EXPRO
هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية
Expenditure Efficiency & Projects Authority

الدليل الوطني لإدارة المشاريع

المجلد 6، الفصل 7

ترشيد استهلاك الطاقة والماء في المباني الحالية والجديدة

رقم الوثيقة: EPM-KE0-GL-000004-AR

رقم الإصدار: 000

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

جدول المراجعات

رقم الإصدار	التاريخ	سبب الإصدار
000	15/08/2021	للاستخدام

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

يجب وضع هذا الإشعار على جميع نسخ هذا المستند

إشعار هام وإخلاء مسؤولية

هذه "الوثيقة" هي ملكية حصرية لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية.

يعد هذا الإشعار والشروط الواردة به جزءاً لا يتجزأ من هذا المستند. ويجوز للجهات العامة الإفصاح عن محتوى هذا المستند أو جزءٍ منه لمستشاريها و/أو المتعاقدين معها، شريطة أن يتضمن هذا الإشعار.

أي استخدام أو إجراءات تنبثق عن هذا المستند أو جزءٍ منه، من قبل أي طرف، بما في ذلك الجهات العامة و/أو مستشاريها و/أو المتعاقدين معها، يكون على المسؤولية التامة لذلك الطرف ويتحمل المخاطر المرتبطة به. وتخلي الهيئة مسؤوليتها للحد المسموح به نظاماً عن أي تبعيات (بما في ذلك الخسائر والأضرار مهما كانت طبيعتها والتي يُرفع بها مطالبات بصرف النظر عن الأسس التي بُنيت عليها بما في ذلك الإهمال أو خلافه) تجاه أي طرف ثالث تكون ناتجة عن أو ذات علاقة باستخدام هذا المستند بما في ذلك الإهمال أو التقصير.

تسري صلاحية هذا المستند وما تضمنه من محتويات استناداً على الشروط الواردة به واعتباراً من تاريخ إصداره.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الفهرس

1.0 الغرض 6

2.0 المجال 6

3.0 التعاريف 6

4.0 **المسؤوليات 8**

5.0 **مقدّمة 8**

6.0 **تقنيات توفير الطاقة 9**

6.1 استخدام صمام التحكم المستقل بالضغط لنظام إعادة تدوير المياه 9

6.2 المؤشرات المرتقبة لأجهزة استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال المتعددة وتوفير الإعداد الأمثل 16

6.3 نظام المياه المبردة الأساسي (P) مقابل نظام المياه المبردة الأساسي/الثانوي (P/S) 17

6.4 زيادة الكتلة الحرارية للمبنى 18

6.5 نظام تكييف الهواء بالمجفف السائل (LDAC) 18

6.6 دوائر الفصل بشكل صحيح - خفض استهلاك الطاقة 21

6.7 التحميل المشترك مقابل تحميل جهاز واحد أثناء التحميل الجزئي للمراوح/المضخات ذات المحرك متغير التردد (VFD) 25

6.8 معدات استعادة الطاقة من هواء العادم الساخن 25

6.9 الجمع بين المبردات ذات السرعة الثابتة والمبردات ذات السرعة المتغيرة، والمبردات ذات القدرة الكبيرة، والقدرة الصغيرة 30

6.10 الاستفادة من التهوية بالإزاحة لمساحة السقف الكبيرة والعالية 33

6.11 زيادة المياه المبردة ودلتا درجة حرارة مياه المكثف 34

6.12 توازن طاقة المبرد وبرج التبريد 35

6.13 مبردات التبريد الحر 38

6.14 مبردات استعادة الحرارة (HRC) 38

6.15 مبردات الامتصاص ذات التأثير المزدوج 38

6.16 المبردات باستخدام الأمونيا 38

6.17 التبريد بالتبخير 39

6.18 التبريد المسبق أثناء الليل 40

6.19 التبريد والتدفئة الإشعاعية 40

6.20 التحكم في التهوية حسب الطلب (DCV) 41

6.21 نظام حجم الهواء المتغير (VAV) 41

6.22 نظام التخزين الحراري - تخزين الثلج ونظام تخزين المياه المبردة. 42

6.23 عامل توفير الهواء والماء 42

6.24 تجنب الملحقات الثابتة عالية المقاومة في نقطة مؤشر توزيع الهواء 43

6.25 اختيار ضغط التفريغ المناسب لوحدات معالجة الهواء، والمضخات، والمراوح 43

6.26 نظام الإضاءة بالحث المغناطيسي ونظام الإضاءة بمصباح LED 44

6.27 تقنية الاستفادة من ضوء النهار (DHT) 47

6.28 تحسين ضوابط نظام أتمتة المباني 48

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

6.29 الاختبار والتشغيل التجريبي.....50
6.30 التشغيل التجريبي بعد إشغال المبنى.....51
6.31 تقنيات أخرى لتوفير الطاقة.....51
7.0 **تقنية توفير المياه** **54**
7.1 تصميم نظام لإعادة تدوير المياه الساخنة.....54
7.2 تركيبات منخفضة التدفق، ودفق مؤقت زمنيًا، وتركيبات سباكة بدون ماء.....54
7.3 نظام المياه الرمادية ومياه الصرف الصحي المعالجة.....54
7.4 أنواع أنظمة الري بالرش ونظام التحكم بها.....54
7.5 تقنيات أخرى لتوفير المياه:.....55

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

1.0 الغرض

1. تهدف هذه الوثيقة إلى تزويد الجهة العامة بالتقنيات التي يمكن استخدامها لخفض استهلاك الكهرباء والمياه في المباني القائمة، وطرق تحسين تصميم نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء وأنظمة خدمات المباني الأخرى. كما يتم تضمين التفسيرات الفنية للقارئ لفهم سبب تقديم التوصيات وكيفية تأثير كل تقنية على استهلاك الطاقة والمياه. تتضمن الوثيقة أيضًا إرشادات عندما تكون التقنيات قابلة للتطبيق ونقاط مهمة تجب مراعاتها عند تنفيذ التقنيات.

تم إعداد الوثيقة كوثيقة داعمة لوثيقة إرشادات التصميم الميكانيكي (EPM-KEM-GL-000001)؛ ووثيقة إرشادات التصميم الكهربائي (EPM-KEE-GL-000001)؛ ووثيقة إرشادات الأعمال الهندسية للأنظمة ذات الجهد شديد الانخفاض (EPM-KEE-GL-000004)؛ ووثيقة إرشادات التصميم المعماري (EPM-KEA-GL-000001).

2.0 المجال

2. تشمل تقنيات توفير الطاقة التي تغطيها هذه الوثيقة ما يلي.

- تصميم أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف الذي يجب تحسينه أو تغييره أو استبداله بسبب التقدم التكنولوجي.
- تحسينات في الأجهزة الميدانية للمباني، والضوابط، و"ترتيب التشغيل" للنظام للحد من استهلاك الطاقة.
- اختيار معدات التدفئة والتهوية والتكييف المناسبة وملحقات النظام، بما في ذلك وضعها المناسب في توزيع النظام.
- تحسين التصميم المعماري للحد من أحمال التدفئة والتهوية وتكييف الهواء والإنارة.
- توفير معدات ميكانيكية وكهربائية فعالة.
- أنشطة التشغيل التي تؤثر على استهلاك الطاقة والمياه والتي تحتاج إلى تنفيذ صارم خلال مرحلة التشييد.
- مسؤوليات موظفي التشغيل والصيانة للحفاظ على كفاءة استهلاك الطاقة للمعدات والأنظمة.
- تصميم متكامل على مستوى الأعمال المعمارية والميكانيكية والكهربائية.
- تقنيات أخرى لتقليل استهلاك الطاقة.

3. تتضمن تقنية توفير المياه الواردة في هذه الوثيقة ما يلي؛

- الابتكارات في تركيبات السباكة لتقليل استهلاك المياه.
- طرق الحد من استهلاك المياه في نظام الري.
- توفير معدات موفرة للمياه.
- استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بدلاً من المياه المحلية في استخدامات مختلفة.
- استعادة المكثفات وغيرها من تقنيات تقليل استهلاك المياه.
- تقنيات أخرى لخفض استهلاك المياه.

3. لم تتم مناقشة متطلبات هيئة التشغيل التجريبي في هذه الوثيقة، على الرغم من أن الجهة العامة تؤدي دورًا مهمًا في توفير تصميم شامل لنظام خدمات المباني يتسم بالكفاءة في استخدام الطاقة. خدمة هيئة التشغيل التجريبي إلزامية من قبل الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA)، والجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء (ASHRAE)، والكود الدولي لحفظ الطاقة (IECC)، ومعايير معهد تشارترد لمهندسي خدمات البناء CIBSE)، والقيادة في تصميم الطاقة والبيئة (LEED)، وكود البناء الدولي (IBC) لإعداد متطلبات مشروع الجهة المالكة مع العميل قبل مرحلة التصميم. يرجى الرجوع إلى الوثيقة "إرشادات الاختبار والتشغيل التجريبي للمشروع (EPM-KT0-GL-00003) للاطلاع على النطاق الكامل لهيئة التشغيل التجريبي في عملية بدء التشغيل التجريبي.

3.0 التعاريف

التعريفات	الوصف
A/C	تكييف الهواء
ADP	جهاز تحديد نقطة الندى
A/C	تكييف الهواء
ACH	ساعة تغيير الهواء
AFD	محرك تردد قابل للتعديل
AHU	وحدة معالجة الهواء

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

التعريفات	الوصف
AMCA	جمعية الحركة والتحكم الجوي
ASHRAE	الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف
ASD	محرك سرعة قابل للتعديل
BEP	أفضل نقطة كفاءة
BMS	نظام إدارة المباني
CBECS	مسح استهلاك الطاقة في المباني التجارية
CDT/HDT	درجة حرارة سطح التبريد/ درجة حرارة السطح الساخن
CHW	المياه المبردة
CIBSE	معهد تشارترد لمهندسي خدمات المباني
COP	معامل الأداء
CT	برج التبريد
CWST	درجة حرارة إمدادات المياه المبردة
CWT	درجة حرارة ماء المكثفات
CxA	هيئة التشغيل التجريبي
DCV	التحكم في التهوية حسب الطلب
DHT	تقنية الاستفادة من ضوء النهار
DOAS	نظام هوائي مخصص للأماكن المفتوحة
DPS/T	جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز إرسال
DP	الضغط التفاضلي
DRV	صمام تنظيم مزدوج
DSP	الضغط الساكن لقنوات التوصيل
Dx Unit	وحدة التوسع المباشر
ECB	ميزانية تكلفة الطاقة
EER	معدل كفاءة استهلاك الطاقة
ERW	عجلة استرجاع الطاقة
ESP	الضغط الساكن الخارجي
ECM	المحركات المتغيرة إلكترونيًا
ETS	محطة نقل الطاقة
FCU	وحدة ملف المروحة
FLS	نظام السلامة من الحرائق وسلامة الحياة
FSC	مبرد ثابت السرعة
FSD	محرك ثابت السرعة
HRC	مبرد استرداد الحرارة
HVAC	التدفئة والتهوية وتكييف الهواء
IPLV / NPLV	قيمة الحمل الجزئي المتكامل / قيمة الحمل الجزئي غير المتكامل
IAQ	جودة الهواء الداخلي
IBC	كود البناء العالمي
IECC	الكود الدولي لترشيد استهلاك الطاقة
LED	الصمام الثنائي الباعث للضوء
LEED	الريادة في مجال الطاقة وتصميم البيئة
LNG	الغاز الطبيعي المسال
LPF	لتر لكل عملية دفق
LPG	الغاز النفطي المسال
نسبة LSG	نسبة اكتساب الضوء إلى الطاقة الشمسية
LDAC	نظام تكييف الهواء بالمجفف السائل
MAT	درجة حرارة الهواء المختلط
MIL	إضاءة تعمل بالحث المغناطيسي
NFPA	الجمعية الوطنية للوقاية من الحرائق

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

التعريفات	الوصف
OA-AHU	وحدة معالجة الهواء الخارجي
O&M	التشغيل والصيانة
OPR	متطلبات مشروع الجهة المالكة
PID	المشتقات النسبية المتكاملة
P/S	ابتدائي/ ثانوي
PICV	صمام التحكم المستقل بالضغط
PRC	معايير معدل الأداء
RH	الرطوبة النسبية
RHG	الحرارة النسبية المكتسبة
SC	معامل التظليل
SHGC	معامل زيادة الحرارة المكتسبة بالطاقة الشمسية
THD	التشوه المتجانس الكلي
TSE	مياه الصرف الصحي المعالجة
US CBECS	مسح الولايات المتحدة لاستهلاك الطاقة في المباني التجارية
UV	الأشعة فوق البنفسجية
VAV	الحجم المتغير لتدفق الهواء
VFD	محرك متغير التردد
VOC	مركب عضوي متقلب
VSC	مبرد سرعة متغير
VSD	محرك متغيّر السرعة
VRV	حجم سائل التبريد المتغير
VT	نفاذية مرئية
WWTP	محطة معالجة مياه الصرف الصحي

4.0 المسؤوليات

تمتلك الإدارة الهندسية لدى هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية هذه الوثيقة وتحتفظ بها. الجهات العامة مسؤولة عن تقديم هذا الدليل الإرشادي إلى المكتب الهندسي/ المعماري المسؤول عن تصميم نظام خدمات المباني.

5.0 مقدّمة

تستهلك أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء حوالي 60% إلى 70% من إجمالي استهلاك الطاقة للمباني في منطقة الشرق الأوسط بسبب الحمل الحراري الشمسي الكبير الذي يخترق واجهة المبنى والسخانات؛ وحمل التبريد اللازم لمعالجة أو تبريد الهواء الخارجي لغرض توفير التهوية لشاغلي هذه الأماكن. يتضاعف حمل التبريد للهواء الخارجي بسبب الرطوبة النسبية العالية خاصة في المناطق القريبة من البحر. ونظرا لأن أنظمة التدفئة التهوية والتكييف هي المستهلك الرئيسي للطاقة في المباني، فإن التركيز الرئيسي لهذه الوثيقة يركز على التقنيات في تقليل الطاقة المطلوبة إما عن طريق استعادة الطاقة، واختيار نظام التدفئة التهوية والتكييف المناسب، واستخدام الأجهزة الميدانية المتقدمة، وتوفير الخوارزمية المناسبة وتسلسل العملية، زيادة الكتلة الحرارية للمبنى، باستخدام معلمات التدفئة التهوية والتكييف لزيادة كفاءة المعدات، ووضع ملحقات النظام في المكان المناسب.

وعلى الرغم من أهمية خفض الطاقة، فإن إهدار المياه هو أيضًا محور التركيز الرئيسي لهذه الوثيقة. وتمثل أساليب الحد من هدر المياه في التركيز الثانوي لهذه الوثيقة لتقليل التكلفة التشغيلية لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي، وبالتالي تقليل تكلفة توصيل المياه النظيفة للمستهلكين. كما يؤدي الحد من هدر المياه إلى انخفاض استهلاك الطاقة التي تحتاج إليها المضخات لتوصيل المياه للسكان أو المستهلكين.

التقنيات التي تناقشها هذه الوثيقة هي تلك التي لا يتم استخدامها بشكل شائع في المشاريع بسبب سوء فهم المصممين والمهندسين للتقدم التكنولوجي المتاح حاليًا، و "عدم الإلمام" بالمشكلات المرتبطة بأنظمة وضوابط أنظمة التدفئة التهوية والتكييف، وممارسات الموقع السيئة المتكررة، وغيرها من

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الممارسات أثناء الاختبار والتشغيل التجريبي مما يؤدي إلى تدني أداء النظام وزيادة استهلاك الطاقة. وتتم مناقشة معايير الطاقة مثل الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء 90.1 التي تتطلب الحد الأدنى من الامتثال في الجزء الأخير من الوثيقة. لا تهدف هذه الوثيقة إلى التركيز على بيانات التقييم العددي والكفاءة حيث إنها تتغير بمرور الوقت، ولكنها تركز على تقنيات التصميم التي تلعب الجزء الأهم في تحسين استهلاك الطاقة والمياه. إن أعلى نسبة كفاءة للطاقة للتوسع المباشر لوحدة معالجة الهواء في السوق اليوم (وهي 11.7) لن تكون ملائمة غدًا بسبب التقدم التكنولوجي الذي تغذيه المنافسة الشديدة في السوق.

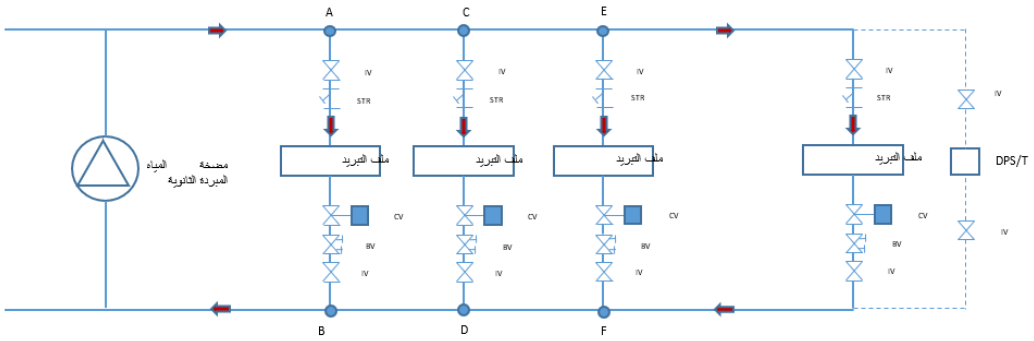
6.0 تقنيات توفير الطاقة

6.1 استخدام صمام التحكم المستقل بالضغط لنظام إعادة تدوير المياه

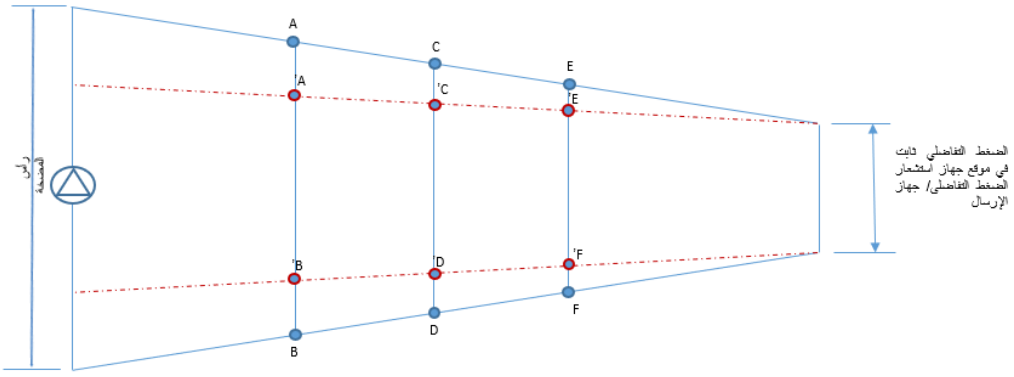
صمام التحكم المستقل في الضغط هو صمام تحكم ثنائي الاتجاه يجمع بين وظيفة صمام التحكم وصمام تنظيم الضغط التفاضلي وصمام موازنة تلقائي. يلزم تنظيم الضغط التفاضلي للحصول على دائرة مائية لإعادة تدوير الدائرة لأنها تؤثر بشكل كبير على تشغيل النظام مما يؤدي إلى انخفاض جودة الطاقة والكفاءة. يُرجى ملاحظة التدرج الهيدروليكي لتوزيع الضخ الثانوي لنظام المياه المبردة الأساسي-الثانوي باستخدام صمام تحكم ثنائي الاتجاه تقليدي (دون وجود منظم ضغط تفاضلي)، وصمام موازنة يدوي، وجهاز استشعار الضغط التفاضلي / جهاز إرسال في المواقع التالية؛

1. ***جهاز استشعار الضغط التفاضلي/ جهاز إرسال في نقطة المؤشر- انظر الشكل رقم 1***

يقيس موقع جهاز الاستشعار انخفاض الضغط من جانب الإمداد إلى جانب العودة حيث يتم استبداله. يشمل انخفاض الضغط انخفاض في الأنابيب والملحقات مثل صمام التحكم والمصفاة وصمام العزل وصمام الموازنة وملف التبريد. يتم إرسال هذا الانخفاض في الضغط المقاس بواسطة جهاز استشعار الضغط التفاضلي/ جهاز الإرسال إلى نظام إدارة المباني ومن ثم إلى وحدة التحكم في مضخة الماء المبرد لمحرك التردد المتغير. تمثل البيانات أقل إعدادات الضغط حيث يمكن لوحدة التحكم في محرك التردد المتغير تقليل سرعة المضخة بناءً على معدل التدفق المطلوب.

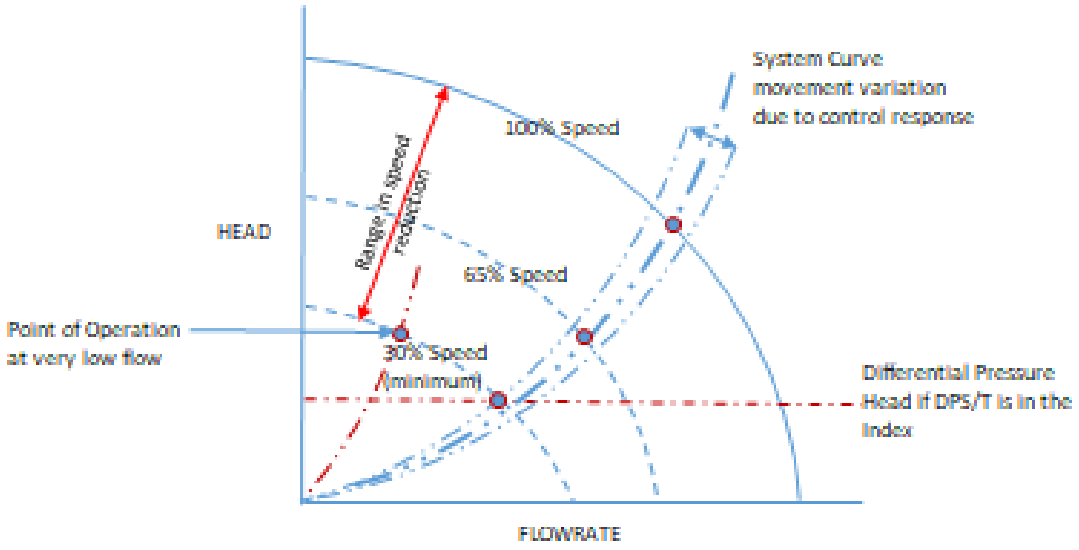


الشكل.1- الحلقة الثانوية لنظام توزيع المياه المبردة الابتدائي/ الثانوي مع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/ جهاز الإرسال في المؤشر



الشكل.2- التدرج الهيدروليكي للحلقة الثانوية أعلاه

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



الشكل.3- أداء مضخة المياه المبردة عندما يكون جهاز استشعار الضغط التفاضلي/ جهاز الإرسال في المؤشر

بالإشارة إلى الشكل 2، يمثل التدرج الهيدروليكي توزيع الأنابيب الثانوي ورأس مضخة الماء المبردالثانوي. يمثل تفريغ المضخة أعلى رأس متاح ويشير المنحدر إلى انخفاض الضغط بسبب احتكاك الأنابيب حيث ينتقل الماء إلى دائرة المؤشر ويعود إلى المضخة. يقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/ جهاز الإرسال في نقطة المؤشر من الدائرة وعادة ما يتم ضبطها على رأس ضغط من 0.8 إلى 1 بار. تمثل خطوط A-B وC-D وE-F كل دائرة طرفية عندما يتم ضبط صمام التوازن اليدوي في وضع التوازن بعد التوازن النسبي. تمثل الخطوط A'-B' وC'-D' وE'-F' كل محطة عندما تقلل مضخة تبريد المياه سرعتها بسبب تقليل حمل التبريد. تمثل النقاط A-A' وB-B' وC-C' وD-D' وE-E' وF-F' تقليل فرق الضغط في كل فرع من فروع المحطات أثناء تقليل سرعة المضخة مما يؤدي إلى انخفاض معدل تدفق المياه. ويمكن ملاحظة أن الانخفاض في الضغط التفاضلي أعلى حيث إن الدائرة الطرفية أقرب إلى المضخة، بحيث تكون قلة المياه المبردة في الفروع الأقرب إلى المضخة. يتضح أنه في كل مرة تقلل فيها المضخة سرعتها، تكون النتيجة نقص المياه في جميع الدوائر الطرفية عندما يكون جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال عند المؤشر. لهذا السبب، يجب أن يكون صمام التحكم في الفروع الطرفية القريب من المضخة في وضع مغلق جزئيًا أثناء التوازن النسبي. وعلى الرغم من أن إغلاق صمام التحكم جزئيًا أثناء الموازنة سيساعد في معالجة فرق الضغط المنخفض أثناء تقليل سرعة المضخة (حيث يكون هناك خلوص لفتح الصمام)، إلا أنه لا يمكن حل المشكلة المتعلقة بانخفاض التدفق تمامًا نظرًا لأن معظم صمامات التحكم التقليدية تكون فقط فعالة بنسبة من 70% إلى 100% للوضع المغلق للتحكم في التدفق. ليس من الممكن على الإطلاق تحديد الموضع الصحيح لإغلاق الصمام أثناء إجراء التوازن النسبي لتعويض فرق الضغط المنخفض بدقة أثناء التشغيل الفعلي للنظام. ويتمثل الإجراء المتبع بالموقع في أنه يتم ضبط صمامات التحكم القريبة من المضخة (حوالي ثلثي الدائرة من المضخة) في موضع قريب جزئيًا أثناء إجراء التوازن النسبي. من حيث المبدأ، يجب أن يكون صمام التحكم التقليدي في نقطة المؤشر (وكل ما هو أقرب منه) مفتوحًا بالكامل أو تقريبًا في وضع الفتح الكامل بحيث يكون انخفاض الضغط عند أدنى مستوى ولكن هذا الشرط سيؤدي إلى انخفاض تحكم الصمام. على سبيل المثال، حسب انسياب التصميم، يحدث انخفاض ضغط قدره 70 باسكال في صمام التحكم الكروي بقطر 20 مم أو صمام التحكم الفراشة في وضع الفتح الكامل بينما يبلغ باقي فقدان ضغط الدائرة 40.000 باسكال (25000 باسكال للملف و15000 باسكال لبقية ملحقات الأنابيب). تكون قدرة الصمام على التحكم 0 تقريبًا، ما يعني عدم وجود وسيلة للتحكم في التدفق حتى يغلق الصمام ما يؤدي قدرة تحكم صمام تبلغ 0.25 على الأقل أو يجب استبدال جميع صمامات التحكم بنوع انخفاض الضغط المرتفع (قيمة منخفضة لتحكم الصمام أو التدفق خلاله). وبالتالي، يرتفع إعداد المؤشر إلى 0.8 بار (أو حتى بار واحد في بعض الأحيان) ما يؤدي إلى قوة ضخ أعلى. هذه هي الميزة الرئيسية لصمام التحكم المستقل بالضغط حيث إن الحد الأدنى لفقدان الضغط هو 0.016 بار فقط (16000 باسكال) لتحقيق التدفق المطلوب، وبالتالي يمكن أن يكون إعداد جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال منخفضًا بقيمة 0.6 بار ما يؤدي إلى تحقيق وفورات في الطاقة.

بالإشارة إلى الشكل 3، الذي يظهر أداء المضخة بناءً على الإعداد المنخفض لمضخات جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال نظرًا لأنها موجودة في دائرة المؤشر. وهو يعد مناسبًا من حيث استهلاك الطاقة إذ يمكن تقليل سرعة المضخة إلى الحد الأدنى للسرعة (عادة من 25% إلى 30%

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

من السرعة القصوى)، ويظل منحنى النظام متوافقًا مع منحنى طاقة المضخة (خط أعلى كفاءة في أي نقطة لخفض السرعة) ولكنه غير مثالي نظرًا لأن هذا الإعداد يؤدي إلى نقص المياه المبردة في جميع الفروع الطرفية، ما يؤدي إلى انخفاض التبريد.

