبن كل موسم تبريد وفي بعض الاحيان بعد موسمين ،مع ذلك وسائد التبريد الورقية اغلى من وسائد خشب اسبن.

في هذه الدراسة تم استخدام وسادة تبريد ورقية واحدة في مرحلة المباشر بدلا من المبادل الحراري في المشروع السابق.

3.6.4 ابعاد وسادة التبريد الورقية المستخدمة نوع 15-7090 :

الارتفاع = 40 سم

الطول = 50 سم

السمك = 3 سم

الشكل (10-3) يوضح الاكياس المثبتة

الشكل (11-3) يوضح وسائد كرتون كلدك

3.7 المضخة الغاطسة:

المضخة المغمورة (المضخة الكهربائية الغاطسة) هي جهاز يمتلك موتور مغلق بإحكام و مقرون بجسم مضخة. حيث يتم غمر هذا المركب في المائع ليتم ضخه.

الميزة الاساسية لهذا النوع من المضخات منع كبت المضخة حيث انها مشكلة مرتبطة بفرق الارتفاع العالي بين المضخة وسطح المائع. المضخات المغمورة تدفع المائع للسطح عكس المضخات النفاثة التي تسحب المائع ، و المضخات المغمورة اكبر كفاءة من النفاثة.

3.7.1 عيوب المضخة الغاطسة:

يوجد العديد من الأسباب التي تؤدي إلى حدوث أعطاب في المضخة وهي :

1. إذا كان الحوض فارغا أو منسوب المياه منخفض.

2. إذا دخل بعض الطين والأوساخ إليها.

3. تآكل الغطاء إذا لم يكن مصنوع من مادة مقاومة للتآكل والصدأ.

4. تذبذب التيار الكهربائي.

الشكل (12–3) المضخة المغمورة

3.7.2 خصائص المضخة الغاطسة :

القدرة = 10 واط

الفولتية = AC220V، 50HZ

حجم فوهة الخروج = 0.5 بوصة

السريان الاقصى = 750 لتر\ساعة

السمت الاقصى = 1.5 متر (5 اقدام)

اقصى ارتفاع مبرد = 4 اقدام

3.8 المحرك الكهربائي:

المحرك الكهربائي هو الآلة التي تحول الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية. وينتج عن توصيل الكهرباء من بطارية أو مصدر للطاقة إلى المحرك ثم يدور عمود الإدارة حول نفسه.

وهناك محركات تعمل بالتيار المستمر الناتج من بطارية مثلا،كما أن هناك محركات تعمل بمصدر للتيار المتردد. وبالرغم من أن هناك تصميمات عديدة للمحركات الكهربية، فإن المبدأ يظل كما هو.

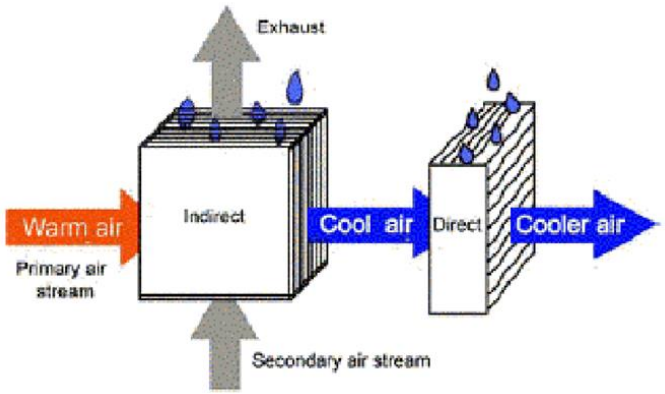
عندما يكون هناك تيار كهربي مار في موصل ما مثل سلك منالنحاس موضوع في مجال مغناطيسي، فإن هناك قوة ستبذل عليه، وبإحاطة الموصل بلفات عديدة من السلك في مواضع محددة ونقط توصيل كهربي محددة، فإن القوة الناتجة سوف تجعلهذا الملف يدور حول نفسه، وعندما يدور، فإن محور المحرك سوف يبدأ العمل.

ويفترض أن يستخدم المحرك 1/3 hp للمكيف 4000CFM و ¼ hp للمكيف 3000CFM و 1/6 hp للمكيف .2000CFM.