باختصار، فإن تحديد موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في المؤشر ينطوي على العيب التالي؛

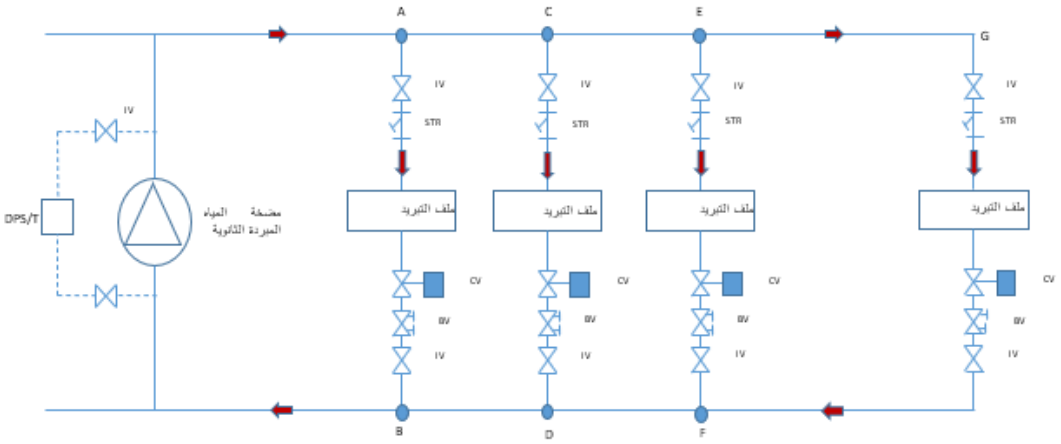
a. إنه يحقق تدفقًا منخفضًا أو نقصًا حادًا في جميع الفروع الطرفية ولا يمكنه تلبية طلب التبريد أثناء التحميل الجزئي.

بينما يتميّز تحديد موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في المؤشر بالميزة التالية؛

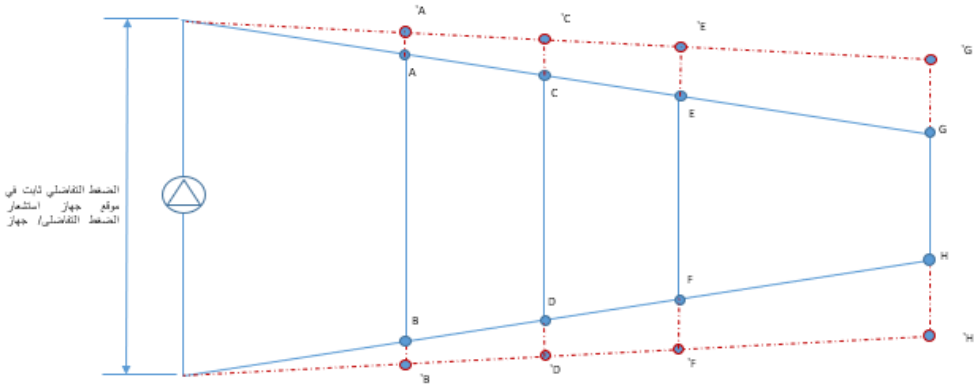
a. عملية تحكم فعالة إذ تتم زيادة نطاق تغيير السرعة إلى أقصى حد ما يؤدي إلى تحقيق وفورات في الطاقة.

b. أداء مضخة فعال لأن منحنى النظام يبقى قريبًا من منحنى الطاقة.

2. ***جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال الموجود عبر مضخة المياه المبردة - انظر الشكل 4***

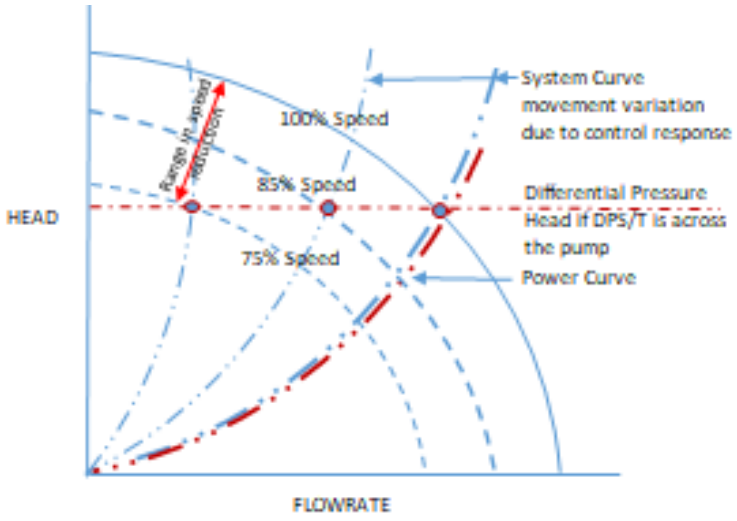


الشكل 4 - حلقة ثانوية من نظام توزيع المياه المبردة الأساسي/الثانوي عبر المضخة



الشكل 5 - تدرج هيدروليكي عند وجود جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال عبر المضخة

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



الشكل 6 - أداء مضخة المياه المبردة عند وجود جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال عبر المضخة

بالإشارة إلى الشكل 5 عندما يكون جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال موجودًا عبر مضخة المياه المبردة، فإن الإعداد يعادل فقدان الضغط من تفريغ المضخة الذي ينتقل إلى نقطة المؤشر ويعود إلى شفط المضخة. بعبارة أخرى، فإن إعداد جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال يساوي أقصى ضغط تفريغ للمضخة. وبما أن الإعداد ثابت عبر المضخة، فإن أي تغيير في السرعة بسبب طلب خفض الحمل سيخلق فرق ضغط مفرط عبر كل دائرة طرفية. يمكن لصمام التحكم في كل طرف التعامل مع الزيادة في الضغط التفاضلي شريطة أن يتم اختياره للضغط التفاضلي الصحيح وقدرة تحكم الصمام، وهو ما لا يحدث دائمًا في حالة حدوث تدفق زائد.

بالإشارة إلى الشكل 6، يكون جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال ثابتًا ويكون الإعداد مساويًا لأقصى ضغط تفريغ للمضخة. يتحول منحنى نظام المضخة إلى يمين أفضل نقطة كفاءة تشغيل (BEP) وبعيدًا عن منحنى الطاقة. ويقتصر خفض السرعة على تلك النقطة التي يمكن أن تتقاطع مع الضغط المحدد (أقصى ضغط تفريغ تفاضلي). في هذا الإعداد، يقتصر خفض السرعة على استخدام 75% من السرعة الكلية فقط مع وجود زيادة هائلة في قوة الدفع الشعاعي التي يمكن أن تلحق الضرر بالمروحة لأن تشغيل المضخة بعيد عن أفضل نقطة كفاءة تشغيل. كما أن كفاءة المضخة تكون أسوأ أيضًا عند انخفاض الطلب على التبريد.

باختصار، فإن تحديد موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال عبر المضخة ينطوي على العيب التالي؛

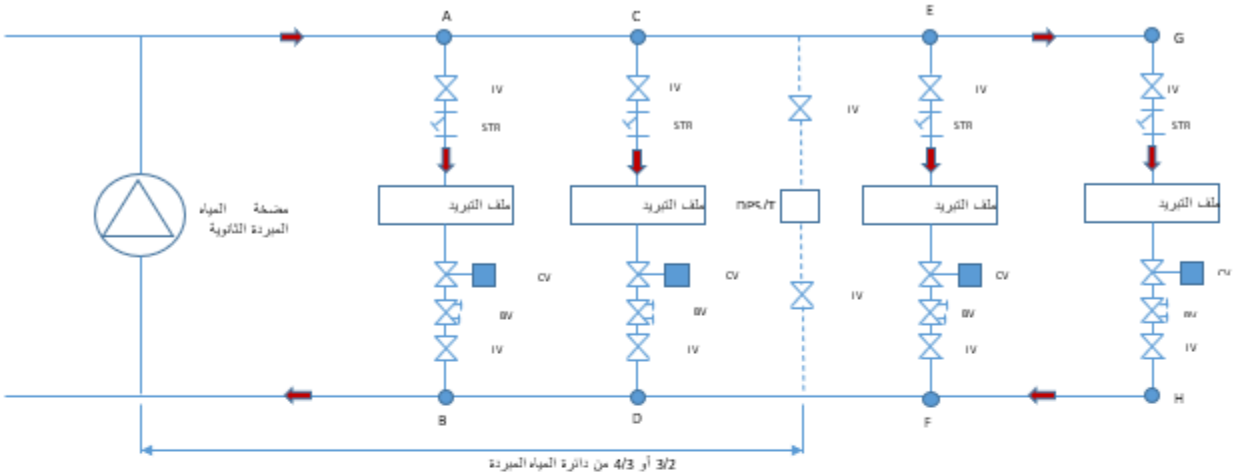
a. تدفق زائد خاصة لجميع الفروع القريبة من المضخة بسبب فرق الضغط المفرط.
b. حمولة دفع عالية للدفّاعة، والاهتزاز، والضوضاء خاصة في حالة انخفاض الطلب على التبريد ما يؤدي إلى تلف مبكر لدفّاعة المضخة والمحامل.
c. تشغيل غير كفء نظرًا لأن منحنى النظام يعمل بعيدًا إلى يسار أفضل نقطة كفاءة تشغيل ويستهلك طاقة كهربائية زائدة لكل قدرة يتم تسليمها.
d. تكون فرصة تحقيق وفورات في الطاقة ضعيفة جدًا نظرًا لأن نطاق خفض السرعة ضيق فقط. تتراوح السرعة الأقل من 75% إلى 80% من السرعة القصوى.
e. زيادة في النفقات الرأسمالية الأولية بسبب متطلبات الضغط التفاضلي العالي لصمامات التحكم.

باختصار، فإن تحديد موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال عبر المضخة يتمتع بالميزة التالية؛

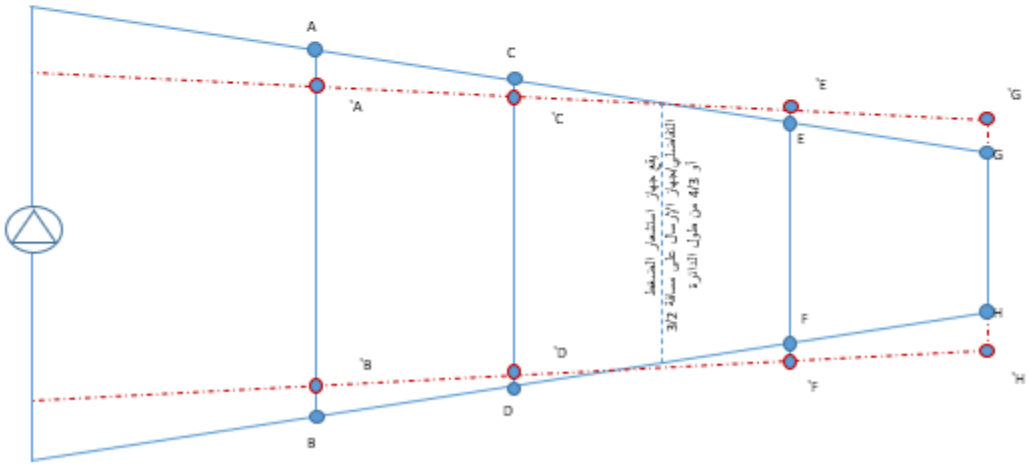
a. يحل مشكلة التدفق السفلي ويلبي أو يتجاوز طلب التبريد لجميع الفروع في الدائرة.

3. ***وضع جهاز جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في منتصف الدائرة - انظر الشكل 7***

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

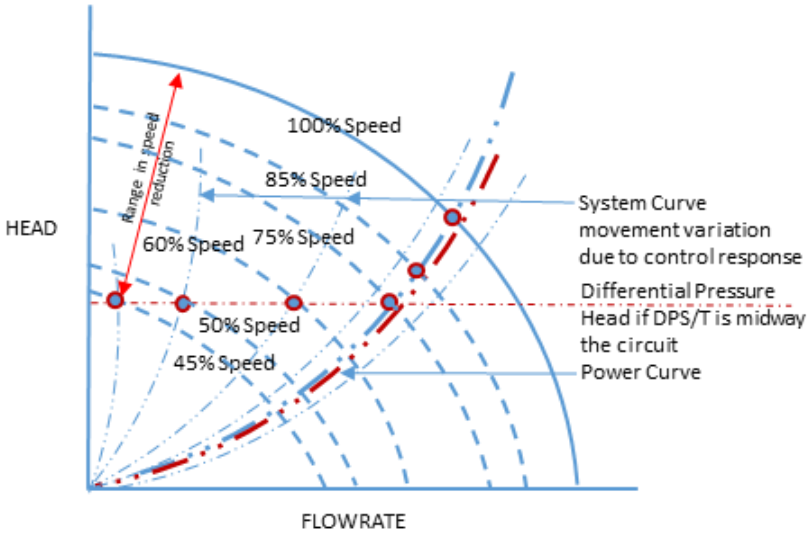


الشكل 7 - الحلقة الثانوية لنظام توزيع المياه المبردة الأساسي/الثانوي عند وجود جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في منتصف طريق الدائرة



الشكل 8 - التدرج الهيدروليكي عندما يقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في منتصف الدائرة

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



الشكل 9 - أداء مضخة المياه المبردة عندما يقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال عبر المضخة

يعد تحديد موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في منتصف الدائرة بمثابة حل وسط بين التقنيتين السابقتين وهو يرث مزايا وعيوب كلا النظامين. كما هو موضح في الشكل 8، تعاني الفروع الأولية من موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال من التدفق السفلي أو النقص الحاد الذي يؤدي إلى نقص التبريد. بالإشارة إلى الشكل 9، عند الحاجة لتبريد معين (حوالي 75% من السرعة)، يتم الحفاظ على منحنى النظام عند أفضل نقطة كفاءة تشغيل (BEP). عند أقصى ضغط تفريغ يساوي إعداد جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال، يتحرك منحنى النظام بعيدًا عن أفضل نقطة كفاءة تشغيل ومنحنى الطاقة ما يؤدي إلى تشغيل غير كفء (انخفاض الكفاءة) وزيادة في "حمل الدفع" الذي يمكن أن يتلف الدفّاعة.

باختصار، فإن تحديد موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في منتصف الطريق للدائرة ينطوي على العيب التالي؛

a. حمولة دفع عالية للدفّاعة، والاهتزاز، والضوضاء خاصة في حالة انخفاض الطلب على التبريد ما يؤدي إلى تلف مبكر لدفّاعة المضخة والمحامل. ويكون حمل الدفع أقل مقارنة بمضخة جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال الموجودة عبر مضخة المياه المبردة.

b. تشغيل غير فعال في حمل تبريد منخفض (أقل من 75% من السرعة) نظرًا لأن منحنى النظام يعمل بعيدًا إلى يسار أفضل نقطة كفاءة ويستهلك طاقة كهربائية زائدة.

c. تكون فرصة تحقيق وفورات في الطاقة ضعيفة للغاية نظرًا لأن نطاق خفض السرعة أضيق من حال وضع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال الموجود في نقطة المؤشر. تبلغ السرعة المنخفضة حوالي 45% إلى 50% من السرعة القصوى.

كما يرى القارئ، لا يوجد نظام مثالي يستخدم صمام التحكم التقليدي ثنائي (2) الاتجاه، ويجب حل مشكلة تناقص وزيادة الضغط التفاضلي بحيث يمكن وضع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في نقطة المؤشر لزيادة كفاءة النظام إلى أقصى حد وتحقيق وفورات في الطاقة.

تم إنشاء صمام التحكم المستقل في الضغط (PICV) في الأصل لحل المشكلات كما هو مذكور أعلاه نظرًا لأن الصمام قادر على تنظيم التباين في الضغط التفاضلي بسبب التغيرات في سرعة المضخة (بسبب تغيير طلب التبريد). وهو مصمم أيضًا لموازنة تدفق المياه تلقائيًا لتسهيل عملية تحقيق التوازن. كما يؤدي توفير صمام التحكم المستقل في الضغط أيضًا إلى حل مشكلة شائعة تتم مواجهتها في نظام المياه المبردة غير المعروف للعديد من مهندسي التدفئة والتهوية وتكييف الهواء ما يؤدي إلى إهدار هائل للطاقة. لقد كانت مجرد "صدفة" أو غير متوقع أنه تم حل ظاهرة الدلتا المنخفضة (Low Delta) (التفاوت الضئيل جدًا بين درجة الحرارة الداخلة للنظام والخارجة والصادرة منه) أيضًا باستخدام صمام التحكم المستقل في الضغط)

ما المقصود بمصطلح Low Delta T (الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة)؟

إن مصطلح Low Delta T (الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة) عبارة عن ظاهرة في نظام المياه المبردة أو أي نظام هيدروليكي معاد تدويره حيث لا يتم الوصول إلى درجة الحرارة التفاضلية للتصميم. تكون درجة حرارة الماء الراجعة إلى المبردات أقل من درجة حرارة التصميم. هناك معايير الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء ومقالات تقنية أخرى تم إصدارها سابقًا لشرح سبب هذه الظاهرة. تربط معظم التفسيرات هذه

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الظاهرة بالنظام الذي يتم شطفه أو تنظيفه بشكل غير صحيح، والاختيار الخاطئ للملف والملحقات الأخرى، والأنابيب صغيرة الحجم والمعدات، و درجة تحكم الصمام الخاطئة ؛ لكن لا يوجد دليل كاف. وقد واجه كاتب هذه الوثيقة، الذي شارك على نطاق واسع في الاختبار والتشغيل التجريبي في العديد من المشاريع، مشاكل مع متلازمة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة وعلى الرغم من الامتثال للأسباب المذكورة أعلاه المسببة لظاهرة انخفاض الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة، إلا أن متلازمة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة لا تزال موجودة. تعاني جميع المشاريع التي تستخدم صمامًا تقليديًا ثنائي الاتجاه من نفس المشكلة ولا أحد يعرف حقًا سبب ظاهرة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة .

لم تتم مناقشة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة الناتجة عن صمام تحكم ثلاثي (3) الاتجاه في هذا الكتاب نظرًا لأن هذا النوع من الصمام لا ينبغي أن يكون موجودًا في عالمنا المعاصر خاصةً لاستخدام المياه المبردة. تختلط المياه المبردة التي تمر عبر الصمام ثلاثي الاتجاه إلى وحدة معالجة الهواء أثناء طلب التبريد الجزئي مع المياه الخارجة من وحدة معالجة الهواء ما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة المياه العائدة إلى المبرد. ويكون التأثير المتعلق بأداء المبرد نفسه على النحو الموضح أدناه.

ما المشاكل الناشئة عن الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة؟

a. نظرًا لأن متلازمة دلتا درجة الحرارة تعد المرجع لتحديد تدفق المياه المطلوب من حمل تبريد أو تسخين معين، وأن التدفق يمثل المرجع لتحديد حجم أنابيب التوزيع وملفات التبريد/التسخين، فإن الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة تتطلب قدرة ضخ متزايدة لمطابقة الطلب على التبريد/التدفئة. تؤدي زيادة قدرة الضخ إلى زيادة مقاومة النظام وبالتالي تفاقم استهلاك الطاقة بشكل أكبر. ويلجأ مصممو نظم التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الذين يدركون المشكلة جيدًا إلى زيادة حجم أنابيب التوزيع وحجم الملف للتعويض عن هذه الظاهرة، وبالتالي زيادة النفقات الرأسمالية للمشروع.

b. تعد دلتا درجة الحرارة المرجع لجميع عمليات التحكم في قدرة المبرد لأنها تمثل حمل تبريد المبنى من حيث درجة حرارة عودة المياه المبردة. يعد الحصول على دلتا درجة الحرارة الصحيحة أمرًا مهمًا للغاية بالنسبة للمبرد للوصول إلى طاقته الكاملة. وتؤدي ظاهرة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة إلى إجبار المبردات على العمل عند التحميل الجزئي حتى إذا كان هناك حمل كافٍ للتشغيل بكامل طاقتها. في ظروف الحياة الواقعية، سيصل مبرد المشروع إلى 70% فقط (أعلى للمكثف المبرد بالماء) من قدرته الكاملة بسبب ظاهرة انخفاض دلتا درجة الحرارة أثناء ارتفاع الطلب على حمل التبريد وأقل (حتى مع سعة منخفضة بمقدار 40%) أثناء حالة الحمل المنخفض. في معظم الأوقات، سيتم تشغيل المبردات في نطاق 50% إلى 60% من قدرتها القصوى. ويضطر مصممو أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الذين يدركون جيدًا هذه الظاهرة إلى زيادة حمل التبريد المحسوب بنسبة 25% إلى 30% لتلبية الطلب على التبريد، وبالتالي زيادة النفقات الرأسمالية للمشروع نظرًا لأن المبردات تعد واحدة من أغلى المعدات في المبنى. يتفاقم استهلاك الطاقة أكثر بسبب حقيقة أن المبردات ذات السرعة الثابتة غير فعالة للغاية في التحميل الجزئي، على عكس مبردات المياه التي تعمل بمحرك السرعة المتغيرة (VSD) والتي تتسم بالكفاءة أثناء التحميل الجزئي (من أقل من القدرة الكاملة حتى 60% كما ذكرت بعض الشركات المصنّعة للمبرد).

يذكر أنه يتم إهدار ما بين 20% إلى 30% من طاقة المبنى بسبب الأسباب المذكورة أعلاه المتعلقة بالدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة. ويقضي صمام التحكم المستقل في الضغط على ظاهرة الدلتا لدرجة الحرارة ما ينتج عنه توفير هائل في الطاقة.

ما المشاكل الأخرى التي يتم حلها بواسطة صمام التحكم المستقل في الضغط؟

a. تؤدي صمامات التحكم التقليدية المرتبطة بالخاصية الطرفية للفرع دائمًا إلى انخفاض قدرة تحكم الصمام. وتعني قدرة تحكم الصمام المنخفضة أن الصمام غير قادر على التحكم في التدفق أو تنظيمه خلال شوطه الكامل. ولا يكون لحركة مقعد الصمام من الفتح الكامل إلى الإغلاق الجزئي (على سبيل المثال 60%) أي تأثير أو يكون لها تأثير ضئيل على التدفق وكذلك على التبادل الحراري للملف. إن صمام التحكم المستقل في الضغط، وهو صمام ذو نسبة متساوية حقًا يتميز بقدرة تحكم في الصمام قريبة أو تساوي الوحدة، وعند ارتباطه بالأداء الهيدروليكي للملف، والصمامات والأنابيب ينتج خاصية خطية حقيقية من حيث الشوط، والتدفق والتبادل الحراري. وهذا يعني أن كل حركة أو شوط للصمام لها تأثير في تدفق المياه وكذلك التبادل الحراري للملف الذي يوفر تحكمًا دقيقًا وفعالًا في درجة حرارة المكان.

b. لا تتمتع صمامات التحكم التقليدية بالقدرة على تنظيم فرق الضغط. في كل مرة يخنق فيها الصمام تدفق فرع طرفي، يتم تحويل التدفق المخفض من جانب الإمداد إلى أقرب الفروع ذات المقاومة الأقل، ما يؤدي بالتالي إلى الاختناق للحفاظ على التدفق المطلوب. وتستمر هذه الظاهرة ما يؤدي إلى حركة مضطربة لكل مشغّل صمام وتتفاقم بسبب تغيّر سرعة المضخة بسبب التغيير في طلب التبريد. تعد هذه الظاهرة السبب المشتبه به لظاهرة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة حيث إنه عند سيطرة صمام التحكم المستقل في الضغط على الضغط التفاضلي المتغيّر، تم أيضا حل ظاهرة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة.

يحتوي صمام التحكم المستقل في الضغط على منظم ضغط داخلي، ولم يعد التعديل بسبب تغيير التدفق الوارد من الفروع الأخرى ومتطلبات النظام موثوقًا في مشغّل الصمام. يتحرك مشغّل الصمام فقط استجابة للاختلاف في طلب التبريد للغرفة التي يخدمها. يمتد عمر المشغلات الكهربائية وأجهزة التحكم في نظام إدارة المباني، حيث يعتمد عمرها بشكل كبير على دورات استجابة المشغّل.

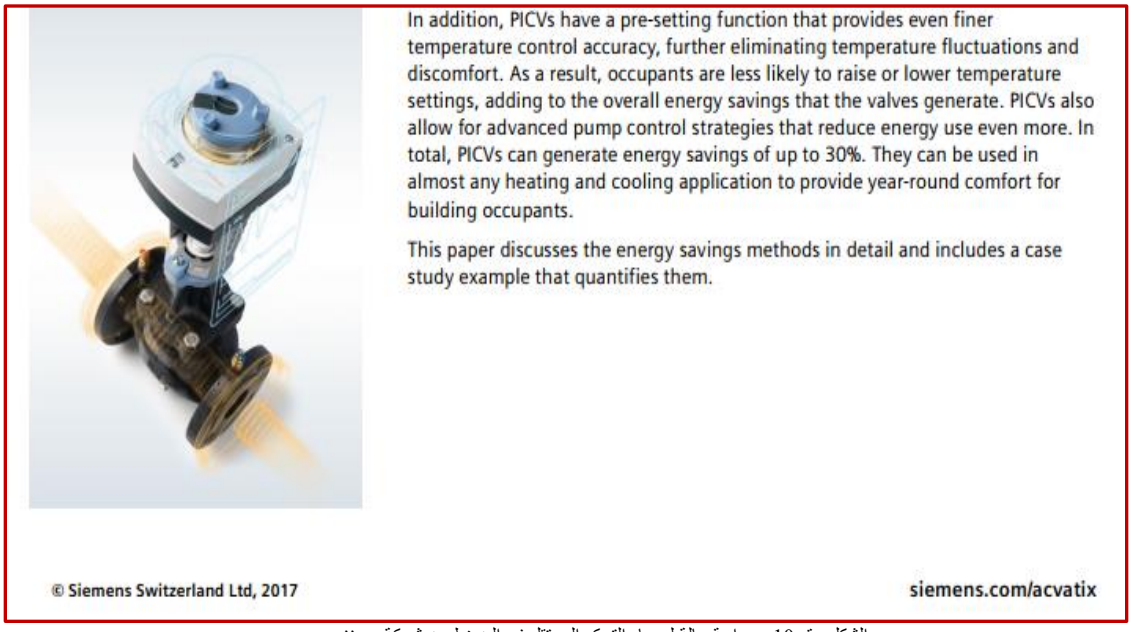
c. باستخدام صمام التحكم المستقل في الضغط، يتّبع نظام الهيدرونيك الآن قانون التبادل الحراري ويمكن استخدام نظام مراقبة درجة الحرارة الآن مقابل مراقبة التدفق لتحميل المبرد وتفريغه. وهذا يبسط برمجة نظام إدارة المباني ويقلل من عدادات التدفق المطلوبة لتركيب المياه المبردة.

لا يوجد سبب يحول دون وجوب استخدام صمام التحكم المستقل في الضغط في أي مشروع، سواء كان قائمًا أم قيد الإنشاء. تبلغ تكلفة صمام التحكم المستقل في الضغط حوالي 1.5 ضعف تكلفة صمامات التحكم التقليدية (بالإشارة إلى المشروع السابق للمؤلف باستخدام صمام التحكم المستقل في الضغط من شركة Flowcon) ولكن يتم تعويضها بالتكلفة بسبب التخلص من صمام التحكم المزدوج، وانخفاض كمية المبرد، ومضخات المياه المبردة

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الأصغر، وانخفاض تكلفة موازنة الاختبار والتشغيل، وانخفاض استهلاك الطاقة. يتعين أن يكون المصممون على دراية بمزايا استخدام صمام التحكم المستقل في الضغط نظرًا لأن الصمامات ثنائية الاتجاه التقليدية لا تزال مستخدمة بشكل سائد في تصميم أنظمة المياه المبردة.

في حالة استخدام صمام التحكم المستقل في الضغط للمباني القائمة والتشغيلية المزودة بالمبردات ذات السرعة الثابتة، فإنه يمكن تحقيق خفض استهلاك الطاقة من 20% إلى 30% ويكون هناك فائض في قدرة المبردات التي يمكن استخدامها للتوسع المستقبلي (راجع الشكل 10 أدناه من دراسة حالة سيمنز).



الشكل رقم 10 - دراسة حالة لصمام التحكم المستقل في الضغط من شركة سيمنز

تستند المعلومات المذكورة أعلاه فيما يتعلق بتصحيح ظاهرة دلتا درجة الحرارة إلى التجربة الفعلية للمؤلف بالإشارة إلى مشاريعه الثلاثة (3) الأخيرة في عُمان (الألعاب الشاطئية الآسيوية وبرج مطور) وفي المملكة العربية السعودية (مستشفى الملك فيصل التخصصي بالرياض).

6.2 المؤشرات المرتقبة لأجهزة استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال المتعددة وتوفير الإعداد الأمثل

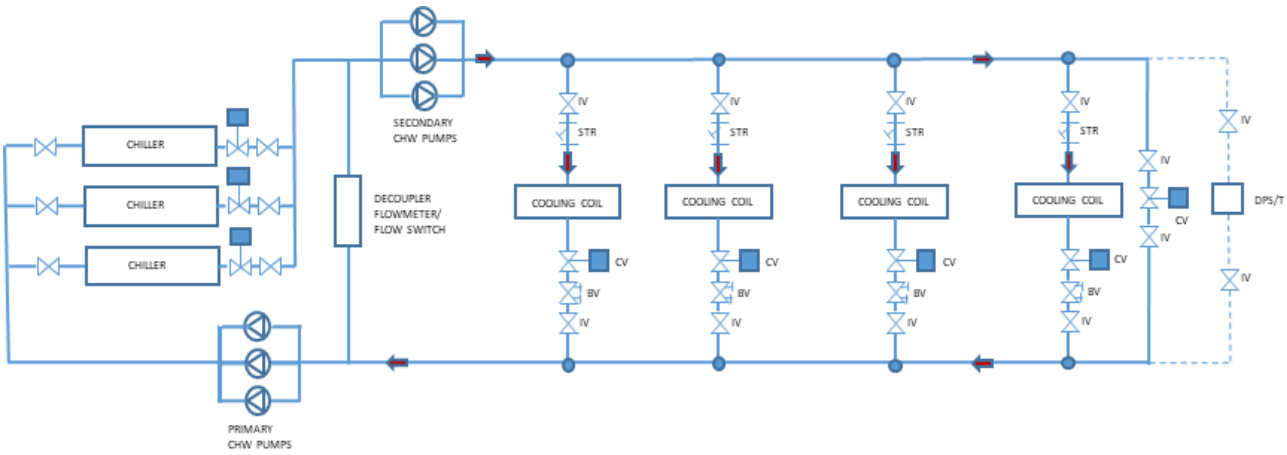
كما هو موضح في القسم السابق، فإن تحديد موقع جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في نقطة المؤشر يوفر فرصة لتحقيق وفورات في الطاقة نظرًا لتعظيم التباين في نطاق سرعة المضخة. يتراوح الإعداد المشترك لنطاقات جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال من 0.7 بار إلى 1.0 بار (في حال عدم استخدام صمام التحكم المستقبل في الضغط) اعتمادًا بشكل أساسي على انخفاض الضغط عبر ملف التبريد (ملف صف أقل ودلتا درجة حرارة أوسع تنتج انخفاضًا أقل في الضغط). كلما انخفض إعداد الضغط التفاضلي لجهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال، زادت فرصة تحقيق وفورات في الطاقة خاصة للأنظمة الأكبر حجمًا. راجع القسم 6.1 فيما يتعلق بتحقيق وفورات في الطاقة باستخدام صمام التحكم المستقل في الضغط عندما يكون جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال في نقطة المؤشر.

بالنسبة لنظام إعادة التدوير الكبير الذي يحتوي على العديد من الفروع الثانوية، فإن تحديد موقع جهاز استشعار ضغط تفاضلي/إرسال واحد (1) في نقطة مؤشر لا يمكن أن يمثل الحمل بالنسبة للفروع الرئيسية الفرعية الأخرى وهو ما يؤدي إلى ضغط مفرط تمتصه صمامات التحكم عندما يكون الفرع في نقطة المؤشر الأولي عند التدفق الجزئي (أو الحمل الجزئي). تم حساب نقطة المؤشر الأولية بناءً على افتراض أن جميع الفروع تعمل وفق معدل تدفق التصميم وهو ليس الحال أثناء التشغيل الفعلي، وبالتالي يجب تثبيت أجهزة استشعار ضغط تفاضلي/إرسال متعددة في الفروع النهائية التي يمكن أن تصبح نقطة مؤشر جديدة عندما تكون جميع الفروع الأخرى في وضع تحميل جزئي. يجب أن تكون صمامات التحكم في نقطة المؤشر دائمًا في وضع الفتح الكامل لتعظيم استهلاك الطاقة. ويجب برمجة نظام إدارة المباني بطريقة تحدد الضغط التفاضلي الأقصى والأدنى في كل فرع من فروع المؤشر لضمان تجنب التدفق الفائض والتدفق السفلي بالإضافة إلى تحديد موقع نقطة المؤشر الفعلية أثناء التحميل الجزئي.

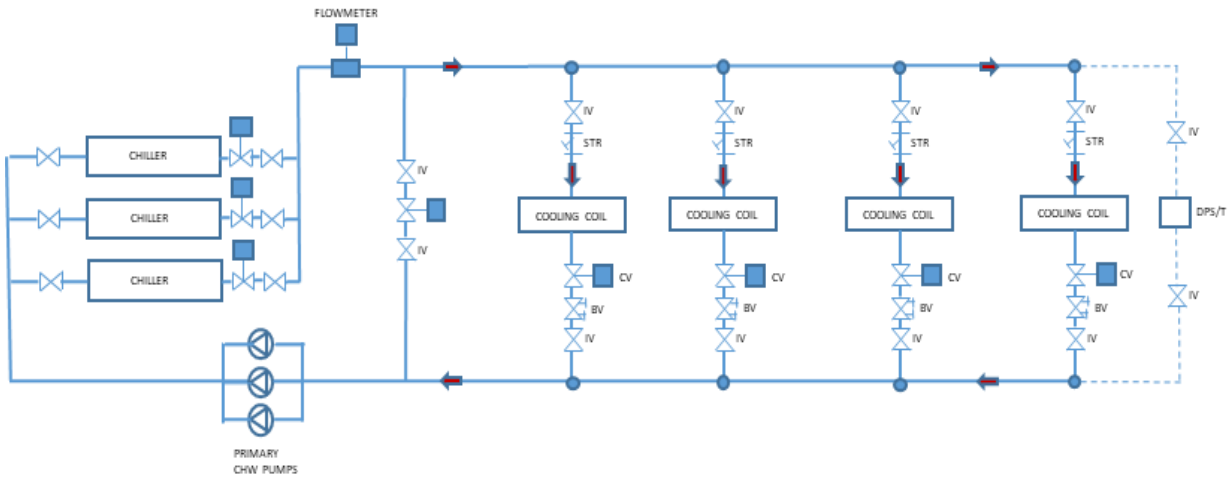
بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

6.3 نظام المياه المبردة الأساسي (P) مقابل نظام المياه المبردة الأساسي/الثانوي (P/S)

في نظام توزيع المياه المبردة، يوجد نوعان (2) من التصميمات السائدة التي يمكن رؤيتها في الوقت الحاضر. تعد معظم الأنظمة الحالية أنظمة أساسية/ثانوية، ويكتسب النظام الأساسي الآن شعبية مقابل الأساسي/الثانوي لأسباب تتعلق بالتكلفة الأولى واستهلاك الطاقة. من الشكلين 11 و12 أدناه، يتضح النظام الأساسي والنظام الأساسي/الثانوي؛



الشكل 11 - نظام المياه المبردة الأساسي والثانوي



الشكل .12 - نظام المياه المبردة الأساسي

يؤدي استخدام نظام المياه المبردة الأساسي مقابل النظام الأساسي/الثانوي إلى خفض استهلاك الطاقة في المبنى بنسبة 3%-8% نظرًا لأنه يتطلب تشغيل المضخات الأساسية فقط. كما أن التكلفة الأولية للاستثمار أقل أيضًا مقارنة بنظام الأساسي/الثانوي. بينما يكتسب النظام الأساسي/الثانوي شعبية مقابل النظام الأساسي فقط في الماضي نظرًا لأن وحدات التحكم في المبردات لم تكن متطورة وسريعة لدرجة أن مصنّعي المبردات لم يوافقوا على استخدام نظام المياه المبردة الأساسي. علاوة على ذلك، فمنذ حوالي 10 سنوات، تم تصميم الضغط التفاضلي لصمام التحكم فقط لضغط 2.0 بار كحد أقصى بسبب محدودية التصميم والمواد. أما في الوقت الحاضر، تعتبر وحدات التحكم في المبردات متطورة للغاية وسريعة الاستجابة، ومن ثم توصي بها الشركة المصنّعة لتطبيق النظام الأساسي لسبب تحقيق وفورات في الطاقة والتكلفة. تتوفر صمامات التحكم بضغط تفاضلي 4.0 بار في السوق

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

ويمكن للمالكين حتى طلب تصميم خاص يمكن أن يصل إلى ضغط تفاضلي يصل إلى 8 بار وأعلى. واليوم، لا يوجد سبب حقيقي يجعل مصممي أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء يميلون إلى النظام الأساسي/الثانوي. من المؤسف أن نقول إن جميع أنظمة المياه المبردة تقريبًا لا تزال

مصممة وفقًا للنظام الأساسي/الثانوي بدلاً من النظام الأساسي بسبب المعلومات الخاطئة لأسباب استخدام النظام الأساسي/الثانوي مقارنة بالنظام الأساسي.

انظر مقتطف من دافيد بروكس، خبير التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بشبكة المرافق، وإدارة المباني وإدارة التشغيل وقسم صيانة المرافق فيما يتعلق بتحقيق وفورات في الطاقة.

> • Potential to save pumping energy. This is arguably the greatest benefit to variable only pumping. Daily operational costs can be minimized by moving only the necessary amount of water required for the chiller or boiler load demand. Savings typically fall in the single digits, between 3 percent and 8 percent of the daily energy operating budget, compared to constant primary/variable secondary pumping systems.

ومن الحقائق المثيرة للاهتمام أيضًا أن مضخات المياه المبردة تعد كبيرة الحجم مقارنة بالتصميمات السابقة بسبب مشكلة الدلتا المنخفضة لدرجة الحرارة. ففي حالة تنفيذ صمام التحكم المستقل في الضغط في المباني القائمة وقيد التشغيل (مع المبردات الحديثة القادرة على تشغيل النظام الأساسي) وتم تصحيح دلتا درجة الحرارة، تكون هناك حاجة إلى تدفق أقل ما يؤدي بدوره إلى خفض ضغط التفريغ الذي تتطلبه المضخات. لذلك من الممكن أن تتعامل المضخات الثانوية للمشروعات القائمة مع التدفق وضغط التفريغ المطلوبين عند استخدام صمام التحكم المستقل في الضغط، بحيث يمكن إزالة المضخات الأساسية. يمكن تحقيق وفورات من 25% إلى 35% من استهلاك الطاقة في المبنى. وتكون قدرة المبرد مفرطة بحيث يمكن استخدامها لتوسيع المشروع أو مشاريع أخرى.

6.4 زيادة الكتلة الحرارية للمبنى

تؤدي زيادة كتلة المبنى من خلال توفير جدران خارجية أكثر سمكًا وألواح سقف ضخمة إلى تقليل التبريد المطلوب للمبنى نتيجة لتخزين الحرارة وتأخر الوقت الحراري. ضع في اعتبارك جدارًا رقيقًا (جدار بسمك 5 بوصات) مقابل جدار مزدوج (جدار بسمك 10 بوصات مع عزل مزدوج) مصنوع من نفس المادة بحيث تكون قيمة U (المعامل الحراري) نفسها. يتميز الجدار الرقيق بتأخر زمني حراري قدره 4 ساعات بينما الجدار السميك 10 ساعات، ويبلغ الفارق الزمني الحراري على أساس درجة الحرارة الخارجية 46 درجة مئوية ودرجة الحرارة الداخلية 24 درجة مئوية. يمثل تأخر الوقت الحراري الوقت المناسب لتصل ذروة الحرارة الشمسية إلى السطح الداخلي للجدار ما يؤثر على الحمل الحراري للغرفة. فكلما زاد الاختلاف الحراري بين الأسطح الخارجية والسطح الداخلي، قل الفارق الزمني الحراري.

تلقى الجدار الشرقي ذروة الضربة الشمسية في الساعة 10 صباحًا وباستخدام جدار رقيق كما هو موضح أعلاه، فإن غالبية الحمل سيصل إلى السطح الداخلي بحلول 2 مساءً وبالتالي يزيد من حمل التبريد للغرفة. ستعود بعض الحرارة الكلية التي تضرب الجدار الخارجي وتُمتص إلى السطح الخارجي وتعود مرة أخرى إلى الهواء المحيط بحلول الوقت الذي تنتقل فيه الشمس إلى الجانب الغربي من المبنى، وبالتالي يتم توفير الظل والسطح البارد إلى الشرق حائط. إذا كان الجدار الشرقي سميكًا، فستتأثر الغرفة بحلول الساعة الثامنة مساءً. تقريبًا. في الساعة 7 مساءً، تغرب الشمس بالفعل بحيث يكون هناك انخفاض كبير في درجة الحرارة المحيطة حيث إن معظم الحرارة التي يمتصها الجدار الخارجي تنتقل مرة أخرى إلى السطح الخارجي وتعود إلى الهواء المحيط. يصل جزء فقط من إجمالي الحرارة إلى السطح الداخلي، وبالتالي يزيد حمل تبريد الغرفة بشكل طفيف إذا كان المبنى مخصصًا للاستخدام لمدة 24 ساعة. إذا كانت وظيفة المبنى تتمثل في العمل كمبنى إداري، فإنه يتم إغلاق مكيف الهواء (A/C) بحلول الساعة 6 مساءً بحيث يكون للحمل الحراري من الجدار الخارجي الذي يصل إلى الغرفة تأثير ضئيل في حمل التدفئة والتهوية وتكييف الهواء واستهلاك الطاقة.

يعتمد خفض استهلاك الطاقة لنظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء على وظيفة المبنى بالإضافة إلى اتجاه جدران المبنى إلى الجنوب، والغرب، والشرق. يتميز المبنى الإداري ووظائف أخرى يجري العمل فيه لمدة 10 ساعات يوميا بقدر أكبرة على تحقيق وفورات في الطاقة مقارنة بمبنى يعمل على مدار 24 ساعة في اليوم. بينما يكون المبنى المستطيل الذي يواجه جانبه الطويل الشمال أقل استهلاكًا للطاقة مما لو كان الجدار الأقصر مواجهًا للشمال.

6.5 نظام تكييف الهواء بالمجفف السائل (LDAC)

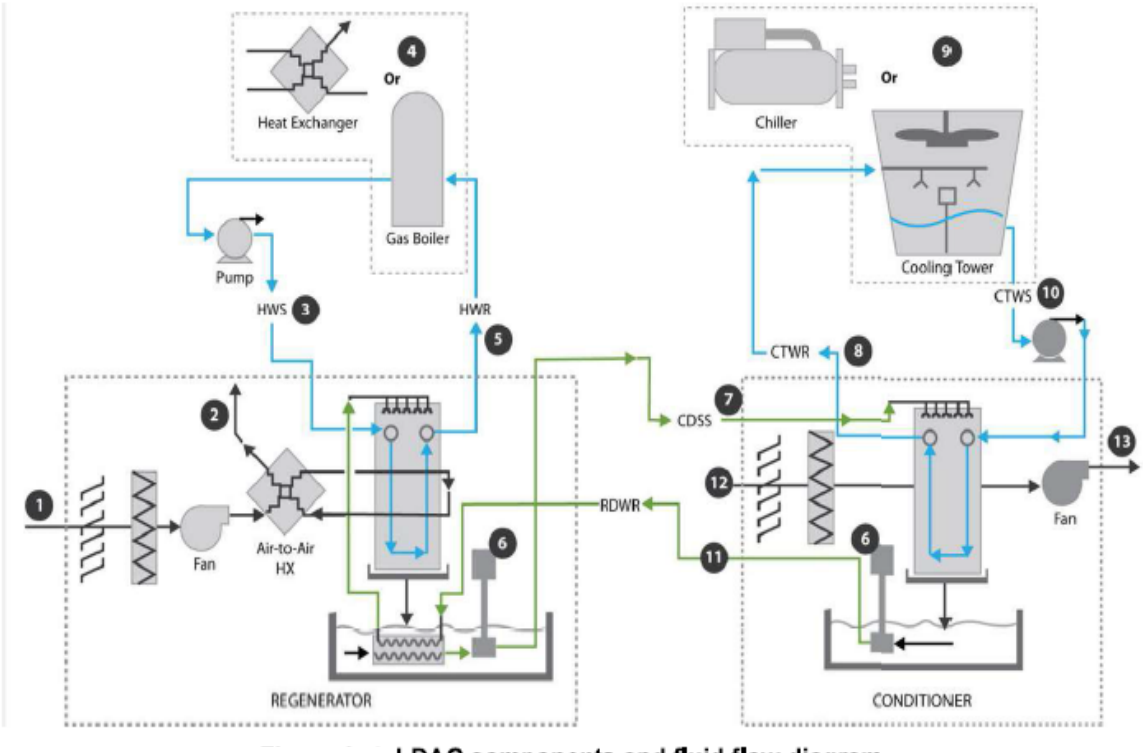
يستخدم نظام تكييف الهواء بالمجفف السائل الميل الطبيعي لمحلول الملح لامتصاص الرطوبة في الهواء ورفض (أو امتصاص) الرطوبة عن طريق تسخين المحلول. لزيادة قدرة التبريد الكامنة للمكيّف، يتم رش محلول الملح في غرفة (حوض الحرارة) لزيادة ملامسة الهواء لسطح المحلول الملحي. يتم نقل الحرارة المنبعثة من المحلول بشكل طارد للحرارة عن طريق نظام التبريد التبخيري أو نظام التمدد المباشر. يعتمد قياس الرطوبة في الهواء على

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

تركيز محلول الملح الملامس لهواء الإمداد وتدفق محلول الملح. لزيادة رفض الرطوبة الممتصة في المُجدد، يتم رش المحلول مرة أخرى في غرفة داخل المُجدد لزيادة احتكاك الهواء المُسخَّن بمحلول الملح. يتم تسخين هواء الكسح عن طريق مرجل، أو سخان شمسي، أو أي وسيلة أخرى للحرارة المهدرة. تم تصميم تكييف الهواء بالمجفف السائل لاستخدامه في استخدامات الحمل عالي الكمون (مثل معالجة الهواء الخارجي بنسبة عالية من الرطوبة النسبية) أو التطبيقات التي تتطلب نسبة منخفضة من الرطوبة النسبية. كما يتضح، يتألف تكييف الهواء بالمجفف السائل من عدد كبير جدًا من الأجزاء والملحقات مقارنةً بنظام تبريد التوسع المباشر (Dx) بحيث تكون التكلفة الأولى للمعدات وصيانتها أعلى. يمكن أن تصل الوفورات في استهلاك الطاقة إلى 40% مقارنةً بنظام تبريد التوسع المباشر عند استخدام التسخين الشمسي في المُجدِّد والتبريد التبخيري للمكيف، ولكنه سيزيد من النفقات الرأسمالية أكثر. يمكن الاستفادة من الوفورات في التكلفة الأولى باستخدام الحرارة المهدرة من مصادر أخرى بدلاً من التسخين الشمسي. ويؤدي استخدام نظام التوسع المباشر لاسترداد الحرارة المتبددة من المكيّف إلى خفض الوفورات في الطاقة بمقدار النصف. يتمثل المصدر الرئيسي لتحقيق وفورات في الطاقة لمكيّف هواء المجفف السائل في أنه يتخلص من الحرارة المضافة إلى نظام التوسع المباشر عن طريق الضغط.

انظر الشكل 13 أدناه للمكوّن الكامل لنظام التكييف بالمجفف السائل.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



LDAC components and fluid flow diagram.

Image adapted by NREL from image by Lowenstein et al., 2006

LDAC Components and Fluid Flows

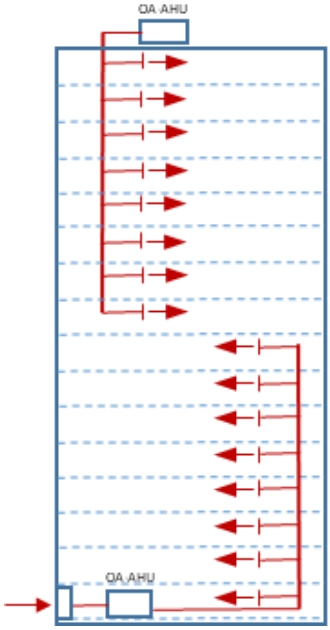
Conditioner Side		Regenerator Side	
1	Outdoor air for desiccant regeneration (scavenging air)	8	Conditioner water return to cooling source (CTWR)
2	Hot, humid exhaust air exhausted to ambient	9	Cooling source for chilled water
3	Hot water supply to regenerator (HWS)	10	Chilled water supply to conditioner (CTWS)
4	Thermal source for hot water	11	Weak desiccant return to regenerator (RDWR)
5	Hot water return to thermal source (HWR)	12	Humid outdoor air for ventilation
6	Desiccant sump pump	13	Dry outdoor air for space ventilation (processed air)
7	Strong desiccant supply to conditioner (CDSS)	–	–

الشكل - 13 - نظام التبريد بالمجفف السائل

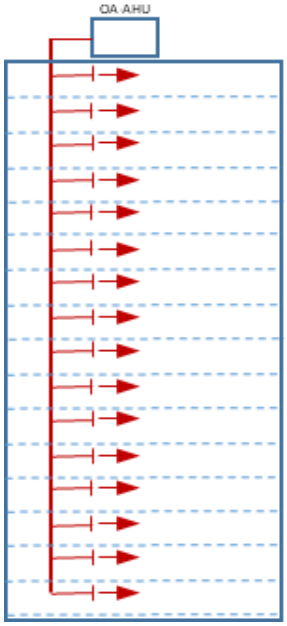
بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

6.6 دوائر الفصل بشكل صحيح - خفض استهلاك الطاقة

يؤدي استهلاك الطاقة لنظام ذي دائرة مستقيمة إلى استهلاك ما بين 30% إلى 40% طاقة أكثر مقارنةً بما إذا كان النظام نفسه مقسمًا بالتساوي إلى قسمين. على سبيل المثال، توجد وحدة معالجة الهواء للهواء النقي بالمبنى على السطح الذي يخدم المبنى المكون من 16 طابقًا باستخدام دائرة كهربائية واحدة كما هو موضح في الشكل 14؛



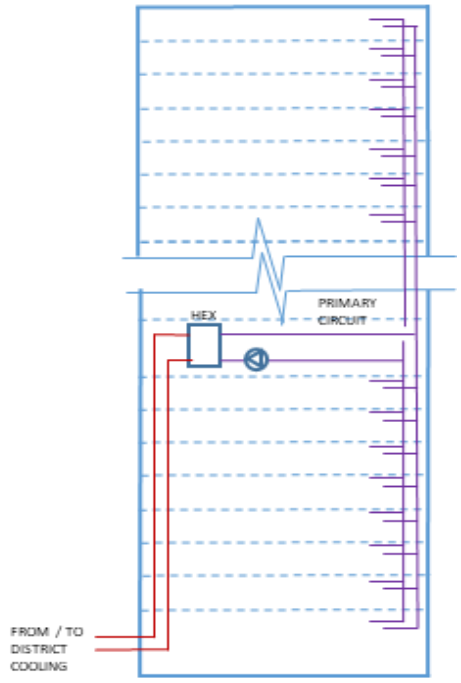
الشكل 14 - وحدة معالجة الهواء الخارجي باستخدام دائرة واحدة



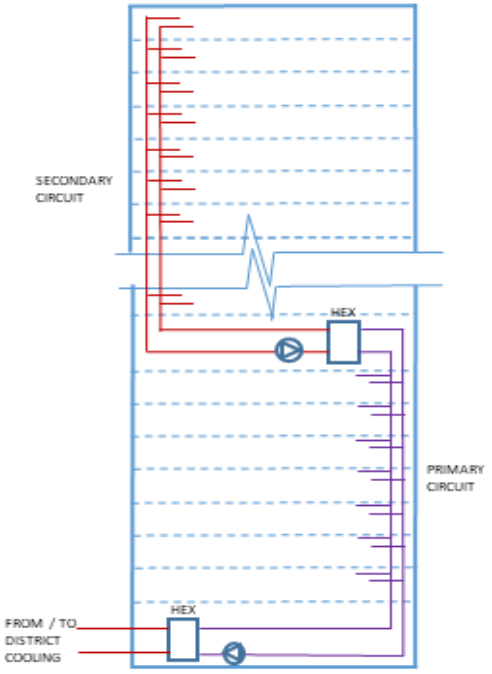
الشكل 15 - وحدة معالجة الهواء الخارجي باستخدام دائرة واحدة

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

إذا كان إجمالي الهواء النقي المطلوب 10,000 لتر/ثانية والضغط الساكن الخارجي (ESP) يبلغ 500 باسكال، فإن استهلاك الطاقة لتجميع محرك المروحة الفعال بنسبة 70% يكون 13.7 كيلوواط (يعتبر الفقد الساكن الداخلي 300 باسكال). إذا تم تقسيم النظام إلى قسمين كما هو موضح في الشكل 15 بحيث تكون متطلبات الهواء النقي 5000 لتر/ثانية لكل منهما وكان الضغط الساكن الخارجي 250 باسكال، يكون استهلاك الطاقة لكل وحدة من وحدات معالجة الهواء 4.3 كيلوواط مع الأخذ في الاعتبار نفس كفاءة محرك المروحة والفقد الثابت الداخلي. ويبلغ إجمالي استهلاك الطاقة للوحدتين 8.6 كيلوواط فقط مع زيادة طفيفة في النفقات الرأسمالية.



الشكل 16 - التصميم الشائع لمحطة نقل الطاقة في نظام التبريد المركزي.



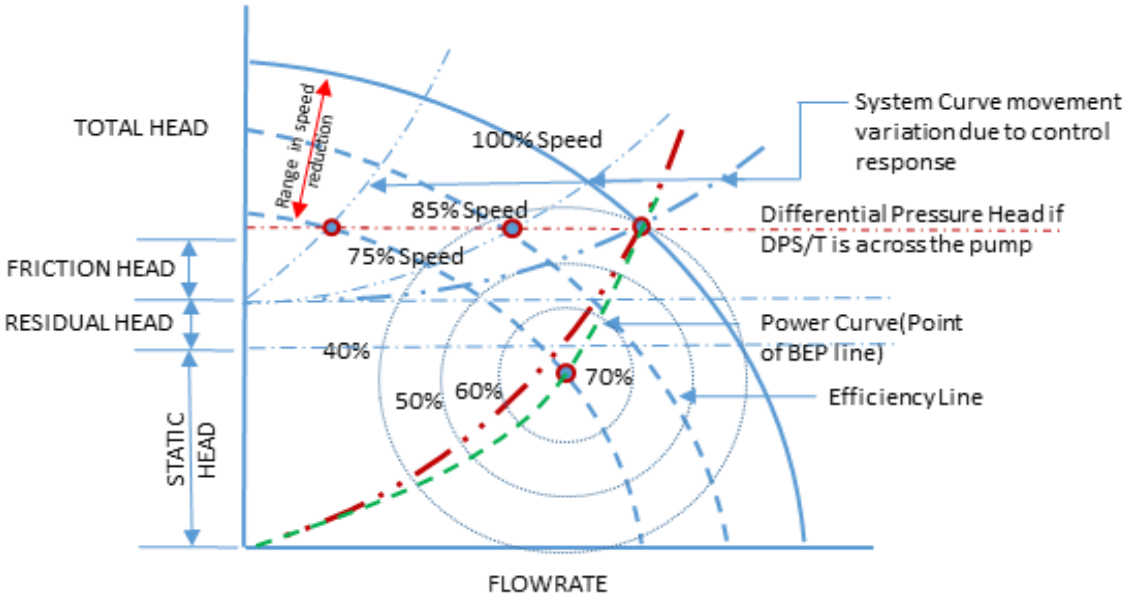
الشكل 17 محطة نقل الطاقة في منتصف المبنى

الآن، فكّر في تصميم شائع لنظام التبريد المركزي مزود بمحطة نقل الطاقة (ETS) الموجودة في الطابق السفلي بالمقارنة عندما يكون موقع محطة نقل الطاقة على مستوى متوسط من مبنى مكون من 40 طابقًا كما هو موضح في الشكل 16. إذا كان معدل التدفق الإجمالي للمياه المبردة إلى المبنى 400 لتر/ثانية وكان أقصى ضغط تفريغ للمضخة للدائرة الأساسية 4 بار، فإن الطاقة المطلوبة لتشغيل المضخة للدائرة الأساسية تبلغ 229 كيلوواط مع الأخذ في الاعتبار 70% مجموع كفاءة للمضخة والمحرك. إذا كانت الدائرة الثانوية تتطلب نصف حمل المبنى بحيث يكون معدل التدفق المطلوب للمضخة الثانوية 200 لتر/ثانية وأقصى ضغط تفريغ للمضخة يبلغ 4 بار، فإن الطاقة المطلوبة تكون 115 كيلوواط مع الأخذ في الاعتبار نفس كفاءة محرك المضخة. وستكون الطاقة المطلوبة لكلا المضختين 344 كيلوواط. إذا كانت محطة نقل الطاقة تقع في مستوى متوسط من المبنى، فسيتم حساب أقصى ضغط تفريغ المضخة في دائرة واحدة فقط بحيث تتطلب نفس ضغط التفريغ للمضخة بقيمة 4 بار، ومتطلبات الطاقة تبلغ 229 كيلوواط فقط باستخدام نفس كفاءة محرك المضخة. لن تكون هناك طاقة إضافية في المحطة المركزية لنظام التبريد المركزي إذا لم يكن المبنى موجودًا في نقطة المؤشر (أو في الفرع الأبعد). يبلغ تراكم الضغط الساكن في الشكل 17 حوالي 6.5 بار بالإضافة إلى إجمالي ضغط التفريغ للمضخة (لنفترض 6 بار) بحيث يكون ضغط التفريغ حوالي 12.5 بار. يجب تصنيف معدات نظام التبريد المركزي وتوزيع المياه المبردة المجتمعيين عند 16 بارًا كحد أدنى.