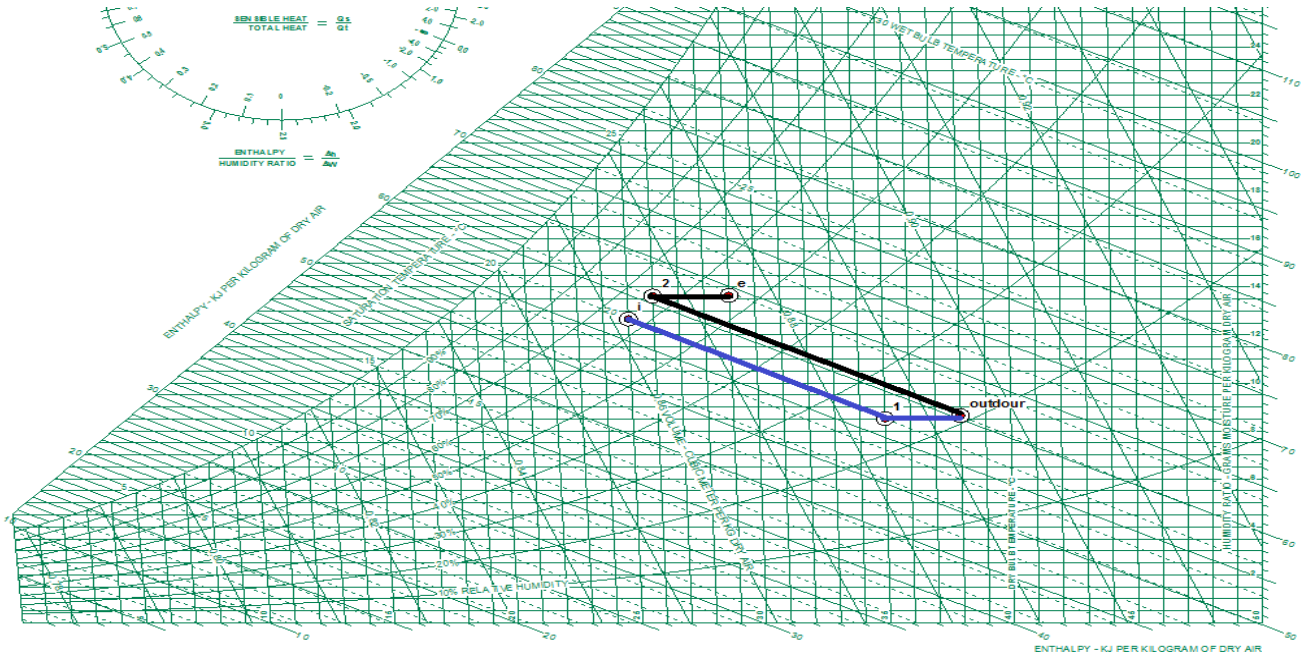
الشكل (12-3) يوضح المحرك الكهربائي سعة 1/3 حصان

3.9 طريقة عمل المبرد التبخيري مباشر /غير مباشر:

اولا تقوم المضخة بسحب الماء من الخزان الي الموزع ،بعد ذلك تبدا المروحة المحورية بسحب الهواء الثانوي من داخل الغرفة عن طريق مجرى هواء (duct) وهو هواء بارد نسبيا ،ثم يمر هذا الهواء خلال المبادل الحراري الذي يحدث فيه اجراء تبريد محسوس (خفض درجة الحرارة الجافة للهواء الخارجي) مع ثبات نسبة الرطوبة ،وفيه يتم تبادل حراري بين الهواء الثانوي والهواء الرئيسي ويمر هذا الأخير خلال وسادة تبريد مبللة بالماء حيث يحدث اجراء تبريد وترطيب (خفض درجة الحرارة الجافة مع ثبات درجة الحرارة الرطبة) ،ثم يمر هذا الهواء الى داخل الغرفة بواسطة مروحة طرد مركزي لتتكرر العملية بعد ذلك.



الشكل (3-13) يوضح طريقة العمل



الشكل (3-14) يوضح اجراء طريقة العمل في الخريطة السايكومترية

3.10 جدول القراءات:

NO of experiment				1	2	3	4	5
الهواء المحيط The ambient	الرطوبة النسبية(%) RH			38.7%	14.26%	23.5%	32%	18%
	درجة الحرارة الرطبة WBT			22°C	20°C	21°C	22°C	20.5°C
	درجة الحرارة الجافة DBT			33°C	40°C	38°C	35°C	39°C
حجم الهواء	الهواء الرئيسي	مروحة الطرد المركزي		1976 CFM	1976 CFM	1976 CFM	1976 CFM	1976 CFM
	الهواء الثانوي	المروحة المحورية		1695 CFM	1695 CFM	1695 CFM	1695 CFM	1695 CFM
الهواء الداخل للغرفة The exhaust air To room	كفاءة التشبع (%)Saturationefficiency			72.7%	70%	70.59%	73%	70.3%
	الرطوبة النسبية(%) RH			65%	48.3%	58.6%	68%	59%
	درجة الحرارة الرطبة WBT			21°C	18°C	20°C	21°C	20°C
	درجة الحرارة الجافة DBT			25°C	26°C	26°C	25.5°C	26°C
المبادل الحراري The heat exchanger	الهواء الأساسي Supply air to pad	بعد After	درجة الحرارة الجافة DBT	30°C	37°C	35°C	32°C	36°C
			درجة الحرارة الرطبة WBT	21°C	18°C	20°C	21°C	20°C
		قبل Before (ambient)	درجة الحرارة الجافةDBT	33°C	40°C	38°C	35°C	39°C
			درجة الحرارة الرطبة WBT	22°C	20°C	21°C	22°C	20.5°C

استهلاك الماء في الساعة Water Consumptions Per-hour		6.7 Kg/hr	10.38 Kg/hr	11.25 Kg/hr	9.38 Kg/hr	13.4 Kg/hr
البيانات الكهربائية Electrical data	**مروحة الطرد**	1/9 HP	1/9 HP	1/9 HP	1/9 HP	1/9 HP
	مروحة المحورية Axial fan	1/5 HP	1/5 HP	1/5 HP	1/5 HP	1/5 HP
	المضخة	18 W	18 W	18 W	18 W	18 W

الباب الرابع

النتائج والحسابات

4.1 نتائج الاختبارات:

في هذا الدراسة القراءات والنتائج لمبرد الهواء التبخيري المباشر/غير المباشر تم التحصل عليها عن طريق اجراء التجارب على الجهاز (اختبار الجهاز)، وتم اجراء خمسة اختبارات في درجات حرارة هواء محيط مختلفة، وتم اخذ المتوسط لهذه الدرجات لأجراء الحسابات.

تم قياس درجة الحرارة الجافة والرطبة قبل وبعد المبادل الحراري من اجل حساب الكفاءة له، كذلك تم قياس درجة الحرارة الجافة والرطبة للمبرد التبخيري المباشر وغير المباشر، وتم حساب سرعة الهواء الداخل للمبرد بواسطة المروحة المحورية والخارج من الجهاز بواسطة مروحة الطرد المركزي عن طريق جهاز الانيموميتر ، وباقي الخواص الموجودة في الجدول تم قراءتها من الخريطة السايكومترية والمعادلات السايكومترية.

4.2 سعة التبريد:

السعة التبريدية تعتمد على التغير في انثالبي الهواء عندما يمر الهواء عبر الانابيب الجافة للمبادل الحراري لمبرد الهواء التبخيري غير المباشر، ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$Q = \dot{m}\,(h_o - h_i) \qquad (4\text{-}1)$$

حيث:

Q=السعة التبريدية الكلية للنظام.

h_i = الانثالبى النوعي لدرجة حرارة الهواء الداخل (kj/kg)

h_o=الانثالبى النوعي لدرجة حرارة الهواء الخارج (kj/kg)

$\dot{m}$ =معدل انسياب كتلة الهواء (kg/s)

الهواء يبرد في رطوبة ثابتة خلال الانابيب الجافة للمبادل الحراري لمبرد الهواء التبخيري غير المباشر، تغير انثالبي الهواء يقاس بانخفاض درجة حرارة الهواء خلال مروره عبر الانابيب الجافة. عن طريق المعادلة التالية:

$$Q_{total} = C_f \rho_f V_{p,out} \left(t_{p,db,in} - t_{p,db,out}\right) \qquad (4-2).$$

حيث:

$t_{p\ db\ in}$= درجة الحرارة الجافة للهواء الداخل (c^0)