ضع في اعتبارك نظام ضخ معزز واحد بتغذية لأعلى كما هو موضح في الشكل 19 لمبنى مكون من 20 طابقًا، وهو التصميم العادي المطبق على جميع المباني تقريبًا. إذا كانت متطلبات المياه 50 لترًا/ثانية وكان أقصى ضغط تفريغ للمضخة المطلوب للمبنى المكون من 20 طابقًا يبلغ 10.5 بار (7 بار لأقصى ضغط تفريغ ثابت، و2 بار للفقد بالاحتكاك، و1.5 للضغط المتبقي لتركيبات السباكة)، فإن متطلبات الطاقة تكون 75 كيلوواط (لكفاءة مجمّعة لمحرك المضخة تبلغ 70%). إذا كان النظام مقسمًا إلى منطقتين (2) كما هو موضح في الشكل 20، فستتطلب الدائرة السفلية نفس معدل التدفق البالغ 50 لترًا/ثانية. يبلغ أقصى ضغط تفريغ مطلوب في الدائرة السفلية 6 بار (3.5 بار لأقصى ضغط تفريغ ثابت، و1 بار للفقد بالاحتكاك، و1.5 للضغط المتبقي). تبلغ متطلبات الطاقة للدائرة السفلية 43 كيلوواط لنفس كفاءة محرك المضخة. تتطلب المنطقة العلوية 25 لترًا/ثانية و6 بار لضغط التفريغ ما ينتج عنه 21.4 كيلوواط، بإجمالي 64.4 كيلوواط. تمثل الوفورات البالغة 10.6 كيلوواط متطلبات الطاقة للمحرك ولكن في التشغيل الفعلي، كما في دراسة الحالة التي أجرتها شركة Grundfos (جروندفوس)، سيستهلك معزز نظام سلسلة مزود بخزان متوسط ما يقرب من نصف الطاقة مقارنةً مع "نظام تغذية علوي لمعزز أحادي" و"نظام ضخ النقل وخزان السطح"، وبأقل تكلفة دورة الحياة. يرجع السبب الرئيسي لتحقيق وفورات

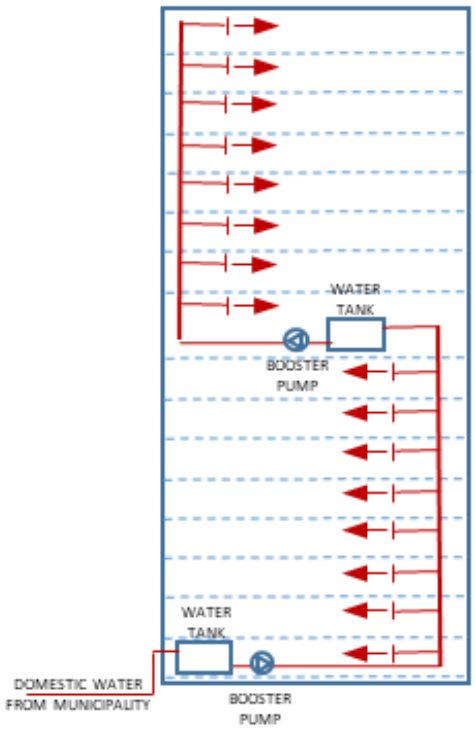
بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

كبيرة في الطاقة إلى حقيقة أن أقصى ضغط تفريغ ثابت مطلوب التغلب عليه بواسطة المضخة أثناء الحد الأدنى من الحمل (خاصة في حالة الحمل الأقل للغاية) يكون أقل في النظام المتصل السلسلة عنه في النظام المعزز ذي التغذية العلوية الأحادي. على سبيل المثال، خلال النهار (أو في وقت متأخر من الليل) خارج أوقات الذروة، تبلغ متطلبات التدفق في المبنى 1 لتر/ثانية في الطابق العلوي. وبالإشارة إلى الرسم البياني، تنخفض الكفاءة من 70% إلى 40% بسبب إزاحة منحنى النظام إلى يسار أفضل نقطة كفاءة تشغيل (BEP) بسرعة 75%. وتبلغ الطاقة المطلوبة 2.2 كيلوواط للنظام المعزز ذي التغذية من أعلى الأحادي (مع الأخذ في الاعتبار وجود أقصى ضغط تفريغ مقداره 8.8 بار لأن الضغط الثابت والمتبقي يكون ثابتًا مع وضع ضغط 0.3 بار احتكاك في الاعتبار نظرًا لانخفاض التدفق). بالنسبة للسلسلة المتصلة - المزودة بنظام الخزان، فإن الطاقة المطلوبة لنفس معدل التدفق المطلوب تبلغ 1.1 كيلوواط فقط (أقصى ضغط تفريغ بقيمة 5.3 بار فقط حيث يتم خفض ضغط التفريغ الثابت بمقدار النصف وستتحسن كفاءة محرك المضخة لمضخة أصغر في الحمل المنخفض).

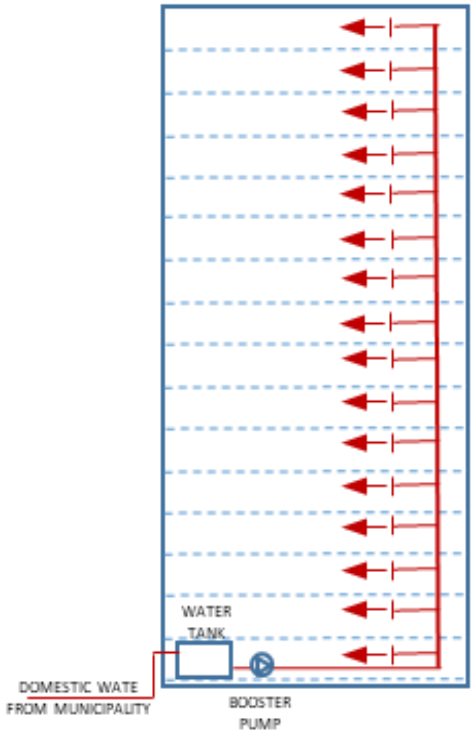


الشكل 18. - المنحنى التشغيلي لنظام تعزيز المياه المنزلي ذي التغذية العلوية.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



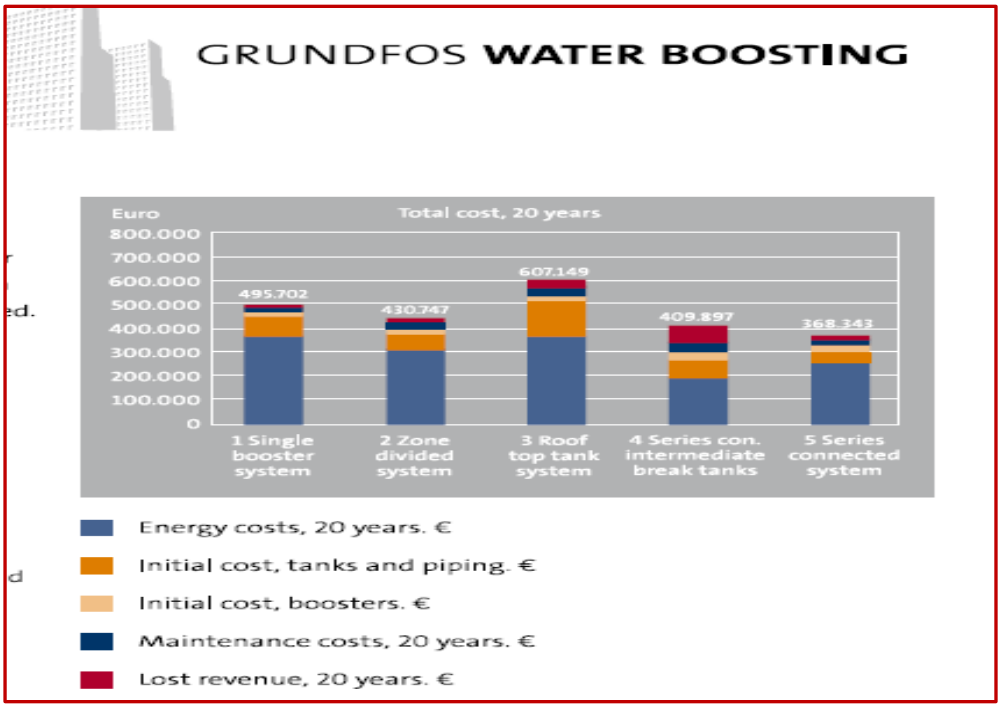
الشكل 19 - نظام الضخ المعزز ذو التغذية العلوية الأحادي



الشكل 20 - النظام المتصل السلسلة المزود بخزان فصل متوسط.

نظرًا لأن نظام المياه المنزلي يعمل في معظم الأوقات بحمل جزئي، فإن الوقت الإضافي للطاقة المستهلكة أقل بكثير مقارنة بالنظام المعزز ذي التغذية العلوية الأحادي. تكون الزيادة في النفقات الرأسمالية عند أدنى حد لمثل هذا الترتيب.

لاحظ أن نظام ضخ النقل المزود بخزان سطح والنظام المعزز ذا التغذية السفلية يتميز بنفس استهلاك الطاقة مثل نظام التغذية العلوية الأحادي وفقًا لدراسة الحالة التي أجرتها شركة جروندفوس، وبالتالي لا تهدف هذه الوثيقة إلى تقديم مناقشة مفصلة لهذا النظام. للحصول على تفاصيل تكلفة دورة



بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الحياة واستهلاك الطاقة، راجع الشكل 21 أدناه للحصول على مقتطف من دراسة حالة شركة جروندفوس. (لاحظ أن الدخل المفقود يمثل الدخل المفقود من العمل بمرور الوقت بسبب الحيز الذي تشغله الخزانات والمضخات الإضافية).

الشكل 21- دراسة حالة تكلفة دورة حياة لشركة جروندفوس لجميع أنواع التصميم المعزز لنظام المياه المنزلية

بالنسبة للتطبيق ثنائي المواسم، يجب أن يقسم تكييف الهواء ونظام توزيع الهواء المنطقة بشكل صحيح. يجب تقسيم الغرف الملحقة بالواجهة بشكل منفصل عن الغرف الداخلية لتجنب التبريد متبوعًا بالتدفئة المفرطة أثناء الليل في الصيفي والشتاء، وهو ما يمثل إهدارًا هائلا للطاقة (خاصة بالنسبة لاستخدامات غرف الرعاية الصحية وغيرها من استخدامات الغرف النظيفة التي تتطلب الحد الأدنى من تغييرات الهواء ونطاق محدود لتقلب الرطوبة النسبية؛ والمباني ذات الكتلة الحرارية المنخفضة - انظر القسم 6.4 لمزيد من التوضيح).

6.7 التحميل المشترك مقابل تحميل جهاز واحد أثناء التحميل الجزئي للمراوح/المضخات ذات المحرك متغير التردد (VFD)

تستهلك المروحة أو المضخة الواحدة التي تعمل عند التحميل الجزئي مزيدًا من الطاقة مقارنة بجهازين (2) يتقاسمان نفس الحمل. على سبيل المثال، يمكن التعامل مع مضخة أساسية مكونة من 2 مضخة عاملة ومضخة احتياطية وحمل التبريد المطلوب أثناء الحمل الجزئي بواسطة مضخة واحدة. إذا كان معدل التدفق 100 لتر/ثانية وأقصى ضغط تفريغ يبلغ 4 بار، فإن الطاقة المطلوبة بواسطة مضخة واحدة تبلغ 57 كيلوواط (لكفاءة محرك مضخة مجمعة بنسبة 70%) عند تشغيلها بأقصى سرعة. إذا تم تقاسم نفس الحمل بواسطة مضختين قيد التشغيل (2) (مع الأخذ في الاعتبار أن جهاز استشعار الضغط التفاضلي/جهاز الإرسال موجود في المؤشر، فإنه يمكن زيادة تقليل نطاق السرعة إلى 25% -30% من السرعة الكاملة والحفاظ على الكفاءة وتعظيم الناتج) فإن كل مضخمة من المضختين (2) ستعمل بنسبة 50% من سرعتها القصوى نظرًا لأن قانون التقارب ينص على أن السرعة تختلف بشكل مباشر مع التدفق. تكون الطاقة التي تستهلكها كل مضخة 7.125 كيلوواط نظرًا لأن قانون التقارب ينص على أن الطاقة تختلف بشكل مباشر على غرار مكعب سرعة الدوران. وحينئذ يكون استهلاك الطاقة للمضختين (2) في السرعة المنخفضة 14.2 كيلوواط فقط.

تستخدم جميع المشاريع تقريبًا تحميلًا أحاديًا للمعدات أثناء التحميل الجزئي ما يؤدي إلى استهلاك مفرط للطاقة. ويمكن تنفيذ هذه التقنية بسهولة في أي مشاريع قائمة دون تكبد تكلفة إضافية لأن هذا يتطلب فقط تغيير في برمجة وحدة التحكم في المحرك متغير التردد. لاحظ أن هذه التقنية لا تنطبق على محطة تعزيز الضخ بسبب ضغط التفريغ الساكن والضغط المتبقي، وهي قابلة للتطبيق (على سبيل المثال لا الحصر) في التطبيقات التالية؛

1. أبراج التبريد المتعددة ذات السرعة المتغيرة
2. نظام الضخ الأساسي والثانوي ذو السرعة المتغيّرة للمياه المبردة لأبراج التبريد المتعددة متغيرة السرعة.
3. نظام ضخ المكثف ذو السرعة المتغيرة
4. مجموعات المراوح المستخدمة في وحدات معالجة الهواء ذات السرعة المتغيرة

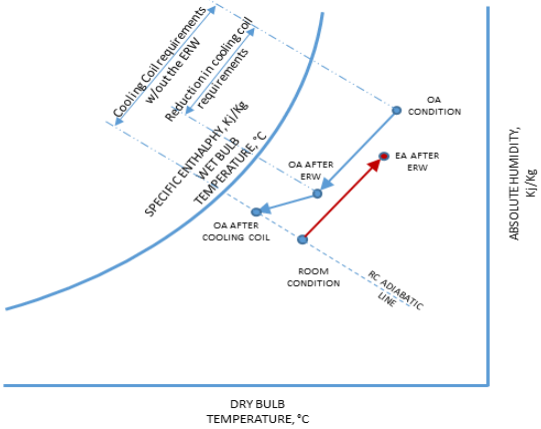
6.8 معدات استعادة الطاقة من هواء العادم الساخن

تستخدم معدات استعادة الطاقة من هواء العادم الساخن للأسباب التالية:

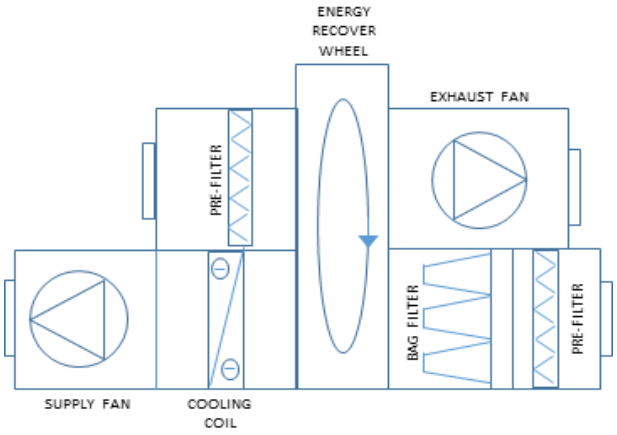
1. لاستعادة الطاقة (الحرارة المعقولة والكامنة) من هواء العادم ونقل الطاقة إلى الهواء النقي الوارد، وبالتالي تقليل الطاقة اللازمة لمعالجة أو ترطيب الهواء الوارد. وفيما يلي معدات استعادة الطاقة شائعة الاستخدام والمناسبة لهذا الغرض.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

a. عجلة استعادة الطاقة (أو الحرارة) - لاستعادة كل من الحرارة المحسوسة والكامنة أو المعقولة فقط. تتمتع بأعلى مستوى فعالية متاح في السوق (بناءً على البيانات الحالية) وتعد النوع الأكثر شيوعًا من معدات استعادة الطاقة. يتطلب الجهاز مساحة كافية لتفريغ الضغط بسبب قيد الارتفاع وتتضمن مشاكل انتقال تلوث بسيطة.

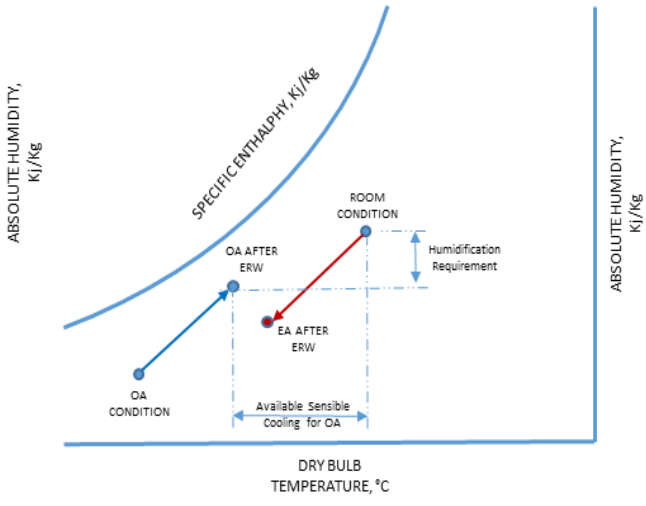


الشكل 22 - وحدة معالجة الهواء الخارجي باستخدام عجلة استعادة الطاقة

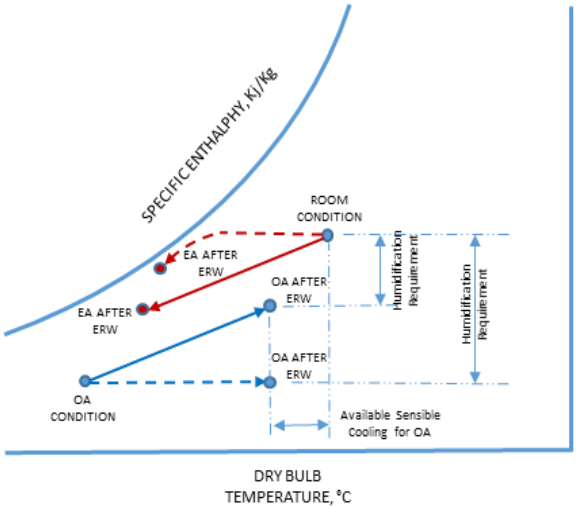


الشكل 23 - يظهر قياس الرطوبة انخفاضًا في ملف التبريد المتطلبات خلال فصل الصيف

يوضح الشكل 22 نموذج وحدة معالجة الهواء الخارجية مزودًا بعجلة استعادة الطاقة. الشكل يوضح الشكل 23 عملية قياس الرطوبة التي تشير إلى انخفاض متطلبات ملف التبريد بسبب عجلة استرجاع الطاقة خلال موسم الصيف. يمكن أن توفر عجلة استعادة الطاقة ما يصل إلى 85% من الطاقة الكلية من هواء العادم عن طريق الحرارة الحرارية ونقل الكتلة. يحتاج تكييف الهواء الخارجي إلى التوقف عند حالة الحرارة الثابتة للغرفة لأن هذه الحالة لا تضيف أو تنقص الحرارة من الغرفة. يتم الاهتمام بحمل تبريد الغرفة بواسطة وحدات ملف المروحة (FCU) أو وحدات التبريد الداخلية الأخرى.



الشكل 24 - مقياس الرطوبة لوحدة معالجة الهواء الخارجية باستخدام عجلة استعادة الطاق العجلة خلال الشتاء (فوق 0 درجة مئوية) - فعالية إجمالية عالية وفعالية كامنة عالية



الشكل 25 وحدة معالجة الهواء الخارجية مع أقل فعالية محسوسة

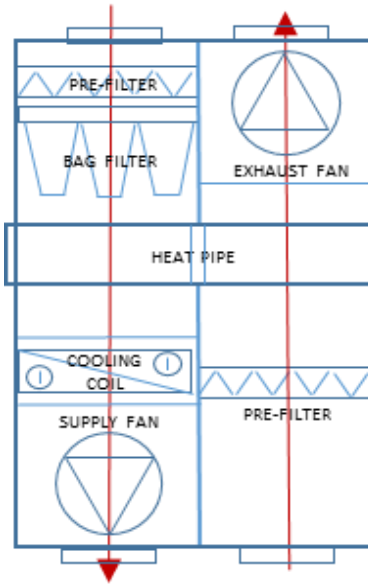
يوضح الشكل 24 قياس الرطوبة بالهواء باستخدام وحدة معالجة الهواء الخارجية المزودة بعجلة استعادة الطاقة خلال فصل الشتاء (أعلى من 0 درجة مئوية). يمثل الخط المتصل استعادة الحرارة المعقولة والكامنة بينما يمثل الخط المتقطع استعادة محسوسة للحرارة فقط. ينطبق استعادة الحرارة المحسوسة على العادم الملوث. على عكس موسم الصيف، فإن الفعالية العالية لكل من استعادة الشعور بالحرارة والحرارة الكامنة أمر مرغوب فيه دائمًا. بالنسبة لموسم الشتاء، يعتمد اختيار معدات استعادة الطاقة بالإضافة إلى فعاليتها على الاستخدام ولا تكون الفعالية العالية مرغوبة دائمًا. ضع في اعتبارك طابقًا مقسمًا بشكل مناسب لمبنى إداري (أو استخدام آخر

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

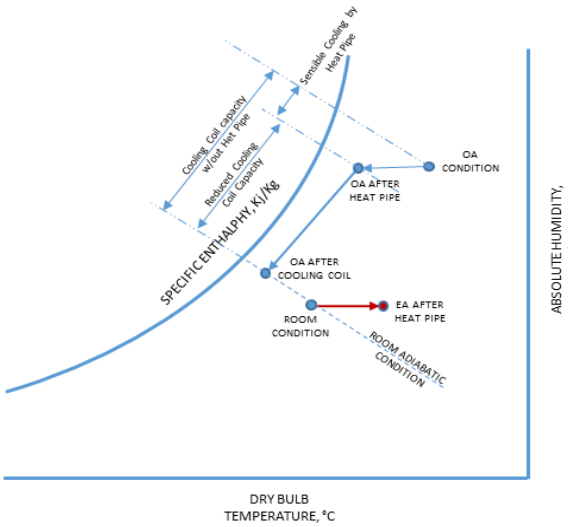
مثل مبنى سكني أو رعاية صحية) حيث يتم خدمة جميع الغرف المتصلة بالواجهة (الغرف الخارجية) من خلال وحدة معالجة هواء مخصصة وجميع الغرف الداخلية بواسطة وحدة معالجة هواء مخصصة أخرى. يؤدي تقسيم المناطق إلى تحقيق وفورات في الطاقة نظرًا لأن الغرف الخارجية ستتطلب تدفئة خلال فصل الشتاء (خاصة إذا كانت الواجهة مصنوعة من الزجاج) وستظل الغرف الداخلية بحاجة إلى التبريد. يؤدي الخلط بين الغرف الداخلية والخارجية إلى تدفئة مفرطة للغرف الخارجية خلال فصل الشتاء حيث يتم التبريد متبوعًا بالتدفئة. يعد نفس السيناريو صحيحًا إذا تم استخدام النظام الهوائي المخصص للأماكن المفتوحة (DOAS) للهواء النقي. يمكن استخدام الهواء البارد خلال فصل الشتاء بشكل طبيعي لتبريد المساحات الداخلية بشرط تسخينه لتجاوز نقطة تكاثف الغرفة لتجنب التكثيف. يتطلب تسخين الهواء الخارجي للغرف الخارجية بالتوازي مع درجة ثابت حرارة البصيلة الجافة للغرفة أو يمكن إضافة تدفئة إضافية إلى وحدة إعادة تدوير الغرفة، فقط إذا تجاوزت درجة حرارة الهواء الخارجي درجة حرارة التكاثف للغرفة. إذا تم استخدام عجلة استعادة الطاقة لاستعادة طاقة هواء العادم، فإن الفعالية الكلية العالية مطلوبة لوحدة معالجة الهواء الخارجي التي تخدم الغرف الخارجية لتقليل التدفئة والترطيب. تتطلب وحدات معالجة الهواء الخارجية التي تخدم الغرف الداخلية فعالية محسوسة أقل وفعالية كامنة عالية (كما هو موضح في الشكل 25) إذ يمكن استخدام الهواء الخارجي لمتطلبات التبريد للغرف الداخلية. تتطلب استعادة الحرارة المعقولة فقط تجاوز نقطة تكاثف الغرفة لتجنب التكثيف بينما يلزم الاستعادة الكامنة العالية لخفض الترطيب المطلوب للوصول إلى الرطوبة النسبية المطلوبة للغرفة.

إذا كان المبنى يقع في مكان يشهد موسمًا مزدوجًا (مثل الخبر وجدة) واختار المصمم عجلة استعادة الطاقة لوحدة معالجة الهواء الخارجي التي تخدم غرفًا داخلية ذات فعالية إجمالية عالية، فمن المتوقع توفير الطاقة خلال فصل الصيف ولكن يتم إهدار الطاقة خلال فصل الشتاء بسبب الاستعادة العالية للحرارة المعقولة، ما يقلل من قدرة تبريد الهواء الخارجي. إذا تم التحكم في دوران العجلة لتقليل استعادة الحرارة المعقولة، فإن استعادة الحرارة الكامنة ستقل أيضًا ما يؤدي إلى زيادة ترطيب الغرفة. لتقليل استهلاك الطاقة خاصة خلال فصل الشتاء، سيطلب المصمم توفير نوعين من معدات استعادة الطاقة.

b. الأنابيب الحرارية - تكتشف الحرارة المعقولة فقط وعادة ما تستخدم للعادم الملوث. وتُفضل لاستعادة الطاقة المعقولة بسبب انخفاض الضغط المنخفض مقارنة باللوحة الثابتة.