$t_{p\ db\ out}$=درجة الحرارة الجافة للهواء الخارج (c^0)

$V_{p\ out}$=معدل تدفق الهواء الخارج (m^3/s)

c_p =الحرارة النوعية للهواء عند ثبات الضغط $(\frac{KJ}{\mathrm{KG\ K}})$

ρ_f=كثافة الهواء (kg/m^3)

4.3 استهلاك الطاقة:

مبرد الهواء التبخيري غير المباشر يستهلك كهرباء عن طريق المراوح والمضخة فقط وبالتالي يستهلك طاقة كهربائية اقل مقارنة مع انظمة التكييف التي تستخدم الضاغط الميكانيكي، وفي هذه الانظمة تقاس الكهرباء بالواط والكيلوواط.

4.4 كفاءة الطاقة:

كفاءة الطاقة هي النسبة بين سعة التبريد لمبرد الهواء التبخيري غير المباشر واستهلاك الطاقة للنظام، ويمكن حسابها بالمعادلة التالية:

$$\text{Energy efficiency}=\frac{Q}{W}=\frac{C_f \rho_f V_{p,out}\left(t_{p,db,in}-t_{p,db,out}\right)}{\dot{W}} \qquad (4-3).$$

حيث:

W=مقياس استهلاك القدرة الكلية (w)

4.5 معدل تبخر الماء:

معدل تبخر الماء في مبرد الهواء التبخيري المباشر وغير المباشر يعتمد على عدة عوامل تشغيلية مثل درجة حرارة الهواء الداخل للمبرد ونسبة الرطوبة فيه ومعدل سريان الهواء والحيز المراد تبريده بالإضافة لكفاءة نظام التبريد، نظريا معدل تبخر الماء يساوي الزيادة في حجم الرطوبة في الهواء المستعمل في عملية التبريد، ويمكن حسابه بالمعادلة التالية:

$$V_w=\frac{V_{S,out}\rho_{S,f}\left(W_{s,out}-W_{s,in}\right)}{\rho_w} \qquad (4-4).$$

حيث:

V_w=معدل تبخير الماء (m^3/s)

$V_{s\,out}$= معدل تدفق الهواء الثانوى (m^3/s)

ρ_w=كثافة غشاء الماء (kg/m^3)

$W_{s\,out}$= المحتوى الرطوبى الخارجى للهواء الثانوى $\frac{kg}{\text{kg(dry air)}}$

$w_{s\ in}$=المحتوى الرطوبى الداخلى للهواء الثانوى $\frac{kg}{\text{kg(dry air)}}$

$\rho_{s\ f}$=كثافة الهواء الثانوى (kg/m^3)

4.6 كفاءة التشبع:

كفاءة التشبع تحسب كنسبة بين التغير في درجة الحرارة الجافة مقسومة على الفرق بين درجة الحرارة الخارجية الجافة والرطبة او الانخفاض في درجة الحرارة الرطبة.

كفاءة التشبع تتغير مع تغير ظروف الهواء المحيط، وقد تم اختبارها وقياسها لأنواع مختلفة من مبردات الهواء التبخيري ومعرفة هذه القيم قد تساعد في حل بعض مشاكل درجات الحرارة الخارجة من مبرد الهواء التبخيري T2 (انظر للمعادلة 4−6) وتمكن من معرفة اداء المبرد التبخيري (انظر للمعادلة 4−5).

كفاءة التشبع في اجهزة التبريد التبخيري المباشر المستخدمة حاليا تتراوح بين 70%

الي 95% معتمدة على تصميمها وسرعة الهواء المار خلال وسيلة التبخر.

$$\text{Saturation effectiveness } = 100 \times \frac{(T_1 - T_2)}{(T_1 - T_3)} \qquad (4-5).$$

حيث:

T_1=درجة الحرارة الجافة للهواء الداخل.

T_2=درجة الحرارة الجافة للهواء الخارج.

T_3=درجة الحرارة الرطبة للهواء الداخل.

$$T_2 = T_1 - \left(saturation\ effectiveness \times (T_1 - T_3)\right) \qquad (4-6).$$

4.7 معامل الاداء للمبادل الحراري:

اداء المبرد التبخيري غير المباشر يقاس عن طريق معامل الأداء للمبادل الحراري الذي هو النسبة بين الفرق في درجة الحرارة الجافة للوسط ودرجة الحرارة الجافة الداخلية مقسوما علي الفرق بين درجة الحرارة الداخلية الجافة والرطبة.