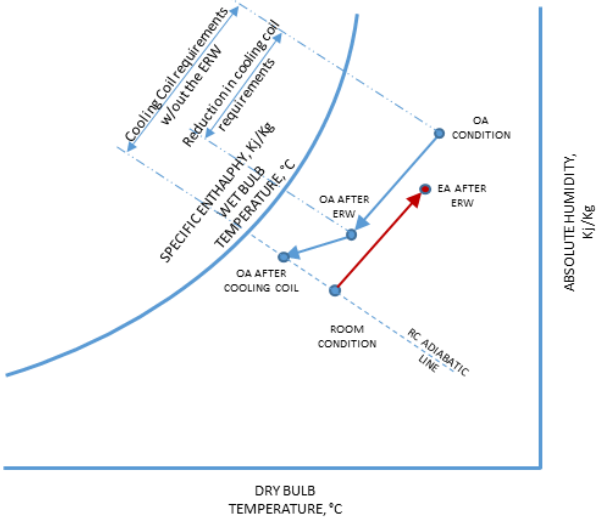
الشكل 27 - قياس رطوبة يظهر انخفاضًا في متطلبات ملف التبريد



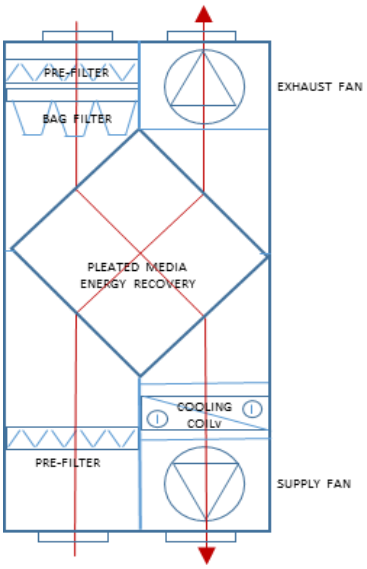
الشكل 26 - وحدة معالجة هواء خارجية مع أنبوب حراري لاستعادة الطاقة المحسوسة باستخدام أنابيب حرارية

c. غشاء مطوي ومبادل حراري ذو لوحة ثابتة - يستعيد كل من الحرارة المعقولة والكامنة أو الحرارة المعقولة فقط. فعالية أقل من تلك الخاصة بعجلة استعادة الطاقة ولكن لا توجد مشاكل مع انتقال التلوث.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



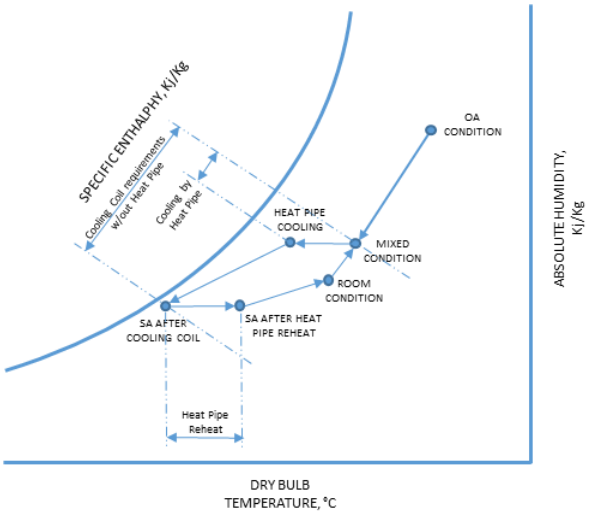
الشكل 28 وحدات معالجة هواء خارجية مزودة بوسائط استعادة الطاقة المطوية لاستعادة الحرارة المحسوسة والكامنة



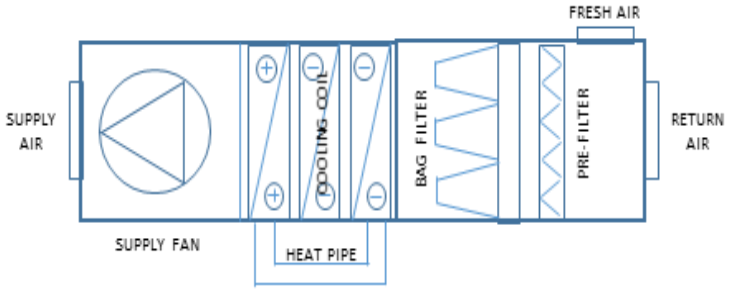
الشكل 29 - قياس الرطوبة للوسائط المطوية مع استعادة درجة الحرارة المعقولة واستعادة الحرارة الكامنة

2. عبر ملف تبريد لتوفير التبريد وإعادة التسخين للتطبيقات الخاصة (مثل تطبيق الحمل الكامن العالي) وبالتالي تقليل الحاجة إلى التبريد مع توفير إعادة التسخين. يوفر الأنبوب الحراري لهذا النوع من الاستخدامات حوالي 35% إلى 50% من الطاقة الكهربائية ويُستخدم في قاعات الحفلات الموسيقية، وصالات العرض، والمسابح الداخلية، وقاعات المؤتمرات، وأنواع أخرى مماثلة من الاستخدام.

a. الأنابيب الحرارية – انظر الشكل 30 والشكل 31



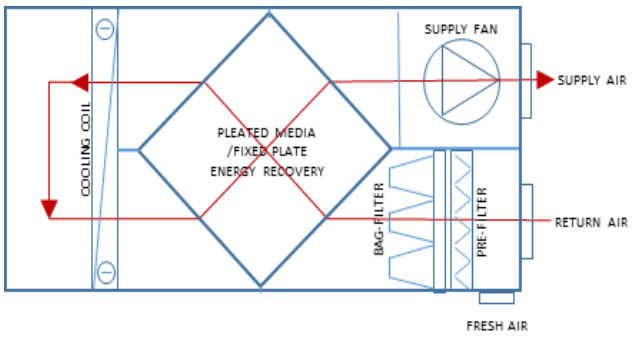
الشكل 30 وحدة معالجة هواء مختلط مزودة بأنبوب حراري



الشكل 31 - قياس الرطوبة لإعادة تدوير وحدة معالجة الهواء مزودة بأنبوب حراري

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

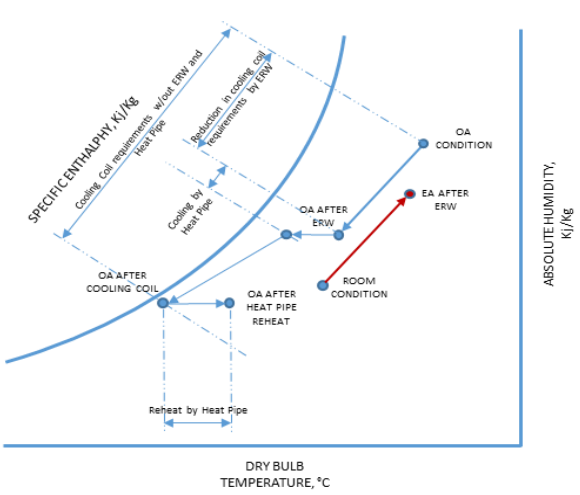
b. غشاء مطوي ومبادل حراري ذو لوحة ثابتة - قياس رطوبة مطابق للشكل 32



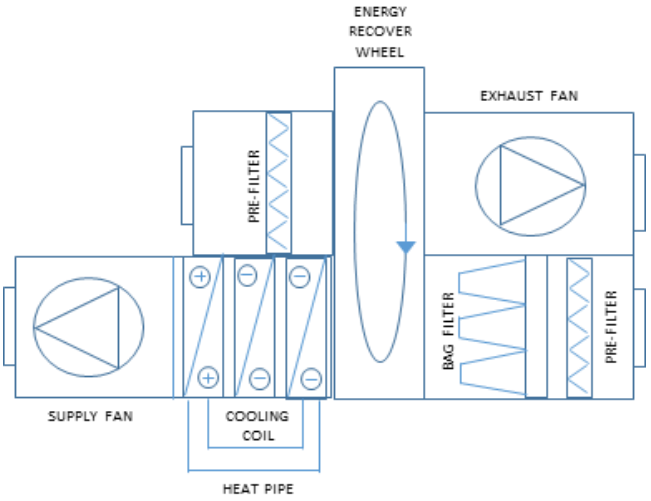
الشكل 32 - وحدة معالجة هواء مختلطة بالهواء مزودة بلوحة ثابتة/مبادل حراري للوسائط المطوية

3. عبر ملف التبريد لوحدة معالجة هواء خارجية لاستخدام النظام الهوائي المخصص للأماكن المفتوحة لتوفير كل من التبريد وإعادة التسخين.

a. الأنابيب الحرارية



الشكل 33 - وحدة معالجة الهواء الخارجي باستخدام عجلة استعادة الطاقة وأنبوب حراري والأنبوب الحراري



الشكل 34 - وحدة معالجة الهواء الخارجي باستخدام عجلة استعادة الطاقة

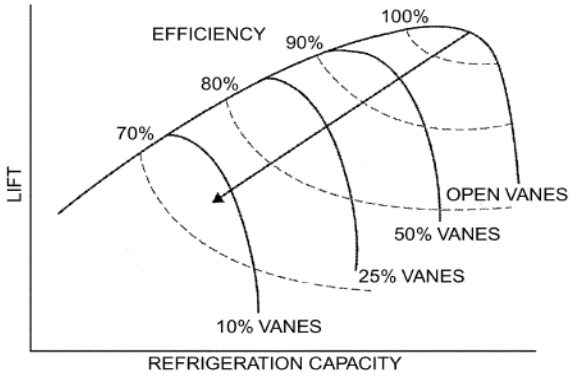
يوضح الشكل 33 وحدة معالجة هواء خارجي مزودة بعجلة استعادة الطاقة وأنبوب حراري بينما يوضح الشكل 34 عملية قياس الرطوبة للوحدة. يتعين أن تكون الحالة بعد ملف التبريد أقل من حالة الحرارة الثابتة للغرفة لتوفير تبريد إضافي وقدرة تحميل كامنة خاصة لاستخدام التبريد بالإشعاع (العوارض والأسقف المبردة حيث تكون قدرة التبريد المعقولة محدودة مع عدم وجود قدرة حمولة كامنة). يلزم إعادة التسخين لتجاوز درجة حرارة نقطة التكاثف لتجنب التكثيف. يمكن أن تصل الوفورات في الطاقة إلى 60% (بما في ذلك انخفاض ضغط الوسائط) في الظروف المحيطة الرطبة والساخنة مقارنةً بنظام التوسع المباشر النقي وإعادة التسخين.

توفر معدات استعادة الطاقة قدرًا كبيرًا من الطاقة الكهربائية من خلال الكتلة ونقل الحرارة ولكن يجب دائمًا مراعاة انخفاض الضغط عبر المعدات. تحدد معظم الشركات المصنّعة هامشًا ما بين 1000 لتر/ثانية إلى 1500 لتر/ثانية لتحقيق وفورات كبيرة في الطاقة لوحدات معالجة الهواء في الظروف المحيطة بالتصميم وحالة العادم. عندما تنخفض درجة الحرارة المحيطة (إلى حوالي 30 درجة مئوية خلال فصل الصيف)، يجب تزويد المعدات بوسائل لتجاوز وسائط استعادة الطاقة نظرًا لأن الطاقة الناتجة عن انخفاض الضغط المتوسط وتدفق الهواء تتجاوز الطاقة المستردة. تجب استشارة الشركة المصنّعة للحصول على بيانات محددة.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

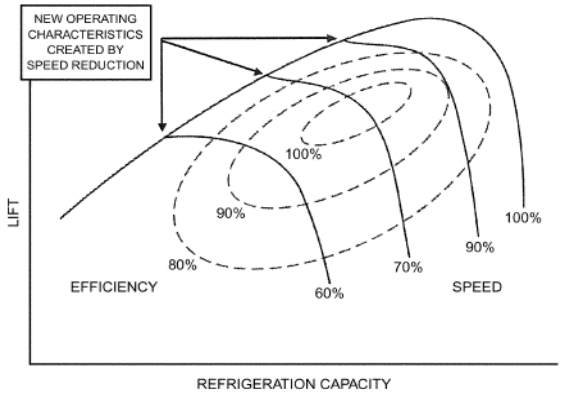
6.9 الجمع بين المبردات ذات السرعة الثابتة والمبردات ذات السرعة المتغيرة، والمبردات ذات القدرة الكبيرة، والقدرة الصغيرة

المبردات ذات السرعة الثابتة (FSC) عبارة عن مبردات تعمل بسرعة ثابتة وتعمل من خلال عدة خطوات للتحكم في القدرة. يمكن التحكم في القدرة إما من خلال تجاوز الغاز الساخن، أو الألواح المنزلقة، أو غيرها من وسائل التحكم في القدرة. تمتلك المبردات ذات السرعة المتغيرة (VSC) "آلاف" من القدرة على التحكم في نطاق تغير السرعة. تتميز المبردات ذات السرعة المتغيرة بكفاءة أقل عند التحميل الكامل مقارنة بنظيراتها من المبردات ذات السرعة الثابتة بنفس القدرة ورفع التصميم كما هو موضح في دليل معدات معايير الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة (انظر المقتطف أدناه) ومصنعي المبردات.



الشكل 35 مقتطف من دليل معدات معايير الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد لأداء المبرد ذي السرعة الثابتة

Centrifugal Compressor Performance at Constant Speed
(Carrier 2004)

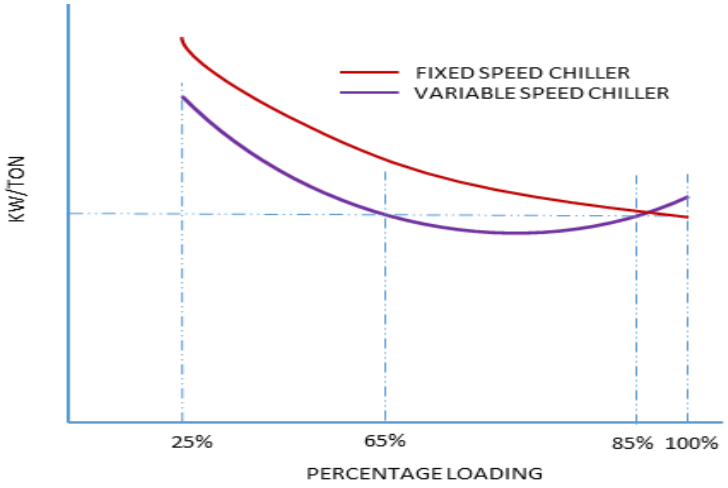


الشكل 36 مقتطف من دليل معدات معايير الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة لأداء المبرد ذي السرعة المتغيرة

Variable-Speed Centrifugal Compressor Performance
(Carrier 2004)

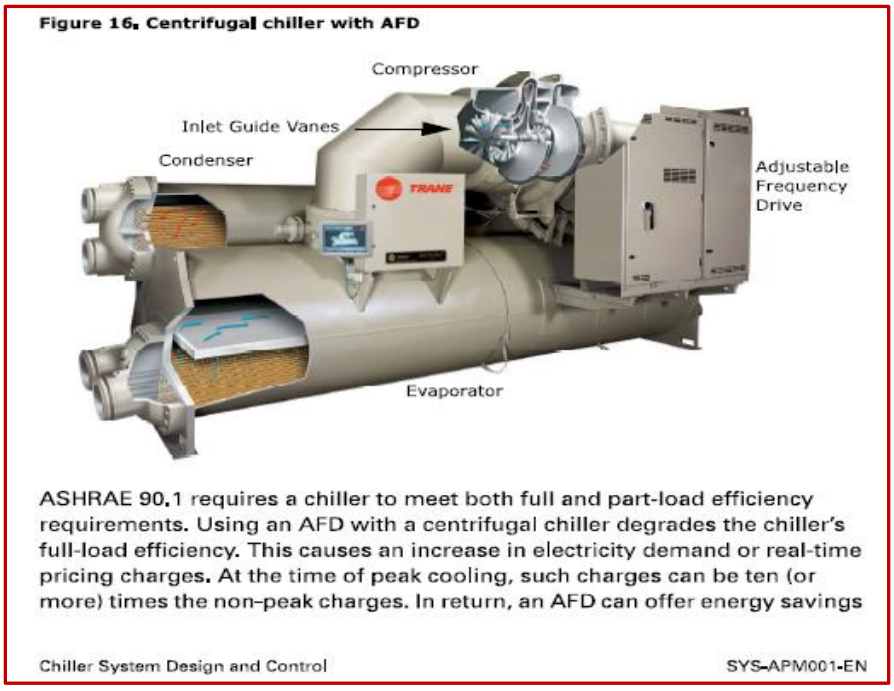
تعتبر المبردات ذات السرعة الثابتة فعالة للغاية عند التحميل الكامل وتتدهور الكفاءة أثناء التحميل الجزئي (باستثناء مبردات التحكم في السائر الحديثة غير المحدودة) بينما تكون المبردات ذات السرعة المتغيرة فعالة في التحميل الجزئي. يمثل الرسم البياني أدناه (الشكل 37) الخصائص الحالية لكلا النوعين من المبردات بنفس القدرة والرفع (يختلف التقرير من الشركات المصنّعة الأخرى باختلاف نوع المبرد، والبيانات خاصة بمبردات الطرد المركزي والمبردات اللولبية). لاحظ أن الخصائص ليست مضمونة دائمًا لأن التقدم التكنولوجي يمكن أن يغيّر دائمًا أداء أي من معدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



شكل 37 أداء مبرد ذي سرعة ثابتة ومتغيرة

يرد أدناه (الشكل 38) مقتطف من شركة "ترين" (Trane) فيما يتعلق بخصائص محرك التردد القابل للتعديل (AFD) أو مبردات الطرد المركزي ذات السرعة المتغيرة (VSD). تعد مبردات الطرد المركزي أكثر أنواع المبردات كفاءة.

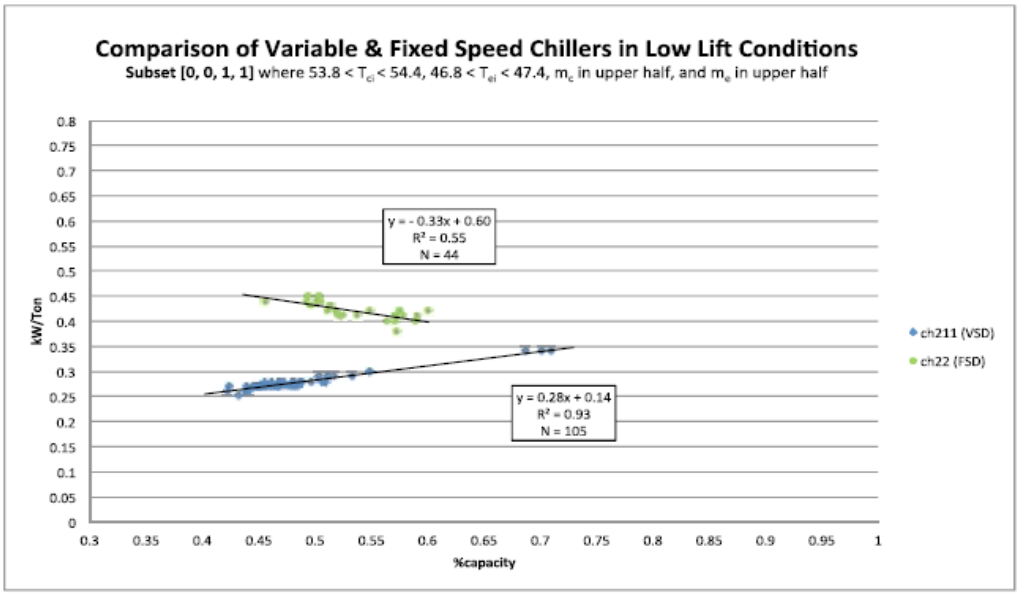


الشكل 38 أداء مبرد «ترين» ذي السرعة المتغيرة

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

في المشاريع الكبيرة التي تستخدم مبردات متعددة، يلزم خلط محرك التردد القابل للتعديل والمبردات ذات السرعة الثابتة لتحقيق وفورات في الطاقة والتكلفة الأولية (يكون المبرد ذو السرعة الثابتة أرخص بحوالي 15% إلى 20% من المحرك ذي السرعة المتغيرة اعتمادًا على القدرة). يجب أن يكون النظام مُصممًا لزيادة قدرة المبردات ذات السرعة الثابتة إلى الحد الأقصى باستخدام صمامات التحكم المستقلة في الضغط (PICV) واستخدام محرك التردد القابل للتعديل أثناء الحمل الجزئي أو الحمل الزائد (إلى تلك الخاصة بالمبردات ذات السرعة الثابتة بكامل طاقتها) من 65% إلى 85% من سعتها لتعظيم استهلاك الطاقة. يلعب نظام إدارة المباني دورًا مهمًا بالإضافة إلى دقة الجهاز الميداني في قياس معدل التدفق (وهو يعد تمثيلا لحمولة المبنى) لحساب التدفق الزائد من العدد الإجمالي المطلوب لتشغيل المبرد ذي السرعة الثابتة.

يستخدم معظم مصممي أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء مبردات متساوية الحجم كتصميم افتراضي ولكن هناك تكون وفورات كبيرة في الطاقة عند توفير مبردات أصغر حجمًا (على سبيل المثال 2/1 حجم جميع المبردات الأخرى) للتعامل مع حمل تبريد منخفض للغاية. على سبيل المثال، إذا كان



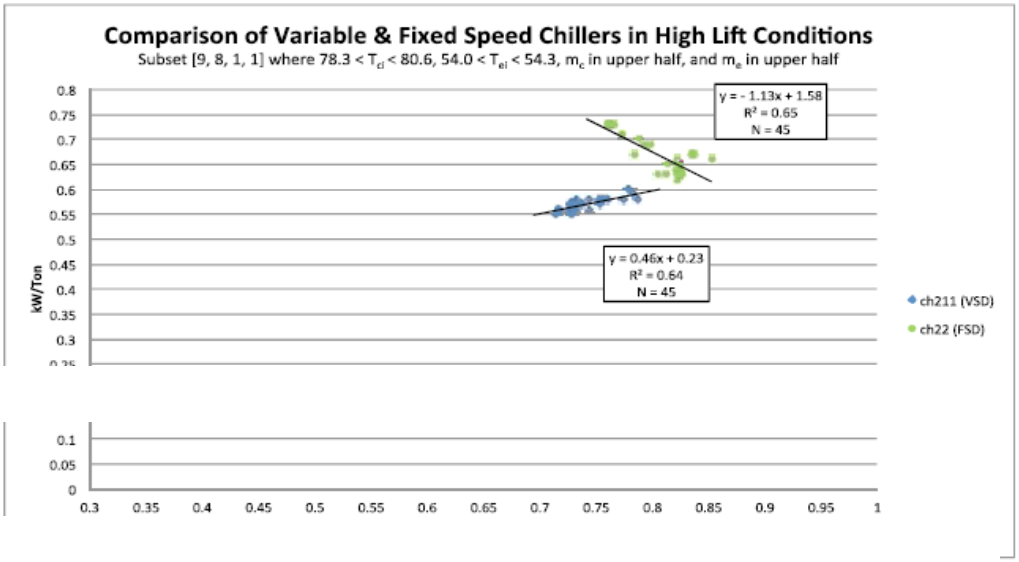


FIGURE 2: CHILLER NO. 211 (VSD) & CHILLER NO. 22 (FSD) COMBINED REGRESSION PLOTS UNDER LOW AND HIGH LIFT CONDITIONS

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الحد الأدنى المطلوب للحمل 70 طنًا، فمن المفيد تشغيل مبرد واحد (1) 100 طن بمحرك ذي سرعة متغيرة لزيادة الكفاءة. وإذا كان الحمل المطلوب 40 طنًا، فإنه من المفضل استخدام مبرد واحد (1) 50 طنًا بمحرك ذي سرعة متغيرة. إذا كان حمل المبنى 430 طنًا فأكثر، فإنه يلزم تشغيل خمسة (5) مبردات ذات سرعة ثابتة بقدرة 100 طن نظرًا لأن القدرة عند التحميل المشترك (باستثناء تصميم أنابيب مبردات المياه حيث يوجد تحميل تفضيلي) ستكون 86%.

الشكل - 39 - مبرد ذو سرعة ثابتة واختبار المبرد ذي السرعة المتغيرة في جامعة ديوك

تختلف الاستراتيجية التشغيلية عن خصائص حمل المشروع ومتطلبات الحد الأدنى للحمل. ويجب تحليل الاستراتيجية بدقة من قبل مصمم نظام التدفئة والتهوية والتكييف لضمان الحصول على تصميم فعال واقتصادي. على سبيل المثال، في مستشفى يتطلب حمل تبريد 9000 طن والحد الأدنى للحمل المحسوب يبلغ 750 طنًا بسبب الحد الأدنى من ساعات تغير الهواء، ومتطلبات إعادة التسخين، وتبديد الحرارة الكبير في المعدات الطبية. إذا كانت المبردات بحجم 220 طنًا لكل منها لكل مسافة محددة من الوحدات أثناء التسليم في الموقع بحيث تكون هناك حاجة إلى 41 وحدة، فحينئذٍ يلزم خمسة (5) مبردات فقط من مبردات بمحركات ذات سرعة متغيرة والباقي سيكون من المحركات ذات السرعة الثابتة نظرًا لأن الأحمال أعلى من 1100 طن والتي ستتطلب ستة (6) مبردات للتشغيل سيكون لها تحميل مشترك بنسبة 85% أو أعلى. لن تكون هناك حاجة لقدرة مبرد أصغر للتعامل مع حمولة منخفضة للغاية. تؤدي هذه التقنية ليس فقط إلى كفاءة استهلاك الطاقة ولكن أيضًا إلى انخفاض كبير في النفقات الرأسمالية للمشروع.

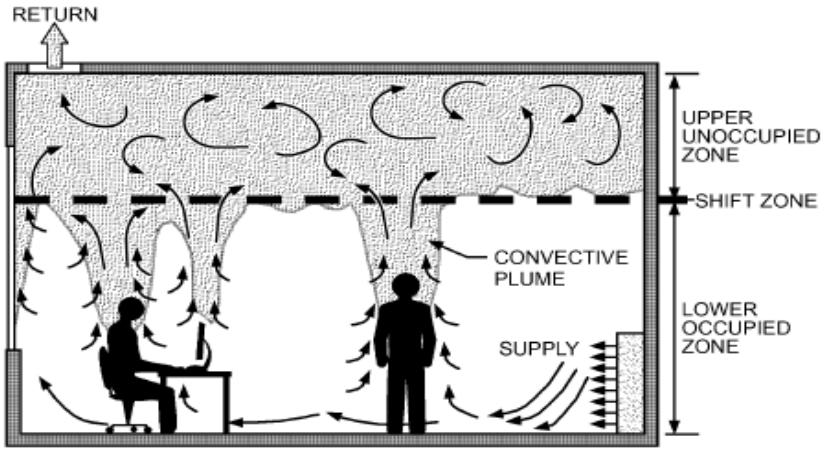
كما أنه أحد العوامل المهمة أيضًا من حيث تحقيق وفورات في الطاقة لاختيار مبرد محرك ذي سرعة متغيرة بأقل تدفق أدنى، في كل من المبخر والمكثف (لمكثف التدفق المتغير) لتجنب المياه الجانبية لتقليل فقد الضغط في المبخر والمكثف؛ وتوفير أقل سرعة تخفيض للمضخات؛ وانخفاض استهلاك طاقة المبرد، وبالتالي تقليل متطلبات الطاقة. يمكن اختيار المبرد مع الحد الأدنى من تدفق المبخر حتى 21% أو أقل لتقليل استهلاك الطاقة أثناء الحد الأدنى من الحمل.

6.10 الاستفادة من التهوية بالإزاحة لمساحة السقف الكبيرة والعالية

التهوية بالإزاحة تقنية مستخدمة في التدفئة والتهوية وتكييف الهواء لغرض رئيسي ألا وهو تقليل الطاقة المطلوبة مقارنة بنظام تكييف الهواء من النوع المختلط. يتطلب تكييف الهواء المختلط وضع ناشرات الإمداد على مستوى عالٍ ويعتمد بشكل أساسي على سرعات نفاثة لتحفيز الهواء الثانوي في الغرفة وبالتالي تعزيز خلط الهواء. يخلق خلط الهواء من خلال الحث درجة حرارة متجانسة داخل الغرفة ويزيل التقسيم الطبقي. في التهوية بالإزاحة، يتم إدخال هواء الإمداد المضغوط إلى الغرفة عند مستوى منخفض والهواء العائد عند مستوى السقف (أو في الجدران عند مستوى أعلى من المنطقة الخاضعة للرقابة) وبالتالي يتم تعزيز التقسيم الطبقي والفصل بين هواء الإمداد المضغوط والهواء الراكد. تعد هذه التقنية فعالة للغاية في إزالة ملوثات الهواء وتحسين جودة الهواء الداخلي (IAQ) حيث يرتفع عمود الحمل الحراري الذي يحمل ملوثات الهواء والهواء المستنفذ. تبلغ فعالية التوزيع بالمنطقة 1.2 وفقًا لمعايير الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة 62.1 مقارنة بمعدل 1.0 لنظام الهواء المختلط، ما يؤدي إلى انخفاض كبير في الهواء الخارجي المطلوب بواسطة معايير الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة لتحقيق هدف جودة الهواء الداخلي. يتم إمداد الهواء عند درجة حرارة أعلى من تهوية الهواء المختلط (أعلى من 16 درجة مئوية) لتجنب إزعاج السكان (مثل الأقدام الباردة والتيار البارد) وسرعة الهواء الداخل أو الخارج (في نطاق 0.25 م/ث إلى 0.35 م/ث، أو 0.5 م/ث كحد أقصى). يتم حساب حمل التبريد بالإضافة إلى كمية هواء الإمداد المضغوط بناءً على منطقة الراحة المدروسة إلى نسبة ارتفاع المساحة (يمكن أن تكون منطقة الراحة 2 متر فوق الأرض)، ودرجة حرارة هواء الإمداد المضغوط، وتدرج درجة حرارة المنطقة المأهولة (يجب ألا تتجاوز 3 درجات مئوية من القدم إلى الرأس). تعد قدرة الحمل الحراري للتهوية بالإزاحة محدودة بمعدل 50 واط/م 2. ويمكن استخدام نظام التبريد المشع مع التهوية بالإزاحة لتعويض كسب حرارة الفضاء وزيادة قدرة الحمل لكل متر مربع من مساحة الأرضية. تستخدم التهوية بالإزاحة مع ارتفاع سقف يزيد عن 3 أمتار وتستخدم بشكل شائع في المكاتب المفتوحة الكبيرة، والمطاعم، والمسارح، والقاعات، والمستشفيات وغرف الأبحاث والكازينوهات وما إلى ذلك.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

كما هو مذكور أعلاه، يرجع الانخفاض في متطلبات الطاقة بشكل أساسي إلى (1) انخفاض بنسبة 20 % في الهواء الخارجي المطلوب لتحقيق جودة الهواء الداخلي بواسطة معايير الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة 62.1 خاصة في المناطق عالية الرطوبة مثل الشرق الأوسط؛ (2) والحد من تدفق الهواء ومتطلبات التبريد بسبب المرونة في النظر في ارتفاع منطقة الراحة++



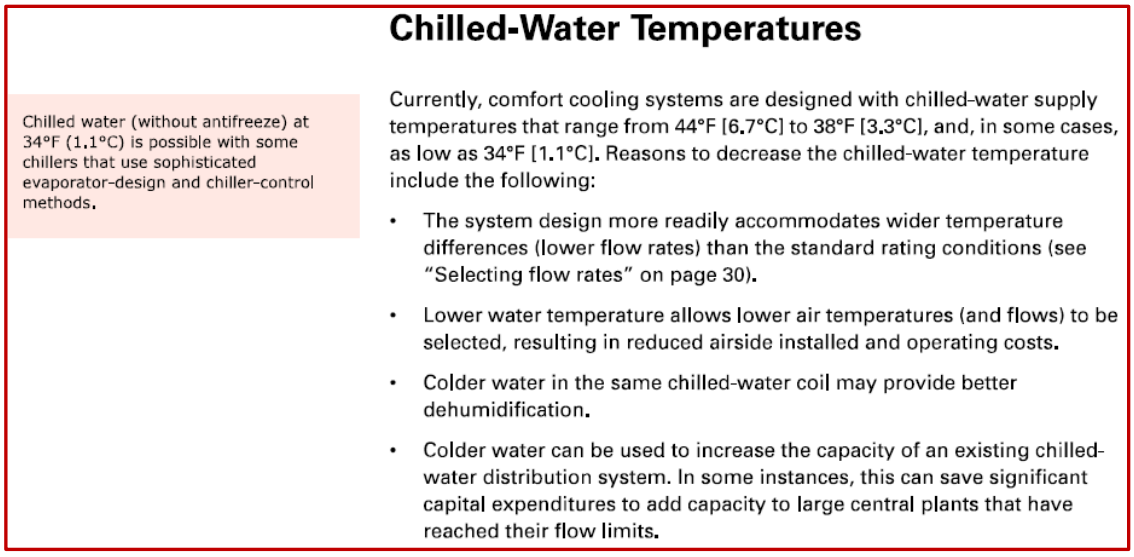
الشكل 40 التهوية بالإزاحة

6.11 زيادة المياه المبردة ودلتا درجة حرارة مياه المكثف

يدرك معظم مصممي أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء ومصنعي مبردات أن دلتا درجة الحرارة الأكثر كفاءة تلك التي تنتج 2.4 جالون دقيقة/طن من المياه المبردة و3.0 جالون دقيقة/طن من مياه المكثف التي تبلغ 5.55 درجة مئوية. وتؤدي زيادة دلتا درجة الحرارة من هذا المعيار إلى تقليل كفاءة المبرد خاصةً إذا كان الاتساع ناتجًا عن انخفاض درجة حرارة إمداد المياه المبردة وزيادة درجة حرارة ماء المكثف الخارج (أو الهواء). تؤدي زيادة درجة حرارة إمداد الماء المبرد وتقليل درجة حرارة ماء المكثف الخارج (أو الهواء) مع الحفاظ على تصميم دلتا تي إلى زيادة كفاءة المبرد (راجع تقنية التحكم في إعادة الضبط في قسم "عناصر التحكم في النظام" 6.28.1). على الرغم من زيادة دلتا درجة الحرارة من كفاءة المبرد، إلا أن طاقة المضخة المطلوبة لنفس التبريد تقل بشكل كبير بالإضافة إلى طاقة مروحة برج التبريد بسبب انخفاض التدفق (انظر القسم 6.12 للحصول على معلومات دقيقة حول توازن طاقة برج التبريد المبرد حول درجة حرارة البصيلة الرطبة المحيطة القابلة للتطبيق). تتمثل الفوائد الإضافية لزيادة دلتا درجة الحرارة في تقليل حجم الأنابيب؛ والملفات الأصغر (وانخفاض الضغط) لوحدات معالجة الهواء ووحدة ملف المروحة؛ وانخفاض ضغط أقل للمبخر والمكثف ما يؤدي إلى انخفاض الإنفاق الرأسمالي وتحقيق وفورات في الطاقة.

بالنسبة لنظام المياه المبردة، يمكن للمبردات الحديثة التعامل مع إمدادات المياه المبردة منخفضة تصل إلى 1.1 درجة مئوية (انظر مقتطف من وثيقة "تراين" أدناه) وعودة المياه المبردة حتى 14 درجة مئوية (حتى لما يصل إلى 16 درجة مئوية لاستخدامات الرطوبة النسبية غير الحرجة). يؤدي انخفاض إمداد المياه المبردة إلى انخفاض نقطة تكاثف الجهاز (ADP) للملف وانخفاض درجة الحرارة خارج الملف ما يؤدي إلى انخفاض تدفق الهواء لوحدة معالجة الهواء ووحدة ملف المروحة لإعادة تدوير الهواء المختلط، وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة للمراوح. يؤدي انخفاض تدفق الهواء إلى قنوات أصغر وتقليل دعامات مجاري الهواء لتقليل النفقات الرأسمالية. كما يقضي الملف الخارج المنخفض أيضًا على الحاجة إلى إعادة التسخين لتطبيق الأحمال العالية الكامنة غير الحرجة؛ والقدرة الكامنة الأعلى للنظام الهوائي المخصص للأماكن المفتوحة في حالة نظام التبريد الإشعاعي وبالتالي تقليل معدل تدفق الهواء المطلوب لتعويض الحمل الكامن للغرفة. يُنصح المصممون بالتنسيق الوثيق للحد الأدنى لمعدل التدفق المطلوب للمبرد عند تصميم واختيار المبردات وتصميم دلتا درجة الحرارة.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



Chilled-Water Temperatures

Chilled water (without antifreeze) at 34°F (1.1°C) is possible with some chillers that use sophisticated evaporator-design and chiller-control methods.

Currently, comfort cooling systems are designed with chilled-water supply temperatures that range from 44°F [6.7°C] to 38°F [3.3°C], and, in some cases, as low as 34°F [1.1°C]. Reasons to decrease the chilled-water temperature include the following:

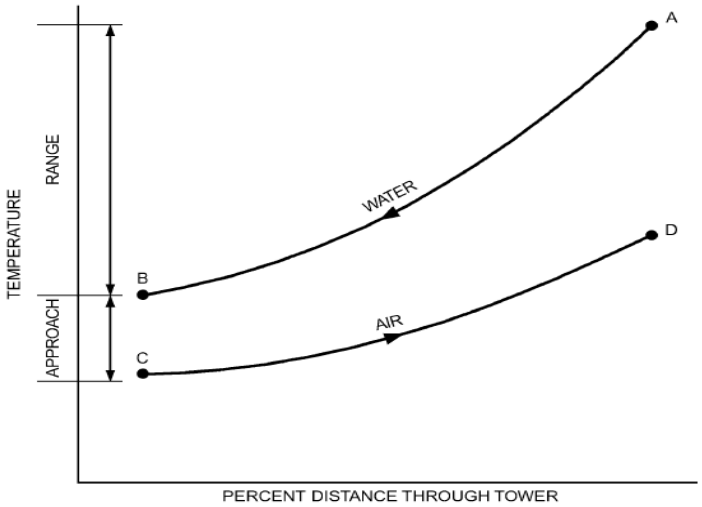
- The system design more readily accommodates wider temperature differences (lower flow rates) than the standard rating conditions (see "Selecting flow rates" on page 30).
- Lower water temperature allows lower air temperatures (and flows) to be selected, resulting in reduced airside installed and operating costs.
- Colder water in the same chilled-water coil may provide better dehumidification.
- Colder water can be used to increase the capacity of an existing chilled-water distribution system. In some instances, this can save significant capital expenditures to add capacity to large central plants that have reached their flow limits.

يتم تقييد المياه الواردة إلى مكثف المبرد بسبب درجة حرارة البصيلة الرطبة للتصميم و"طريقة" برج التبريد. تعتمد درجة حرارة البصيلة الرطبة السائدة على بيانات الأرصاد الجوية على موقع المشروع. يعد أفضل نهج لبرج التبريد في السوق هو 2.8 درجة مئوية (مع الأخذ في الاعتبار وجهة نظر كفاءة استهلاك الطاقة لدرجة حرارة معتدلة للبصيلة الرطبة) باستخدام رشاشات مربعة الشكل، بينما تتراوح المياه الواردة إلى المبرد ما بين 29.5 درجة مئوية إلى 31 درجة مئوية (يمكن استخدام القيمة الأقل لموقع نسبة الرطوبة النسبية السائد المنخفض). عند اختيار نطاق الضغط الثابت للقناة، يجب التنسيق مع الشركة المصنّعة للمبرد لضمان توفر الحد الأدنى من معدل التدفق المسموح به لتجنب التلوث المبكر للمكثف خاصة بالنسبة للمبرد من نوع المكثف متغير التدفق. يؤدي خفض "النهج" و"النطاق" المطلوبين إلى زيادة مساحة البرج والتكلفة الأولى.

6.12 توازن طاقة المبرد وبرج التبريد

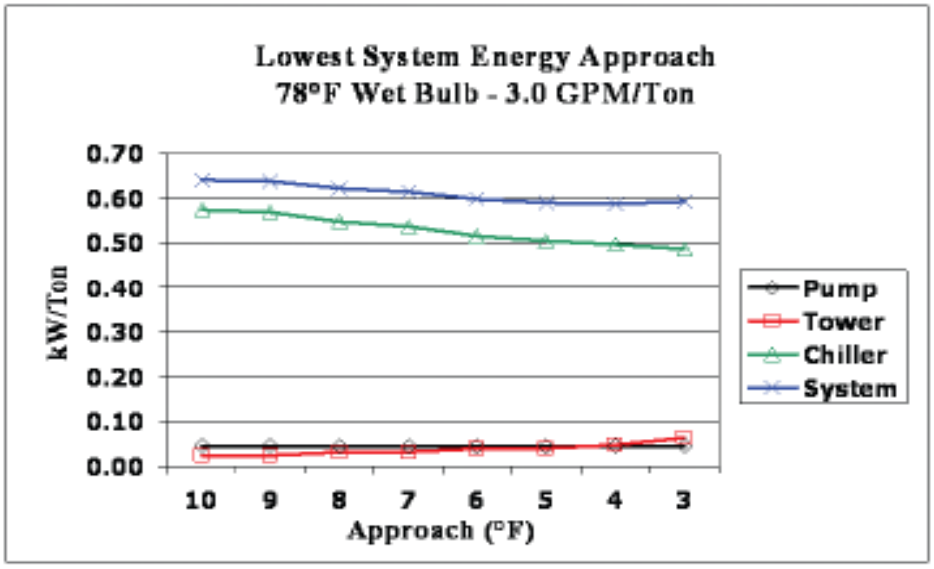
في أي نظام تدفئة وتهوية وتكييف الهواء تمثل الطاقة التي يستهلكها المبرد 85% من الطاقة التي يستهلكها النظام أو 60% من استهلاك طاقة المبنى (انظر الشكل.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



الشكل 41 - علاقة درجة الحرارة بين الماء والهواء في برج تبريد التدفق العكسي

بينما يمثل البرج بما في ذلك دائرة المكثف 6-10 % من استهلاك الطاقة في المبنى. وعلى النحو المبين في القسم 6.11، من الأفضل تصميم مكثف المبرد مع زيادة دلتا درجة الحرارة بحيث يمكن تكبير "نطاق" برج التبريد ولكن هذه التقنية ستقلل من كفاءة المبرد. من الناحية النظرية، كلما كان "النطاق" أوسع، زادت كفاءة ضخ المكثف واستهلاك طاقة مروحة برج التبريد الذي يعوض ويتجاوز انخفاض كفاءة طاقة المبرد. يمثل "النطاق" الفرق في درجة حرارة المياه الواردة إلى المياه الخارجة من برج التبريد بينما يمثل "النهج" الفرق في درجة الحرارة بين المياه الخارجة ودرجة حرارة البصيلة الرطبة للهواء وهو يعد تمثيلا لكفاءة برج التبريد (انظر الشكل 41). كلما انخفض "النهج"، انخفض استهلاك الطاقة لمروحة البرج لكل طن من تبريد المبخر، بين أن "النهج" و"النطاق" يتأثران بدرجة كبيرة بدرجة حرارة البصيلة الرطبة. فكلما انخفضت درجة حرارة البصيلة الرطبة، اتسع نطاق "النهج" عند حمل التبريد الثابت وزيادة طاقة المروحة. وبسبب هذه الحالة غير البديهية، من الضروري معرفة الحالة التي تكون فيها مجموعة كل طاقة المعدات عند أدنى مستوى لكل حرارة مرفوضة بواسطة المكثف. تلعب دراسة توازن الطاقة دورًا مهمًا في تحسين الطاقة.

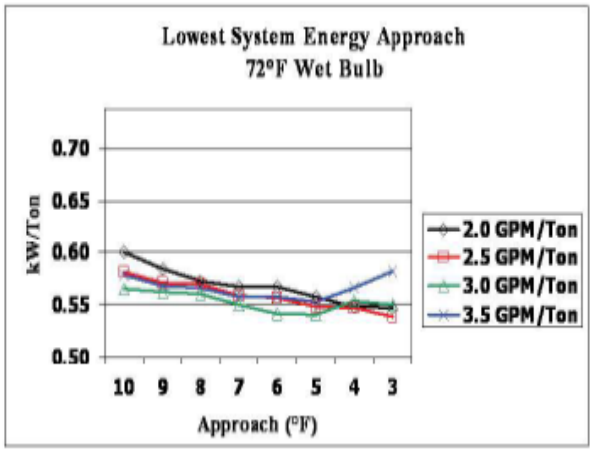


بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

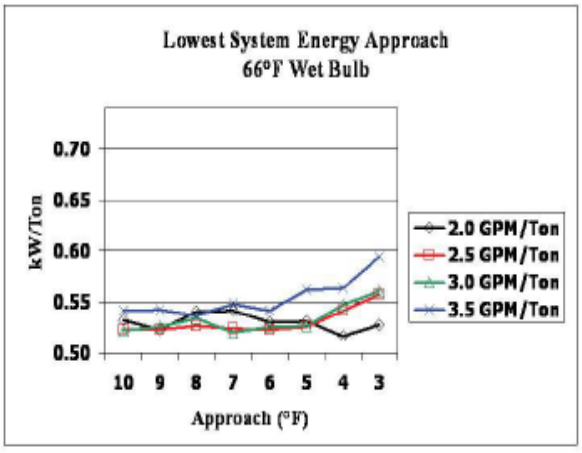
الشكل 41 أ- استهلاك الطاقة لمعدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء

عند ارتفاع درجة الحرارة المحيطة في القل الرطب، لا يعتمد تحسين الطاقة للمبرد وبرج التبريد فقط على "نطاق" برج التبري الأوسع ولكن من خلال توازن الطاقة بين تبديد حرارة المبرد وتصميم المكثف دلتا تي وبرج التبريد "نهج" كما هو موضح في ما يلي بيانات برج التبريد CTI (الأشكال من 42 إلى 45).

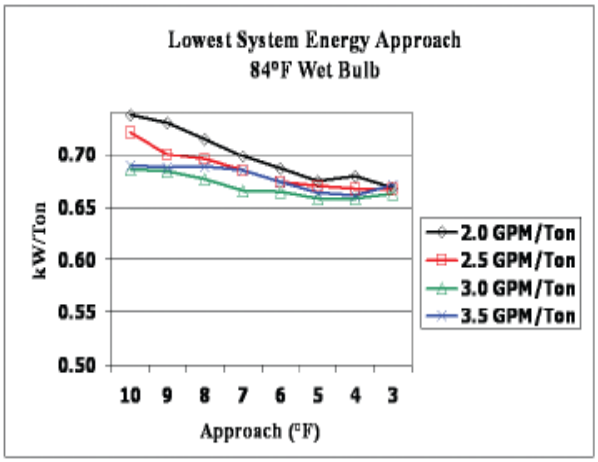
من الشكل أدناه، يمكن استنتاج أن دلتا درجة الحرارة الأوسع (أو "نطاق" برج التبريد الأعلى) لمياه المكثف مفيدة فقط لتوفير الطاقة عند 66 درجة فهرنهايت (18.9 درجة مئوية) للبصيلة الرطبة وأقل. من المثير للاهتمام أن نرى أن "النهج" الأعلى (من 5-10 درجة فهرنهايت) وكذلك "النطاق" الأوسع ليس لهما تأثير إضافي في استهلاك طاقة المبرد وبرج التبريد (الشكل 30) عند درجة حرارة منخفضة للبصيلة الرطبة، على عكس في البصيلة الرطبة الأعلى (من 66 درجة فهرنهايت وما فوق)، وبالتالي فإن "النهج" الأقل يعد إلزاميًا. للحصول على درجة حرارة محيطة أعلى للبصيلة الرطبة، يجب أن تكون درجة الحرارة القياسية 3.0 جالون دقيقة/طن بناءً على دلتا درجة حرارة تبلغ 10 درجات فهرنهايت (5.5 درجة مئوية) أو سيكون "النطاق" و"النهج" الأصغر ميزة.



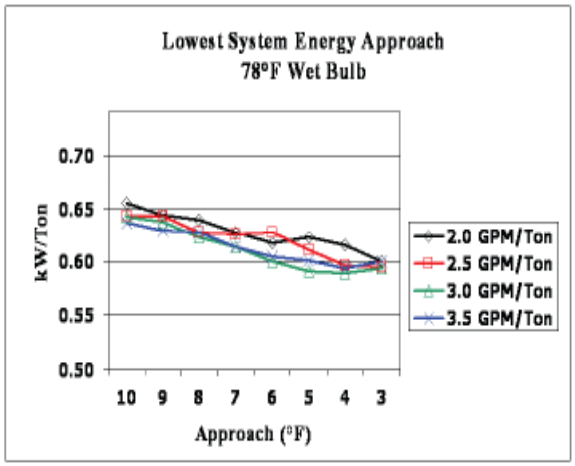
الشكل 42 - استهلاك طاقة المبرد / برج التبريد لكل طن عند 66 درجة فهرنهايت.



الشكل 43 - استهلاك طاقة المبرد / برج التبريد لكل طن عند 72 درجة فهرنهايت.



الشكل 44 - استهلاك طاقة المبرد/برج التبريد لكل طن عند 78 درجة فهرنهايت



الشكل 45 - استهلاك طاقة المبرد/برج التبريد لكل طن عند 84 درجة فهرنهايت

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

لذلك يُنصح المصمم بإجراء دراسة شاملة لبيانات الأرصاد الجوية للمشروع قبل اتخاذ قرار بشأن "النطاق" الأوسع (انخفاض تدفق المكثف) و"النهج". بناءً على الشكل 45، يمكن أن يؤدي التصميم والمواصفات غير المناسبة إلى فرض عقوبة طاقة النظام بنسبة 6% أو أعلى (أو أعلى من 4.2% من استهلاك طاقة المبنى).

6.13 مبردات التبريد الحر

يتضمن التقدم التكنولوجي في المبردات تقنية التبريد الحر لكل من المبردات بالهواء والمبردة بالماء. بالنسبة للتصميم المريح للمبنى يبلغ 24 درجة مئوية و55% رطوبة نسبية (حيث تكون نقطة التكاثف 15 درجة مئوية) وعندما يكون الهواء المحيط أقل من 13 درجة مئوية، أو إذا كان الهواء المحيط بالبصيلة الرطبة منخفضًا بدرجة كافية لإنتاج 13 درجة مئوية أو أقل (عند التشبع) بالمياه على حوض برج التبريد، يمكن استخدام هذا الإعداد للتبريد المسبق للمياه المبردة العائدة إلى المبرد لتقليل العمل والطاقة التي يستخدمها ضاغط التبريد. عندما يتم تصميم نظام توزيع المياه المبردة بشكل صحيح ويتم استخدام صمام التحكم المستقل في الضغط لتحقيق دلتا درجة حرارة التصميم، يمكن تطبيق التحكم المناسب في إعادة ضبط المبرد (بناءً على درجة الحرارة الصادرة من المبادل الحراري للتبريد الحر) لزيادة قدرة المبردات أثناء انخفاض الطلب على التبريد.

إذا تم تصميم دلتا درجة حرارة المياه المبردة عند 14 درجة مئوية، فإن كل درجة مئوية من 13 درجة مئوية (مع الأخذ في الاعتبار نهج 1 درجة مئوية) تمثل توفيرًا بنسبة 7 % في الطاقة التي يستهلكها المبرد قد التشغيل، بشرط أن يكون تدفق سائل المعالجة (الهواء أو الماء) الذي يمتص تدفق الحرارة المنبوذ مصممًا بشكل صحيح.

6.14 مبردات استعادة الحرارة (HRC)

يبدد مكثف المبرد كمية كبيرة من الحرارة ذات درجة الحرارة العالية والتي يمكن استعادتها واستخدامها للتدفئة الأخرى، مثل نظام الماء الساخن المنزلي. يؤدي استخدام مبردات استعادة الحرارة إلى تقليل أو التخلص من عبء الكهرباء المستخدم لتسخين المياه الكهربائية والذي يمثل 15-20 % من إجمالي استهلاك الطاقة للمبنى بدون أو بأقل تكلفة أولية ضمنية. لتعظيم الحرارة التي يبددها المكثف ولتلائم متطلبات التسخين، يجب تصميم ترتيب نظام المياه المبردة بحيث يكون لمبردات استرداد الحرارة "تحميل تفضيلي". يضمن "التحميل التفضيلي" أن مبردات استعادة الحرارة ستعمل دائمًا بكامل طاقتها حتى عند الحد الأدنى من متطلبات حمل تبريد المبنى.

يجب أن يأخذ مصمم نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء في الاعتبار التوازن بين متطلبات التسخين وتبديد حرارة مكثف مبردات استعادة الحرارة عند الحد الأدنى من حمل تبريد المبنى.

6.15 مبردات الامتصاص ذات التأثير المزدوج

في بعض الحالات، هناك مشاريع مثل محطات توليد الطاقة التوربينية التي تخلصت من الحرارة المستنفدة بواسطة التوربين مباشرة في الغلاف الجوي أو تم تبريدها بواسطة نظام تبريد مياه البحر. يمكن إعادة استخدام الحرارة التي تم التخلص منها باستخدام مبردات امتصاص ذات تأثير مزدوج والتي تستخدم تأثير تبخير من مرحلة مزدوجة باستخدام مصدر حرارة متوسط الدرجة (مصدر حرارة من 120 درجة مئوية إلى 185 درجة مئوية). يعتمد تحقيق وفورات في الطاقة باستخدام هذا النوع من المبردات على كمية مصدر الحرارة المتاح.

وقد طورت التكنولوجيا حاليًا نظام تسخين الماء الساخن بالطاقة الشمسية كمصدر للتدفئة المتوسطة الدرجة التي يمكن استخدامها لمبردات الامتصاص ذات التأثير المزدوج لتقليل أو التخلص من عبء الطاقة من المبردات الكهربائية.

6.16 المبردات باستخدام الأمونيا

كان استخدام مبردات الأمونيا مقصورًا في الماضي على نظام التبريد بسبب القابلية للاشتعال والسمية إذا تم إطلاقها عن طريق الخطأ بتركيز عالٍ. ونظرًا للمنافسة الحالية لتقليل استهلاك الطاقة، أصبحت مبردات الأمونيا تنافسية للغاية في السوق والتركيزات الحالية لمعظم مصنعي المبردات. تحتوي الأمونيا على أعلى محتوى حراري عند درجة حرارة التبخر البالغة 4.4 درجة مئوية من تشبع السائل إلى البخار مقارنة بأي مبرد موجود ما يؤدي إلى انخفاض تدفق مادة التبريد لكل كيلوجول من الحرارة الممتصة في المبخر. ينتج عن هذا تقليل معدل التدفق ضاغط أصغر واستهلاك أقل للطاقة.

تكشف مقارنة معامل الأداء النظري للحمل الكامل (COP) بين الأمونيا ومادة التبريد المعروفة بـ R-134a عند درجة حرارة تبخر 4.4 درجة مئوية ودرجة حرارة المكثف 50 درجة مئوية عن خصائص أفضل للأمونيا (تزيد كفاءة الأمونيا بمقدار 8.3% تقريبًا عن كفاءة مادة التبريد R-134a)، بيد

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

أن هذه الميزة تتأثر سلبًا نظرًا لتصميم الضاغط والقيود (تستخدم مبردات الأمونيا إلى حد كبير ضواغط ترددية ذات خسائر احتكاك أعلى). راجع المقتطف أدناه من جونسون كنترولز ويورك:

تشتمل ميزة استخدام الأمونيا على (1) إمكانية تحذير عالمية صفرية وإمكانية استنفاد الأوزون، (2) ومتوفرة بشكل طبيعي ورخيصة جدًا، (3) ويتم الحفاظ على الكفاءة العالية عند التحميل الكامل باستمرار عند التحميل الجزئي لمحرك الأقراص ذات السرعة المتغيرة، (4) ومؤهلة للحصول على تقدير معيار LEED EA 4- الإدارة المحسنة للتبريد. إذا كانت اللوائح المحلية تسمح وتقوم بدمج أنظمة الأمان (مثل نظام الكشف عن الأمونيا ونظام العادم في الطوارئ)، فإن استخدام مبردات الأمونيا يجب أن يكون له الأولوية عند الرغبة في تخفيض استهلاك الطاقة.

- What are the key markets for ammonia today?

Industrial Refrigeration: Today, ammonia remains the most cost-effective and energy-efficient option for all types of industrial equipment. In fact, R717 makes up 15% of the total refrigerant market. R717 is expected to remain the preferred choice for large installations once ozone-depleting substances will be ruled out under international agreements. In the US and Canada ammonia is well regulated and enjoys a wide-spread use. In Europe, R717 has been widely adopted for industrial refrigeration in the UK and Germany but is more tightly regulated in France, Belgium, the Netherlands and Italy, and it is consequently less common. It is the most common alternative to HFCs for larger systems in Scandinavia, mainly as a result of restrictions and taxation on greenhouse gases. First installations in Australia have proved the efficiency of R717 plants. As a most recent example, ammonia freezes 6000 head of lamb every day in one of Australia's largest meat processing companies, being capable of freezing 1610 bulk packed export meat cartons with a 24-hour turn around.

Commercial Refrigeration: The use of ammonia in cascade supermarket refrigeration systems is growing, especially in countries with stringent limitations on the use of HCFCs and HFCs, such as Scandinavia.

Chillers: Although the use of R717 is still limited, this market is expected to grow. As a most recent example, a central ammonia chilling plant provides continuous supply of hot and chilled water for heating and air conditioning to Terminal 5 of London's airport Heathrow.

Heat pumps: R717 has been applied in medium-size and large capacity heat pumps, mainly in Scandinavia, Germany, Switzerland, and the Netherlands.