معامل الاداء يتاثر بحجم المبادل الحراري وكفاءته وكمية الهواء والماء المستعمل وصناعيا يحدد معامل الاداء عن طريق نسب ثابتة بين الهواء الجاف والهواء الرطب

ويحسب عن طريق المعادلة التالية:

$$\text{Performance factor} = \frac{DB_1 - DB_{2\,(dry\ side)}}{DB_{1(dry\ side)} - WB_{1(wet\ side)}} \qquad (4-7).$$

4.8 مناقشة النتائج:

فائدة الهواء الرطب الخارج من المرحلة الاولي هو خفض درجة حرارة الهواء الخارجي عندما يمر خلال المبادل الحراري.

حسب اختبارات ونتائج هذه الدراسة والحسابات التي استعملت وجد ان فعالية المبادل الحراري 18.87%، لذلك انخفضت درجة الحرارة الجافة 3°C من درجة حرارة هواء محيط 37°C، وانخفضت درجة الحرارة الرطبة 1.1°C من درجة حرارة هواء محيط رطبة21.1°C.

تمت المقارنة لنفس الخواص بالنسبة للجهازين الحالي والسابق وكانت كالاتي:

في الاختبارات الاولية، الرطوبة النسبية في الهواء المحيط للجهاز الحالي والسابق هي 23.5%و 14.26%بالترتيب، والرطوبة النسبية الخارجة من الجهاز الحالي والسابق هي58.66% و 49.19%علي التوالي.

درجة الحرارة الجافة للهواء المحيط للجهاز الحالي والسابق38°C و40°C علي التوالي والحرارة الجافة الخارجة من الجهاز الحالي والسابق 25°C و26°C علي التوالي.

درجة الحرارة الرطبة للهواء المحيط للجهاز الحالي والسابق 21.1°C و20°Cعلي التوالي، ودرجة الحرارة الرطبة الخارجة من الجهاز الحالي والسابق 20°C و19°Cعلي التوالي.

4.9 الحسابات:

1/ السعة التبريدية:

Q_{total}= .932*1.15*(61−47)

Q_{total}= 13.39KW

2/ كفاءة الطاقة:

$h_E=\frac{Q}{w}$

$h_E=\frac{13.39}{0.18}$ =74.4%

3/ معدل تبخر الماء:

$$v_w = \frac{0.932672 * 1.15 * (0.0122 - 0.0088)}{1000} = 3.64 * 10^{-6} m^3 / \text{s}$$

4/ كفاءة التشبع:

$$h_s = 100 \times \frac{(T1 - T2)}{(T1 - T3)}$$

$$h_s = 100 \times \frac{(37 - 25.7)}{(37 - 21.1)} = 71.07\%$$

5/ معامل الاداء للمبادل الحراري:

$$\text{Performance Factor}(\varepsilon) = \frac{DB1 - DB1_{(dry\ side)}}{DB1_{(dry\ side)} - WB1_{(wet\ side)}}$$

$$\varepsilon = \frac{(37 - 34)}{(37 - 21.1)} = 18.87\%$$

4.10 التكلفة الاقتصادية للتصميم:

الاسم او النوع	الكمية	التكلفة بالجنيه
حديد الهيكل 6m*1.4inch	1	45
عجلات تحريك	4	65

غطاء الألمنيوم (صاج) 120*240*0.5	1	180
مضخة ماء	1	70
Cooling pad(كرتون) 60*60*7cm	1	90
مروحة محورية مع موتور	1	400
عازل حراري(فلين) 3m	1	75
مبادل حراري air-to-air	1	500
centrifugal fan(مروحة طرد مركزية) مع موتور	1	600

التكلفة المالية للمشروع بلغت (2025SD) .

4.11 استهلاك الكهرباء:

تم في هذا المشروع (المبرد التبخيري المباشر /غير المباشر) استخدام مروحة طرد مركزية مع موتور بقدرة 1/9 حصان (0.082KW) في حالة السرعة المنخفضة ،ومرحة محورية تعمل بموتور (0.08kW) بالإضافة الى مضخة تستهلك (018kW.) وبلغ معدل الاستهلاك الكلي للكهرباء في الساعة (0.18 kw) .