6.17 التبريد بالتبخير

التبريد بالتبخير عبارة عن تقنية تستخدم لتبريد الهواء عن طريق تبخير الماء بدلا من دورة ضغط البخار مع استخدام مادة مبردة، وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة الكهربية مقابل استهلاك المزيد من الماء. تعتمد عملية ترطيب الهواء أو عملية تجفيف الهواء من الرطوبة أثناء عملية التبريد بشكل أساسي على درجة حرارة الماء الذي يتم رشه. تزيد عملية رش الماء أو عملية التبخير من سطح التماس بين الهواء و الماء، وبالتالي زيادة أثر التبريد. تستخدم عملية التبريد بالتبخير بشكل أساسي في تبريد الهواء المستخدم للتهوية مثل الهواء الخارجي ودورة الهواء في مكيفات الهواء إذا كانت المياه نظيفة ومتوفرة بتكلفة مناسبة. في عملية التبريد بالتبخير، تلعب ثلاثة (3) عوامل رئيسية دورًا هامًا وهو: (1) درجة حرارة البصيلة الجافة، (2) درجة حرارة البصيلة الرطبة، (3) درجة حرارة الماء الذي يتم رشه. تعد درجة حرارة البصيلة الرطبة أقل درجة حرارة يمكن للهواء المشبع تحقيقها إذا تم رش الماء المدار بشكل كافٍ. تدل درجة حرارة البصيلة الجافة (أو التي يمكن استبدالها بالنسبة المئوية للرطوبة النسبية (RH%)، على كمية الماء الذي يتعين تبخيرها للحصول على التبريد المحسوس المطلوب في بصيلة رطبة ثابتة. ينتج عن توفير التبريد الخارجي لرذاذ الماء درجة حرارة بصيلة جافة أقل، وإذا تم تبريد الماء أقل من درجة حرارة نقطة التكاثف قبل الرش حينئذ تتم عملية التجفيف من الرطوبة. إذا كانت درجة حرارة رذاذ الماء الذي تم رشه أعلى من درجة حرارة نقطة التكاثف، فسيتشبع الهواء بالرطوبة. في حالة توفير التسخين الخارجي لرذاذ الماء الذي يتم رشه أقل من درجة حرارة البصيلة الجافة، فسيحدث تشبع الهواء بالرطوبة والتبري فوق خط مستقيم لدرجة حرارة بصيلة رطبة ثابتة كما في حالة أبراج التبريد.

عند استخدام التبريد بالتبخير في أبراج التبريد من النوع المفتوح، يتم تقليل الطاقة المستخدمة في التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بمقدار النصف حيث إن المبرد يعد المستهلك الرئيسي للطاقة الكهربية التي تشكل انخفاضًا بنسبة 25-30% في طاقة المبنى. في حالة أبراج التبريد المغلقة، يقل خفض الطاقة بنسبة 3-5% بسبب المضخة الإضافية الخاصة بتدوير سوائل المعالجة.

يمكن أن تحسن عملية التبريد بالتبخير من استخدام تقنية التبريد بالتبخير ثنائية المراحل إذ يتم رش الماء في هواء العادم من المبنى لتقليل درجة حرارة البصيلة الجافة قبل المرور في مبادل حرارة الهواء (تبريد غير مباشر بالتبخير). يمر الهواء الخارجي الساخن (OA) عبر الجانب الآخر من المبادل الحراري حيث يحدث التبادل الحراري، وينتج عن ذلك درجة حرارة بصيلة جافة أقل للهواء الخارجي الداخل. ويذهب الهواء الخارجي (OA) عندئذ إلى التبريد المباشر بالتبخير كما أوضحنا أعلاه لتقليل درجة حرارة البصيلة الجافة بشكل أكبر.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

6.18 التبريد المسبق أثناء الليل

تطبق هذه التقنية للمباني المأهولة نهارًا وتتطلب تشغيل وحدة معالجة الهواء الميكانيكي للتبريد المسبق للحوائط الداخلية للمبنى بوسائل التبريد الميكانيكي أو تبريد الهواء المحيط الطبيعي خلال ساعات الليل. يستخدم التبريد خلال الليل عندما يكون الهواء المحيط أبرد ويكون جافًا خلال ساعات الليل أو تكون تكلفة الكهرباء أرخص خلال ساعات الليل. تعمل الكتلة الحرارية للمبنى (الحوائط الخارجية والحوائط الداخلية) بمثابة أحواض حرارية لتخزين البرودة واستخدامها خلال النهار لامتصاص الحرارة والعمل على استواء خط استهلاك الطاقة للمبنى خلال ساعات تبريد الذروة.

يستخدم التبريد المسبق خلال الليل باستخدام الهواء المحيط عندما يكون الهواء أبرد ويكون جافا خلال الليل مقارنة بساعات النهار. تعتبر هذه التقنية فعالة جدًا أيضًا في طرد ملوثات الهواء وانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة الضارة الأخرى (VOC) للحصول على جودة هواء داخلي (IAQ) أفضل. يجب على مصمم نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء أن يضع في اعتباره أثر النسبة العالية للرطوبة النسبية (%RH) في المكونات الداخلية للمبنى لتجنب امتصاص الرطوبة التي تعمل بمثابة حمل كامن (الامتزاز) خلال نشاط نظام التبريد في النهار.

يكون التبريد الميكانيكي أو تكييف الهواء الجاف بسائل منخفض التدفق (LDAC) (انظر القسم 6.5 لمعرفة المزيد من التفاصيل عن تكييف الهواء الجاف بسائل منخفض التدفق) مطلوبًا للاستخدام لتخفيض محتوى الرطوبة عندما تكون أبرد خلال ساعات الليل. يستخدم التبريد الميكانيكي أيضًا في المباني ذات الكتلة الحرارية المرتفعة، حيث تعمل كلا الحوائط الخارجية والداخلية كأحواض حرارية (تخزن البرودة) وتقلل متطلبات التبريد خلال ساعات التبريد وقت الذروة. يحول استخدام الكتلة الحرارية للمبنى كأحواض حرارية الاستهلاك الأقصى للطاقة خلال النهار إلى ساعات الليل، وذلك مستخدم بشكل أكبر في المشروعات ذات معدلات الاستخدام الأعلى خلال النهار.

يعتمد وقت التشغيل على خصائص المبنى والغرض من التبريد المسبق خلال الليل. إذا كان الغرض هو الحصول على جودة هواء داخلي (IAQ) للكتلة الحرارية، فيمكن تفعيل وحدة معالجة الهواء من 15 إلى 30 دقيقة. بالنسبة للمبنى ذي الكتلة الحرارية العالية (ولنفترض تأخر الوقت الحراري بمقدار 10 ساعات)، يكون للجدار الغربي أعلى إشعاع شمسي عند الثانية ظهرًا وسيصل إلى سطح الحوائط الداخلية تقريبًا عند الثانية عشر صباحًا. يتطلب الأمر نصف التأخر الزمني الحراري (4 ساعات أو أقل) للتخلص من الحرارة المخزنة في الجدران الخارجية حيث يكون كلا الجانبين أكثر برودة. إذا كان المبنى يتم شغله عند الثامنة صباحًا، فحينئذ يجب تطبيق التبريد المسبق خلال الليل باستخدام الهواء الطبيعي تقريبا الساعة الرابعة صباحًا أو تقريبا لمدة 2-3 ساعات قبل شغل المبنى للتبريد المسبق خلال الليل من النوع الميكانيكي. يمكن تحديد الوقت الدقيق حيث يفضل تنشيط التقنية بناءً على خواص الكتلة الحرارية للمبنى والاستخدام وذلك باستخدام برنامج نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء.

6.19 التبريد والتدفئة الإشعاعية

تستخدم تقنيات التبريد والتدفئة الإشعاعية أسطح المبنى الداخلية التي يتم التحكم في درجة حرارتها مثل الحوائط، والأرضيات، والأسقف التي يتم تبريدها أو تدفئتها من خلال إعادة تدوير النظام الهيدرونيك. ينتقل الإشعاع الحراري في خط مستقيم بسرعة الضوء بين جسمين مختلفين في درجة الحرارة بلا أدنى أثر أو بأثر لا يكاد يذكر على الهواء المحيط. وتتمثل أشهر التطورات التقنية في الأسقف المبردة أو الكمرات المبردة سواء كانت ذات نظام غير نشط أو نشط (نظام تدفئة وتهوية وتكييف هواء هجين أو ذو حمل مشترك). يستخدم النظام (الهجين) النشط أنظمة دفئة وتهوية وتكييف هواء أخرى مثل (النظام الهوائي المخصص للأماكن المفتوحة (DOAS) للتدفق الأساسي للهواء، ويكون ضروريًا لزيادة قدرة اللوحة الإشعاعية لتناسب بعض التطبيقات حيث إن النظام غير النشط يتمتع بقدرة محدودة جدًا (بالواط/المتر المربع). يطرد الجسم البشري حرارة إشعاعية بنسبة 40-45%، 40% حرارة كامنة، والباقي كحرارة حمل حراري. تشع الأجهزة المنزلية (غير المرتبطة بالطهي) والأجهزة المكتبية 80% من الحرارة الإشعاعية و20% من حرارة الحمل الحراري. تصدر لمبات الإضاءة الفلوروسنت 50-50% إشعاعًا حراريًا وحرارة الحمل الحراري بالتساوي. بينما تعمل أنظمة تكييف الهواء ذات الهواء المختلط المعدة عند درجة حرارة 24 درجة مئوية و50% رطوبة نسبية لضمان الحصول على راحة قصوى، بمبدأ حرارة الحمل الحراري والحرارة الكامنة في التبريد. يعمل التبريد الإشعاعي النشط بشكل أساسي بمبدأ الإشعاع الحراري، وبعد ذلك بمبدأ نقل الحمل الحراري والحرارة الكامنة حيث لا تنطبق معايير التبريد المريحة شائعة الاستخدام، ويمكن استخدام درجة حرارة البصيلة الجافة الأعلى في الغرفة (للمكاتب، 25 - 26 درجة مئوية عادة ما تكون مقبولة ومريحة في معلمة التبريد القصوى باستخدام حرارة الحمل الحراري والحرارة الكامنة). تكون دلتا درجة حرارة المياه المبردة محدود (عادة 3 درجات مئوية) بسبب زيادة درجة حرارة مياه الإمداد المبردة (عادة 13 درجة مئوية لدرجة حرارة نقطة التكاثف في الغرفة والبالغة 14 درجة مئوية) لتجنب التكثيف. يجب أن تكون درجة حرارة البصيلة الجافة للهواء الخارجي منخفضة بشكل كافٍ لتعوض الحمل الحراري الكامن والمعادة تسخينه لتجنب التكثيف (انظر القسم 6.8 لمعرفة تصميم النظام الهوائي المخصص للأماكن المفتوحة باستخدام اللوحة الإشعاعية).

هناك تطبيقات محدودة للتبريد أو التدفئة الإشعاعية ويتم تطبيقها في المشروعات حيث يكون معدل نقل الحرارة في الإشعاع الحراري مقارنة بالحمل الحراري أو الحرارة الكامنة 50% أو أعلى. يعتبر الارتشاح حملاً حراريًا صرفًا (وكامنًا في المناطق الرطبة)، وبالتالي، فإن قشرة المبنى تلعب دورًا مهمًا في نجاح هذه الآلية. للتبريد الإشعاعي/التدفئة الإشعاعية النشطة قدرات تبريد وتدفئة محدودة (يبلغ الحد الأقصى تقريبًا 100 واط/متر مربع) ولا يمكن تطبيقها في حمل التبريد أو التدفئة عالي الكثافة.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

تأتي الوفورات في الطاقة باستخدام هذه التقنية بشكل أساسي من حقيقة أن معيار التبريد المريح (مثل درجة حرارة البصيلة الجافة في جو الغرفة) تزيد بسبب نقص حمل التبريد المحسوس. يقلل التبريد الإشعاعي النشط أو التدفئة الإشعاعية النشطة من طاقة المروحة بشكل كبير مقارنة بنظام إعادة تدوير الهواء المختلط، حيث إن الهواء الخارجي المطلوب عادة ما يكون كافيًا للحصول على معدل الاستنزاف المطلوب (معدل الهواء الثانوي إلى الهواء الأساسي) لأغراض الحث والتحفيز. وحيث إن درجة حرارة إمداد المياه المبردة أعلى (خاصة بالنسبة لنسبة الرطوبة النسبية الأعلى المسموح بها في الغرفة)، يمكن تبني التبريد الحر بسهولة كوسيلة لتوفير الطاقة باستخدام أدوات توفير الطاقة (انظر القسم 6.13 لمعرفة مفهوم التبريد المجاني والقسم 6.23 لأدوات التوفير في التدفئة والتهوية وتكييف الهواء) لتقليل الطاقة المستهلكة بواسطة المبردات.

يفرض التنسيق بين مصمم نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء والمهندس المعماري تحديًا هائلا على المشروع للاستفادة من هذه الآلية. تكون التكلفة الأولى وكذلك تكلفة التركيب أعلى مقارنة بالأنظمة الأخرى للتدفئة والتهوية وتكييف الهواء ويجب أن يتم تصميم النظام بشكل ملائم لتجنب التكثيف. ينصح مصمم نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بالدراسة المتأنية لتأثير تعويض الحمل الكامن للتصميم الذي ينتج عنه تدفق مرتفع للهواء الخارجي لاستخدامه في حالة الإشغال مرتفع الكثافة للمبنى.

6.20 التحكم في التهوية حسب الطلب (DCV)

التحكم في التهوية حسب الطلب (DCV) عبارة عن تقنية لتحقيق وفورات في الطاقة تقلل هواء الإمداد اللازم للتهوية (بالنسبة للهواء الخارجي والهواء المكمل)، أو هواء العادم (في حالة نظام عادم المطبخ المركزي)؛ أو توليفة منهما معًا، حسب الخفض في الطلب.

بالنسبة للتهوية بالهواء الخارجي باستخدام التحكم في التهوية حسب الطلب، فإن التقنية أكثر ملاءمة للإشغال المتوسط إلى المرتفع في المباني. تتم مراقبة التباين في تدفق الهواء الخارجي من خلال جهاز استشعار ثاني أكسيد الكربون أو رابط جهاز استشعار شغل المكان (الأشعة تحت الحمراء) بنظام إدارة المباني (BMS) للتحكم في مخمدات حجم الإمداد العاملة بمحركات.

يستخدم التحكم في التهوية حسب الطلب (DCV) نظام عادم المطبخ المركزي الذي يتطلب تنسيق وثيق بين الغطاء المخصص ومورد وحدة التحكم في التهوية حسب الطلب، ومقاول نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الرئيسي، وبائع/عامل تركيب نظام إدارة المبنى. يتم توصيل التحكم في تدفق هواء العادم من خلال جهاز استشعار درجة حرارة الغطاء ومراقبة جهاز الاستشعار بالأشعة تحت الحمراء (جهاز استشعار الدخان). ترسل البيانات التي يتم جمعها إلى وحدة تحكم التحكم في التهوية حسب الطلب في الغطاء والتي تتحكم في مخمد الحجم العامل بمحركات لزيادة أو تقليل تدفق الهواء. تتم عملية مراقبة تدفق هواء العادم من خلال مقياس التدفق المثبت في كل وصلة عادم رئيسية للغطاء. يجب ضمان استمرار التوازن الثابت بين معدل تدفق العادم والهواء التعويضي في الوحدة في جميع الأوقات ويتم ذلك عبر واجهة وحدة التحكم الخاصة بالتحكم في التهوية حسب الطلب مع وحدة تحكم نظام إدارة المبنى، مع توفير برمجة ولوغاريتمات صحيحة لتعديل حجم الهواء التعويضي داخل المبنى وصناديق الحجم المتباين للهواء في الغطاء. يأمر نظام إدارة المبنى بدوره وحدة تحكم وحدة معالجة الهواء لتعديل سرعة مروحة وحدة معالجة الهواء بسبب النقص في تدفق الهواء التعويضي داخل المبنى.

يستخدم التحكم في التهوية حسب الطلب المستخدم في نظام عادم مواقف السيارات، سواء كان ذلك عبر أنابيب أو باستخدام مراوح نفاثة نفس مبدأ التحكم في التهوية حسب الطلب في المطابخ فيما عدا أن الهواء التعويضي عادة ما يستخدم حيث إن مواقف السيارات بها فتحات ضخمة للهواء التعويضي. عادة ما تختلف سرعة المروحة (3 ساعات تغيير الهواء و6 ساعات تغير الهواء) في تعويض الطلب الذي يحدده جهاز استشعار ثاني أكسيد الكربون.

تأتي الوفورات في الطاقة للتحكم في التهوية حسب الطلب في الهواء الخارجي وتهوية المطابخ أساسًا من الوفورات في الطاقة من المبردات وضخ المياه المبردة، والمراوح، وطاقة تشغيل وحدة معالجة الهواء بسبب متطلبات التبريد المنخفضة. ينتج عن التحكم في التهوية حسب الطلب في مواقف السيارات تحقيق وفورات في الطاقة بشكل رئيسي من مراوح العادم والمراوح النفاثة.

6.21 نظام حجم الهواء المتغير (VAV)

نظام حجم الهواء المتغير (VAV) عبارة عن استراتيجية توزيع هواء لتقليل إمداد هواء التهوية لمكان مشغول خلال فترات التبريد المنخفض أو الحمل الحراري المنخفض بسبب التغير في الحمل الشمسي، والإشغال، وتبديد حرارة المعدات. يجب تطبيق نظام حجم الهواء المتغير في المناطق الخارجية (الغرف المرفقة بواجهة المبنى أو الأرضيات المرفقة ببلاطات السقف) أو عندما يكون إشغال المبنى أو تبديد الحرارة متغيرًا بشكل دوري. في حالة استخدام نظام حجم الهواء المتغير مع الإشغالات، فإن أنواع الإشغال يجب أن تطوق بشكل ملائم حيث إن معيار ASHARE 62.1 (الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء) يتطلب التزامًا صارمًا بكمية الهواء الخارجي الذي يجب توصيله داخل المساحة مقابل الفرد الواحد الموجود بالمساحة خاصة في المناطق ذات معدل الهواء المنخفض. يجب عدم خلط أنواع الإشغال المتعددة (التي تتطلب 2.8 لتر/ثانية لكل شخص) مع نوع إشغال فصول الفنون (الذي يتطلب 9.5 لتر/ثانية)، حيث يجب استخدام الهواء الخارجي اللازم لإمداد معدل الهواء المناسب للإشغال ذات أعلى المتطلبات في تحديد إجمالي كمية الهواء الخارجي التي سيتم توريدها إلى وحدة معالجة الهواء. يؤدي التقسيم غير الملائم للمناطق إلى زيادة هائلة في

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الهواء الخارجي ما يؤدي إلى زيادة في استهلاك الطاقة لمعالجة وتبريد المتطلبات المتزايدة للهواء الخارجي، وهو أمر لا يتناسب مع الغرض من نظام الحجم المتغير للهواء. ينتج تحسين الطاقة لنظام الحجم المتغير للهواء أساسًا من تحقيق وفورات في طاقة المروحة.

بالنسبة للغرف النظيفة والتطبيقات الأخرى ذات متطلبات (التغير الأدنى للهواء) و(التحكم الاتجاهي)، يجب أن يحذر المصمم من الفرق بين تدفق الهواء المحسوب وحجم الغرفة و تغير الهواء في تدفق الهواء المحسوب بسبب حمل التبريد. إذا كان إجمالي تدفق الهواء الناتج بسبب الحد الأدنى لتغير الهواء أعلى أو قريب من حمل التبريد الإجمالي لتدفق الهواء، يجب عدم استخدام نظام الحجم المتغير للهواء نظرًا لعدم وجود فرصة لتحقيق توفير في طاقة المروحة.

فيما يتعلق بتحسين الطاقة، يشكل تقسيم الغرفة باستخدام نظام الحجم المتغير للهواء تحديا هائلا لمصمم ومهندسي أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء. في الممارسة الفعلية، دائمًا ما يكون التقسيم المناسب للمناطق غير مدروس خلال عملية التصميم بسبب تعقيدات خاصة في الرعاية الصحية وأنواع أخرى من الإشغال حيث تتطلب قوانين الحريق وسلامة الحياة (FLS) تقسيم المناطق بشكل منفصل ووضع نظام هندسي للتحكم في الدخان.

6.22 نظام التخزين الحراري - تخزين الثلج ونظام تخزين المياه المبردة.

يعمل نظام التخزين الحراري بمبدأ إضافة أو إزالة الحرارة إلى وسيط التخزين للاستخدام في وقت آخر. أثناء الليل حيث يكون الحمل الشمسي في أدنى مستوى (كما هو الحال مع حمل التبريد في المبنى) أو يكون هناك انخفاض كبير في حمل التبريد، يقوم نظام المياه المبردة بتحويل الحمل إلى وسيط التخزين الحراري بحيث تظل جميع مبردات النظام تعمل بكامل طاقتها. وخلال اليوم الذي تكون فيه عملية التبريد في ذروتها، يتم استخدام الطاقة المخزنة حراريًا للتبريد الإضافي. يعتمد تطبيق التقنية وتحسين الطاقة على خصائص حمل المبنى ونوع جهاز التبريد المستخدم. يؤدي اختيار هذه التقنية دون الفهم الكامل لما تم ذكره أعلاه إلى ارتفاع في تكلفة الطاقة. توضح الأقسام التالية ما يجب على المصمم مراعاته:

1. خواص حمل المبنى - في الوقت الحاضر، يدرك بعض مالكي المباني والمهندسين أن زيادة كتلة المبنى تقلل من متطلبات التبريد/التدفئة المطلوبة ويعتمد حجم الوفورات في الطاقة على نوع الإشغال ووقت الاستخدام. فالمبنى ذو كتلة حرارية عالية يعمل على مدار 24 ساعة له مظهر حمل حراري ثابت طوال 24 ساعة، بينما المبنى ذو كتلة حرارية عالية يعمل 10 ساعات يحدث له انخفاض في الحمل الحراري في وقت متأخر من الليل. يتميز المبنى ذو الكتلة الحرارية المنخفضة على مدار 24 ساعة بتراجع في ملف الحمل الحراري بمجرد غروب الشمس. يجب ألا تستخدم المشاريع ذات الخصائص الحرارية المستقرة تقنية التخزين الحراري.
2. بالنسبة لنوع جهاز التبريد المستخدم - والذي تمت مناقشته في القسم 6.9، فإن المحرك ذا السرعة المتغيرة (VSD) أقل كفاءة في الحمل الكامل مقارنة بنظرائه من المحركات ذات السرعة الثابتة (في حين أن نوع المحرك ذي السرعة المتغيرة فعال جدًا في الحمل الجزئي بالمقارنة مع المحركات ذات السرعة الثابتة. نظريًا، هناك حاجة للمحركات ذات السرعة الثابتة في النظام الذي يستخدم نظام التخزين الحراري ولكن هذه ليست هي الحالة. يعرف مصمم التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الجيد المشكلة المتعلقة بقيمة دلتا المنخفضة لدرجة الحرارة وهذا يجبر مصمم أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء على استخدام المحركات ذات السرعة المتغيرة (خاصة في نظام التبريد المركزي) حيث إن المبردات ستعمل دائما عند حمل جزئي على الرغم من وجود حمل كاف للتشغيل بالحمل الكامل. انظر القسم 6.1 للاطلاع على الحل المقترح لهذه المشكلة باستخدام صمامات التحكم المستقل في الضغط.

يعد التخزين الحراري بشكل عام مفيدًا إذا كانت تكلفة الكهرباء في الليل أرخص من النهار وقد لا يكون ذلك قابلا للتطبيق في المملكة العربية السعودية. وهو يستخدم تمامًا مثل تقنية التبريد المسبق في الليل لنقل حمل التبريد لجهاز المبرد من وقت النهار إلى وقت الليل، والعمل على استواء خط استهلاك الطاقة للمبنى خلال ساعات تبريد الذروة. كما أنها تقلل من حجم وقدرة الخدمات الكهربائية لأن التخزين الحراري لا يحتاج إلى كهرباء، ما يقلل من التكلفة الأولية للمشروع.

تعتبر المساحة أحد الاعتبارات الرئيسية لتحديد مواقع الخزانات الكبرى. تتميز وحدة تخزين الثلج بحجم خزان أصغر حيث يتم استخدام القدرة الكامنة للمياه كميزة للتخزين الحراري ولكنها تشكل تحديًا كبيرًا للمصمم بسبب التوسع الحراري للماء والثلج. يتمدد الماء من درجة حرارة أقل من 4 درجات مئوية و يتوسع بشكل كبير عند التحول إلى الثلج.

6.23 عامل توفير الهواء والماء

يرتبط عامل توفير الهواء بترتيب القنوات، والمخمدات، وأجهزة الاستشعار، والمعدات، وأدوات التحكم في نظام توزيع الهواء للاستفادة من الهواء الخارجي البارد والقنوات الخارجية ومقاومة المعدات أثناء الطقس البارد أو المعتدل للتخلص من أو تقليل الحاجة إلى التبريد الميكانيكي، وبالتالي توفير الطاقة.

يرتبط عامل توفير المياه بترتيب الأنابيب، وصمام التحكم الآلي، وأجهزة الاستشعار، والمعدات، والمبادل الحراري، وأدوات التحكم في نظام التوزيع الهيدرونيك للاستفادة من انخفاض درجة حرارة البصيلة الجافة أو انخفاض درجة حرارة البصيلة الرطبة أثناء المناخ البارد، والمعتدل، والجاف للتخلص من الحاجة إلى التبريد الميكانيكي أو تقليله، وبالتالي توفير الطاقة. يمكن دمج عامل توفير الماء في مبردات المكثف المبردة بالماء المجهزة بنظام التبريد الحر (انظر القسم 6.13 لمزيد من الإيضاح) أو نظام منفصل لجهاز التبريد المبرد بالهواء.

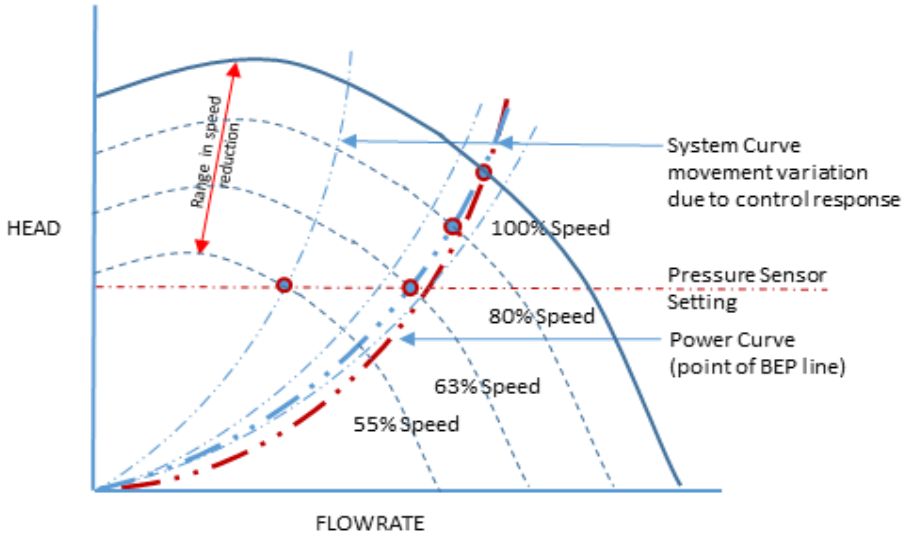
بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

6.24 تجنب الملحقات الثابتة عالية المقاومة في نقطة مؤشر توزيع الهواء

في مشاريع المستشفيات حيث يكون من المعتاد وضع مرشحات كفاءة جسيمات الهواء العالية Hepa في محطات الهواء الطرفية (أو منافذ الهواء) وفقًا لما يتطلبه دليل تطبيق الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء، ينصح بتحديد موقع المرشح في جانب تصريف مروحة الإمداد الداخلية في وحدة معالجة الهواء في حالات معينة بسبب توفير الطاقة. على سبيل المثال، فإن وحدة معالجة الهواء المركزية تخدم منطقة أغلبيتها غرف المرضى العادية (مع متطلبات انخفاض ساعة تغير الهواء - تغيير الهواء لكل ساعة) وغرف العزل الوقائي (حيث تكون هناك حاجة لمرشحات من نوع Hepa)، وجميع الغرف موجودة في الواجهة مع ارتفاع الحرارة الشمسية بحيث يمكن أن يصل الحد الأدنى لتدفق الهواء المحسوب من وحدة معالجة الهواء إلى الحد الأدنى للسرعة (من 25% إلى 30% من السرعة الكاملة). في حال وجود مرشح كفاءة جسيمات الهواء العالية في منفذ المحطة الطرفية التي تخدم غرفة العزل، فإن إعداد جهاز استشعار الضغط الموجود عند 4/3 من دائرة القناة سيتراوح من 350 إلى 400 باسكال تقريبًا (لاحظ أن مرشح Hepa المركب حديثًا يتضمن انخفاض الضغط من 125 إلى 150 باسكال وتكون هناك حاجة للاستبدال عندما يصل إلى 300 باسكال ومن هنا يتم إعداد جهاز استشعار الضغط في هذه الحالة بالإضافة إلى انخفاض الضغط من النقطة التي يتم فيها تركيب جهاز الاستشعار في منفذ الهواء في فرع المؤشر). إذا كان إجمالي انخفاض ضغط النظام يبلغ 1000 باسكال (بما في ذلك انخفاض الضغط الداخلي لوحدة معالجة الهواء)، فإن الإعدادات ستحد من تقليل سرعة المروحة إلى 55% من السرعة الكاملة كما هو موضح في منحنى الأداء أدناه (الشكل 46)، باستخدام مروحة قانون التقارب (على سبيل المثال، الضغط يتناسب طرديًا مع مربع السرعة)

في حال كان مرشح Hepa موجود داخليًا في وحدة معالجة الهواء (أو في القناة الرئيسية قرب وحدة معالجة الهواء)، فإن إعدادات جهاز استشعار الضغط ستكون من 50 إلى 100 باسكال. سيؤدي الإعداد الجديد إلى تعديل كامل للسرعة من 100% إلى 25% من السرعة الكاملة، ما يؤدي إلى تحقيق وفورات بنسبة 33% من طاقة المروحة.