اما في حالة استخدام النظام التبخيري المباشر بلغ الاستهلاك (0.1KW).

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

5.1 الخلاصة:

تم في هذا البحث تصميم وتنفيذ نظام تبريد تبخيري مباشر وغير مباشر، اخذ فيه بعين الاعتبار الشكل الهندسي المناسب وامكانية تسويقه بشكل تجاري بالإضافة الى تقليل التكلفة الاقتصادية وخفض استهلاك الكهرباء .واجه هذا المشروع عدد من العقبات والمشاكل أدت الى تقليل الكفاءة الكلية للجهاز حيث تمثلت في الاتي:

1. تدني فعالية المبادل الحراري، حيث ان فعالية المبادل الحراري في زيادة الأثر التبريدي.
2. عدم توفر مكان مناسب لإجراء الاختبارات ، حيث تتطلب هذه الاختبارات توفر مكان ذو ابعاد محددة(كغرفة مثلا).

5.2 التوصيات

1. اجراء حسابات لعمل تصميم جديد للمبادل الحراري، بحيث يلبي متطلبات التطبيق .
2. اجراء مزيد من الدراسات والبحوث في التبريد التبخيري المباشر/غير المباشر .
3. عمل دراسات وبحوث في انظمة التحكم الإلكتروني لزيادة دقة التحكم في تشغيل المبرد التبخيري.
4. يمكن انتاج هذا النظام تجاريا وذلك بعد اجراء التعديلات المطلوبة .
5. يمكن استخدام هذا النظام مركزيا.

المراجع:

1. تهيئة البيئة في المنشآت الزراعية تحت ظروف الأجواء الصحراوي؛

   د. عبد الحفيظ محمد عبد الله؛ مطبعة جامعة الخرطوم؛2001.

2. ASHRAE- SYSTEM AND EQUIPMENT - HAND BOOK American Society for Heating, Refrigeration and Air – Conditioning Engineers, NEW YORK 2007
3. EVAPORATIVE COOLING DESIGN GUIDELINES MANUAL FOR New Mexico SCHOOLS AND COMMERCIAL BUILDING J. D. Palmer, P.E., C.E.M. NRG Engineering December 2002
4. Bowen A.B. Cooling achievement in the gardens of Moghul In dia Proceedings of the International Passive and Hybrid
5. Watt J.R.; "Evaporative Air Conditioning Handbook", Editorial Chapman & Hall, New York, 1986
6. ASHRAE Handbook. 2000 Systems and Equipment. Chapter 19. Evaporative air cooling equipment. 19.1-19.8
7. د.على يحيى عيسى–دراسة المناطق المناخية للتبريد التبخيرى للهواء ومدى فعالية استخدامة لأجل تكييف الهواء في سوريا–مجلة الجمعية، الهندسية السودانية–العدد40– (2002)
8. Robi Robichaud "Coolerado Cooler Helps to save Cooling Energy and– Dollars" Federal Energy Mangement Program,Technology Installation Review,Anew Technology Demonstration Publication,DOE/JO/102007-2325-2007

9. ElDessouky H., Ettouey H., AlZeefari A. (2004). “Performance analysis of two−13 stage evaporative coolers” , Chemical Engineering Journal 102(3), pp 255266

10. Simulation of Air-to Air Energy Recovery Systems for HVAC Energy Conservation in an Animal Housing Facility By Sebastian W. Freund – Solar Energy Laboratory, niversity of Wisconsin – Madison 2002.

11. "استخدام ليف النخيل فى تصنيع حشوات التبريد "، الاستاذ سامر بدرى البدرى كلية الزراعة، جامعة بغداد، 2005م.

12. " دراسة تأثير المجفف السائل فى التبريد التبخيرى " محمد سر الختم عثمان وجهاد محمد عثمان،" "،مشروع تخرج متطلب جزئى لنيل درجة البكلاريوس فى الهندسة الميكانيكية 2008م.

13. ابراهيم النور ابراهيم وادم عبد الرحمن ،"الابعاد المثلى للمبرد التبخيرى "،متطلب جزئى لنيل درجة البكالاريوس جامعة الخرطوم 2009 – اشراف الدكتور/ عمر عبدالحفيظ