لا تنطبق هذه التقنية في مجال الرعاية الصحية إذا كانت غالبية الغرف التي تخدمها وحدة معالجة الهواء المركزية ذات الحد الأدنى من تغير الهواء في الساعة (ACH) (مثل غرف العمليات الجراحية، وغرفة الصدمات، وجناح الحضانة، وغرف الإجراءات، والفرز، وغرف الانتظار في حالات الطوارئ، وغرف العزل، وغرف الأشعة، وغيرها). في هذه الحالة، سواء تم وضع جهاز استشعار الضغط على الفور في منفذ التفريغ أو بالقرب من نقطة المؤشر لا يصنع فرقًا فيما يتعلق باستهلاك الطاقة لأن الحد الأدنى من نسبة تغير الهواء في الساعة سيحد من ضبط نطاق السرعة حتى إن كان جهاز استشعار الضغط يقع بالقرب من نقطة المؤشر.



الشكل 46 - أداء مروحة وحدة معالجة الهواء (سطح انسياب هوائي للطرد المركزي) عندما يقع مرشح Hepa بالقرب من نقطة المؤشر.

6.25 اختيار ضغط التفريغ المناسب لوحدات معالجة الهواء، والمضخات، والمراوح

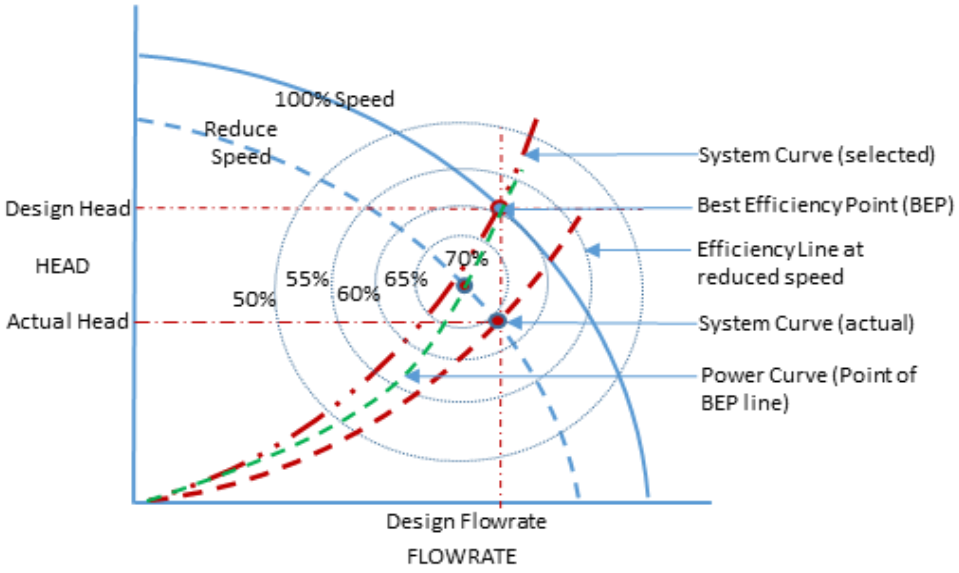
يقوم المصممون عادة بزيادة ضغط تفريغ مراوح وحدة معالجة الهواء، والمضخات، والمراوح الأخرى خلال المرحلة الأولية من التصميم لحساب متطلبات الطاقة للمعدات الميكانيكية لكي يتقدم الفريق الكهربائي في التصميم الكهربائي. لا يوجد أساس لحساب ضغط التفريغ في طاقة المعدات

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

الميكانيكية نظرًا لعدم الانتهاء بعد من خطة القنوات أو دائرة الأنابيب. تدرك كل شركة تصميمات أن المرحلة الأخيرة من التصميم (من 90% إلى 100%) بالغة الأهمية للفريق الميكانيكي والكهربائي لضبط جميع الأحمال ووضع اللمسات الأخيرة على جدول المعدات. وهذا الإجراء في التصميم مهمل دائمًا خاصة في شركات التصميمات الصغيرة للالتزام بجدول التسليم ما يؤدي إلى وجود معدات كبيرة الحجم للأنظمة الميكانيكية والكهربائية وكابلات أكبر حجما. تؤدي هذه المعدات كبيرة الحجم للغاية للنظام الميكانيكي والكهربائي إلى ارتفاع النفقات الرأسمالية للمشروع، وعدم كفاءة أداء نظام خدمات المباني.

خلال عملية الإنشاء، تتمثل دائما "أفضل الممارسات" في إعادة حساب ضغط تفريغ المعدات بناءً على تخطيط القنوات والأنابيب كما هو موضح في المخططات التنفيذية المعتمدة لزيادة استهلاك الطاقة وتقليل الحمل في النظام الكهربائي. ولسوء الحظ، لا يتم تنفيذ "أفضل الممارسات" هذه دائمًا، ويتم شراء المعدات باستخدام معلومات العقد لتجنب التغير الاستنتاجي. عندما يتم اختيار المراوح والمضخات بأفضل كفاءة متاحة في السوق، تعتمد الكفاءة المشار إليها على معدل تدفق معين وضغط تفريغ معين، وتسمى هذه النقطة بأفضل نقطة كفاءة. يؤدي الابتعاد عن الحد الأقصى المسموح به إلى انخفاض كفاءة المعدات الميكانيكية.

وكما هو موضح في المثال أدناه (الشكل 47)، فإن أفضل نقطة كفاءة عند أقصى سرعة قائمة على معلومات التصميم (ضغط التفريغ المفرط) يتمتع بكفاءة ضخ بنسبة 70%. إن تصحيح الكفاءة بناءً على نتائج ضغط التفريغ الفعلية في تحول منحنى النظام إلى يمين منحنى الطاقة يؤدي إلى نسبة 65% كفاءة. لا يؤدي إعادة الحساب واستخدام ضغط التفريغ الصحيح إلى زيادة الكفاءة (أو انخفاض استهلاك الطاقة) فحسب، بل يؤدي أيضا إلى تحقيق وفورات في التكلفة الأولى للمعدات بسبب الأثر الأصغر.



الشكل.47 - تأثير الإفراط في زيادة حجم المضخة

6.26 نظام الإضاءة بالحث المغناطيسي ونظام الإضاءة بمصباح LED

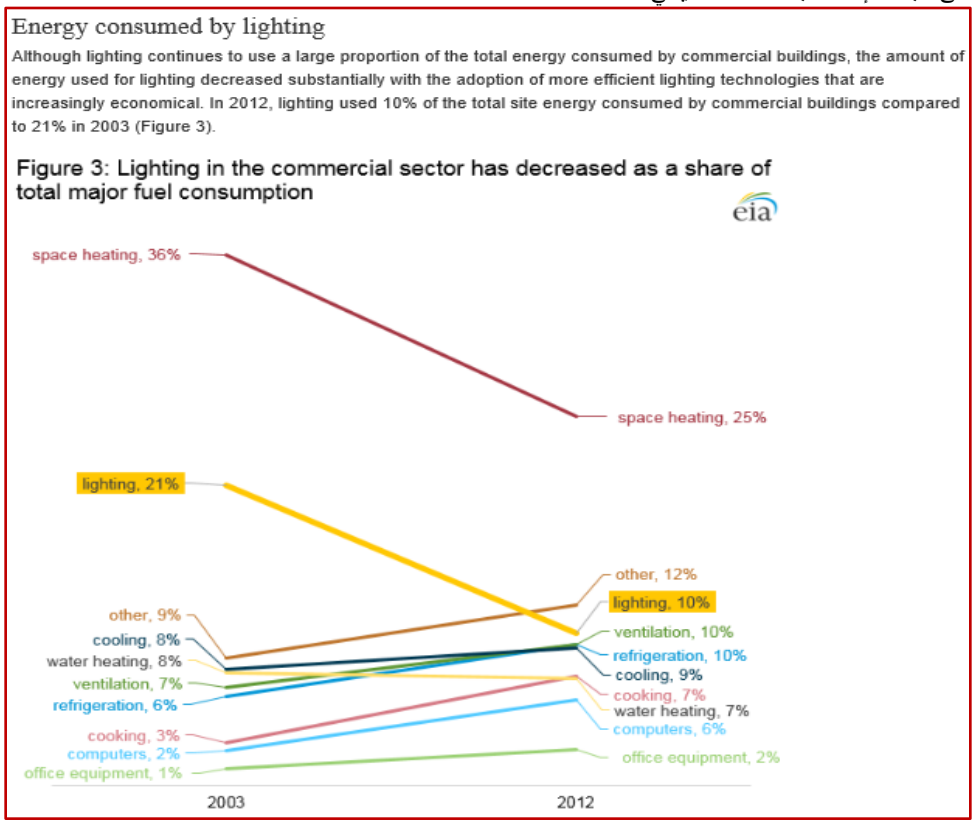
وفقًا لاستبيان استهلاك الطاقة في المباني التجارية في الولايات المتحدة، يتم استهلاك 10% من طاقة المبنى من خلال نظام الإضاءة اعتبارًا من عام 2012 في الولايات المتحدة والتي تسيطر عليها الإضاءة الفلوروسنت المعيارية (الأنبوبية) (انظر الشكل 48). تختلف مصابيح الإضاءة بالحث المغناطيسي عن مصابيح الفلوروسنت المعيارية لأنها تستخدم المجالات الكهرومغناطيسية من خلال المغناطيس الكهربائي بدلا من الأقطاب الكهربائية (أو الشعيرات) لإخراج جزيئات الزئبق وإنتاج أضواء الأشعة فوق البنفسجية. تتميز مصابيح الإضاءة بالحث المغناطيسي بالمزايا التالية على الفلورسنت المعياري وأنواع المصابيح الأخرى:

1. انخفاض التكلفة الأولى ما يؤدي إلى انخفاض النفقات الرأسمالية للمشروع.
2. كفاءة أعلى (فعالية) في شدة الإضاءة (الليومن) لكل واط (انظر الشكل 49 من متجر American Green Power). تمثل الكفاءة حوالي نصف الفلورسنت الأنبوبي ما يعني أن هناك فرصة لتقليل الطاقة التي تستهلكها الإضاءة بنسبة 5%. نظرا لأن المصباح يتمتع بكفاءة عالية، فإن المصابيح أكثر برودة وتقلل من حمل التبريد بسبب الإشعاع الضوئي والحمل الحراري.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

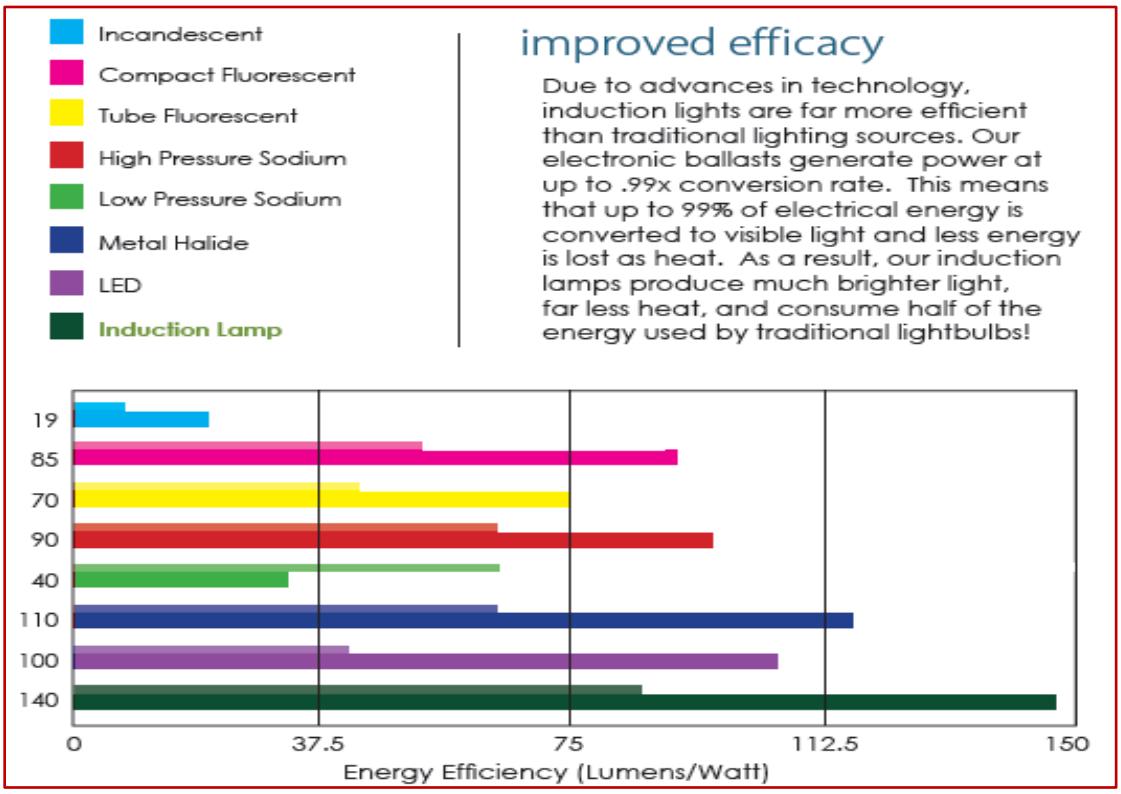
3. أطول عمر افتراضي مقارنة بأنواع المصابيح الأخرى (انظر الشكل 50 من متجر American Green Power). العمر الافتراضي مضاعف مقارنة بمصابيح إضاءة LED.
4. تكلفة صيانة أقل لأن الاستبدال أرخص (انظر الشكل 51 من متجر American Green Power).
5. انبعاثات كربونية أقل واستهلاك أقل للزئبق مقارنة بلمبات الإضاءة الأنبوبية ولمبات الفلوروسنت المدمجة.

يجب أن يأخذ الاستشاري المعماري بعين الاعتبار اختيار أنواع مصابيح الإنارة بناء على متطلبات المبنى، خاصة عندما يتعلق الأمر بتأثيرات الإضاءة المعمارية، والتي تسود فيها لمبات LED على لمبات الإضاءة بالحث المغناطيسي.

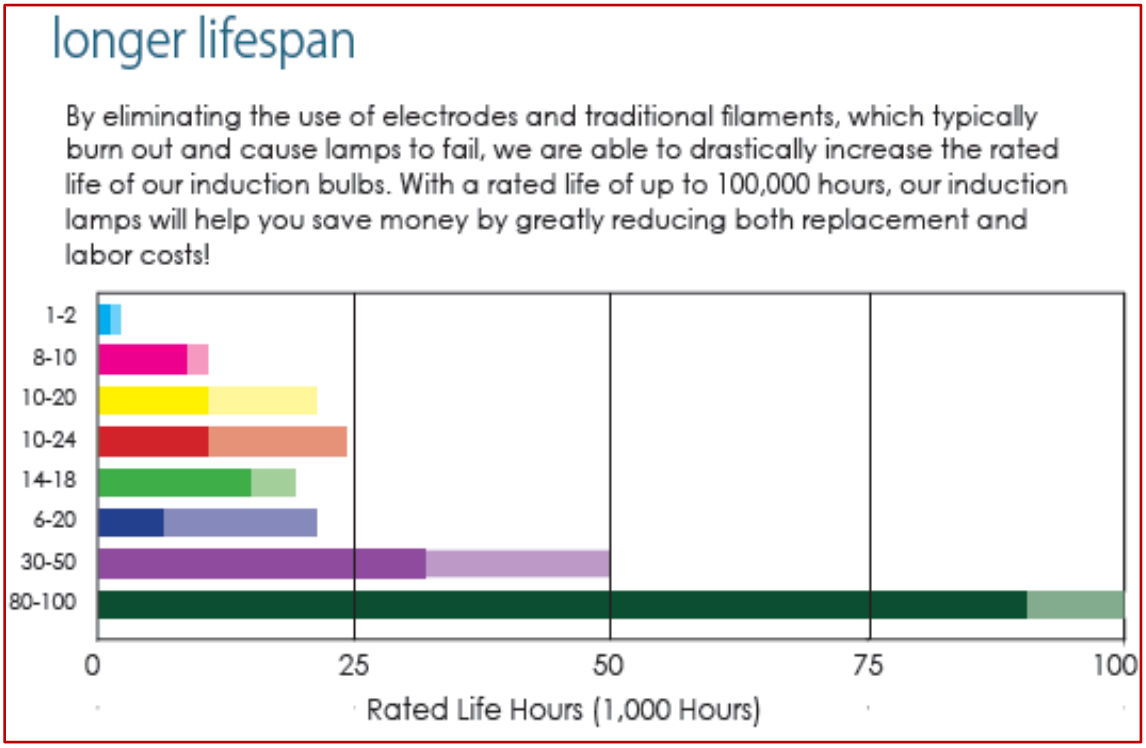


الشكل 48 = استطلاع رأي لاستخدام طاقة الإنارة من عام 2003 إلى عام 2012 كنسبة مئوية من إجمالي استهلاك المباني.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

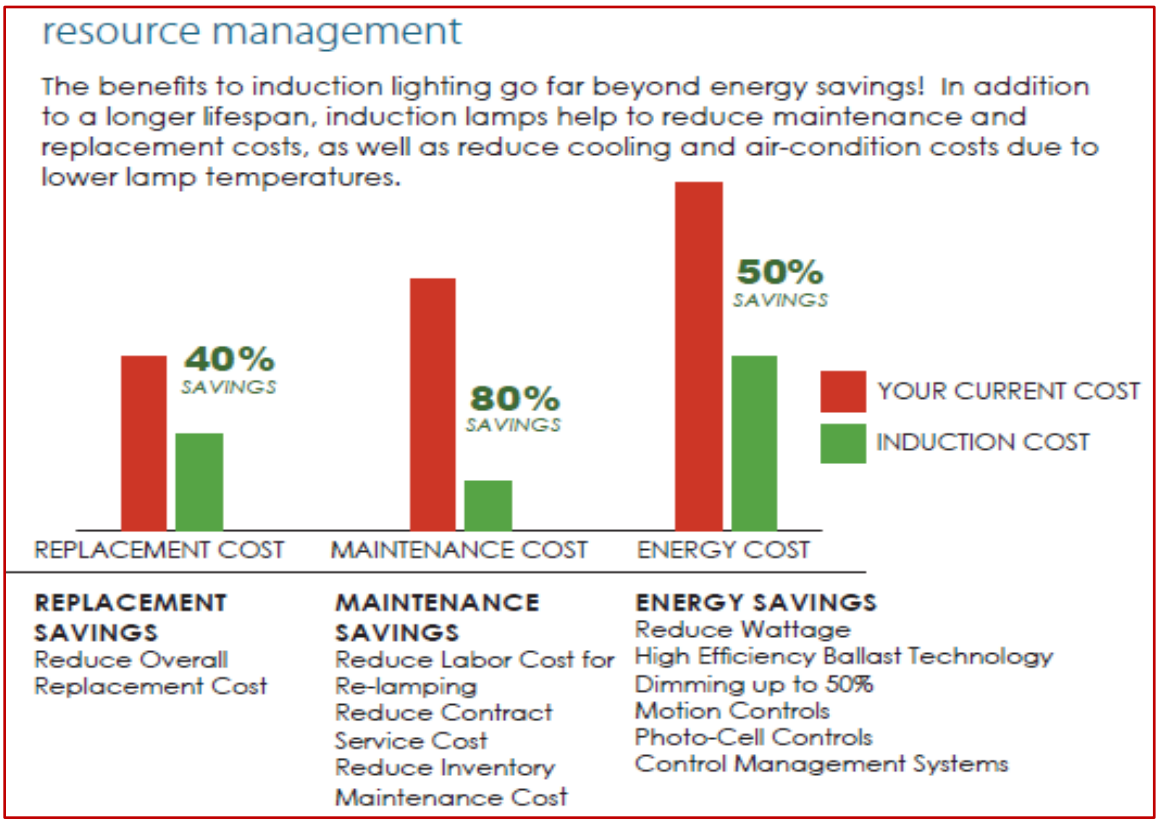


الشكل 49 - متجر American Green Power - كفاءة مصباح متنوعة.



الشكل 50 - متجر American Green Power50 - العمر الافتراضي المختلف للمصابيح

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



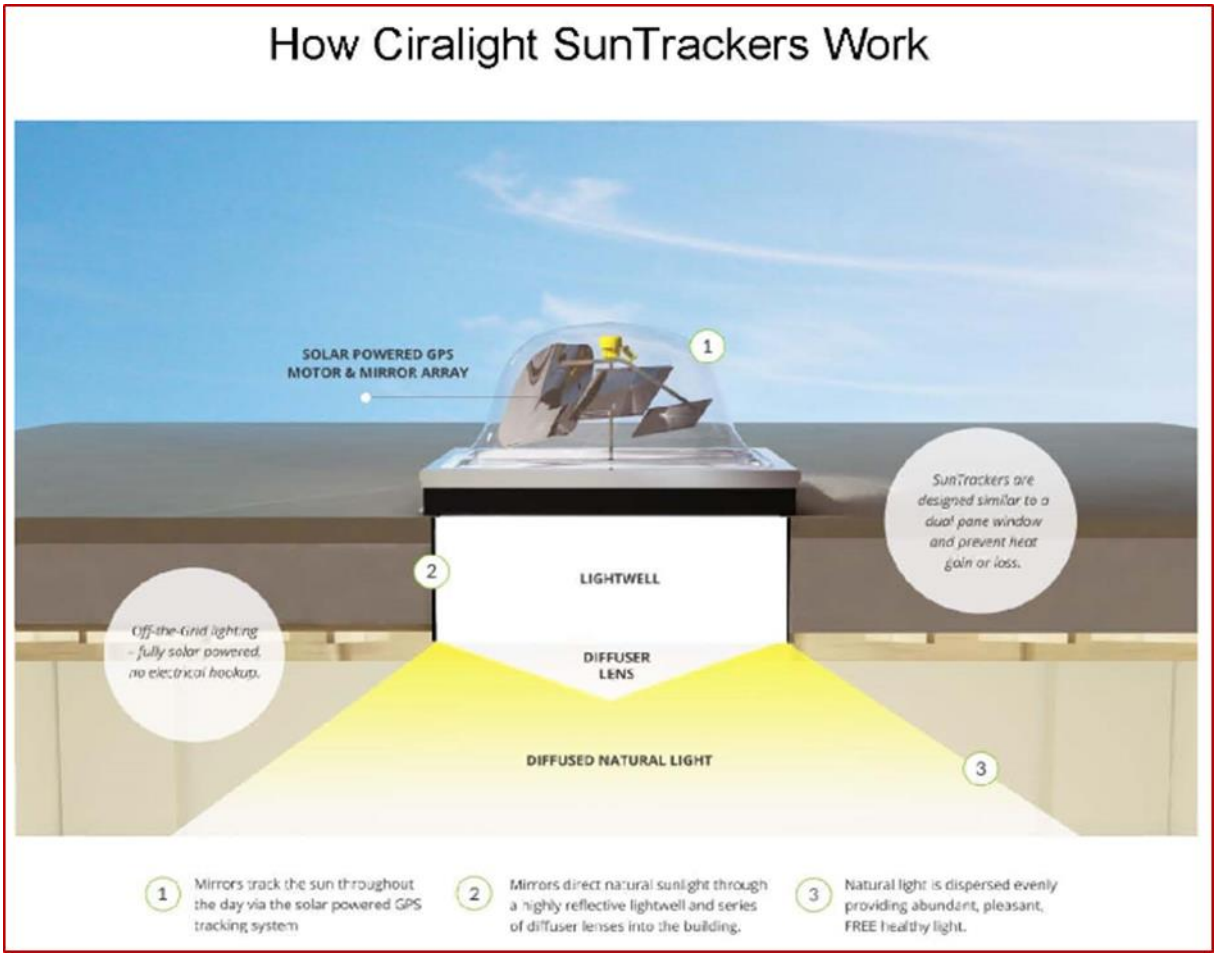
الشكل 51 - متجر American Green Power - تكلفة استبدال وصيانة المصباح.

6.27 تقنية الاستفادة من ضوء النهار (DHT)

تقنية الاستفادة من ضوء النهار عبارة عن تقنية يستفاد منها لاستخدام الإضاءة الطبيعية للاستخدام في المباني الداخلية خلال النهار بأي من الطرق التالية أو مزيج منها:

1. استخدام مواد الطلاء ذات قيمة الوحدة الحرارية البريطانية في الساعة المربعة الأقل، ونسبة معامل الكسب الحراري المعقول (SHGC)، ونسبة أعلى من معامل التظليل (SC)، ونسبة أقل من الكسب الحراري النسبي (RHG)، ونسبة مرتفعة من النفاذية المرئية (VT)، ونسبة أعلى من معدل الضوء إلى الكسب الشمسي (LSG). يسمح الزجاج ذو معدل الضوء إلى الكسب الشمسي الأعلى بمرور الضوء المرئي ولكنه يحجب معظم الإشعاع الشمسي و حرارة الحمل الحراري. وقد جعلت أحدث التطورات التكنولوجية هذه الخاصية ممكنة في الزجاج. ويمكن تطبيقها خاصة في مناطق التعرض الغربية، والشرقية، والجنوبية حيث يكون الحمل الشمسي أكبر.
2. استخدام "الزجاج الذكي" (الزجاج متعدد الألوان الإلكتروني) الذي يتغير من الشفاف إلى نصف الشفاف إلى غير الشفاف والعكس صحيح عند تطبيق الجهد الكهربائي المنخفض، أو الحفاظ على نفاذية الضوء المرئية عبر الأحمال الشمسية المختلفة. يمكن تطبيقها خاصة في مناطق التعرض الغربية، والشرقية، والجنوبية حيث يكون الحمل الشمسي أعلى.
3. تصميم متكامل - بالتنسيق مع المهندس المعماري وباستخدام "الزجاج ذو معدل الضوء إلى الكسب الشمسي العالي أو "الزجاج الذكي"، يتم تحديد موقع الإشغال الذي يتطلب كثافة إضاءة أعلى بالقرب من الواجهة الزجاجية والإشغال الذي يتطلب كثافة الإضاءة المنخفضة في الموقع الداخلي.
4. استخدام الزجاج ذو معدل الضوء إلى الكسب الشمسي أو (الزجاج الذكي)، أو الزجاج القياسي للتعرض الشمالي.
5. استخدام "ناقلات الضوء" أو "فتحة الإنارة السقفية التي تتبع ضوء الشمس" كما هو موضح في الشكل 52 أدناه.
6. تكامل نظام الإضاءة الكهربية مع أجهزة استشعار التقنية الرقمية العالية ونظام أتمتة المبنى في حالة الإشعاع الشمسي المنخفض.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند



الشكل 52 - فتحة الإنارة السقفية لتتبع ضوء الشمس.

6.28 تحسين ضوابط نظام أتمتة المباني

ينطبق هذا القسم على استراتيجية التحكم التي يمكن استخدامها لنظام ومعدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء لغرض تحسين الوفورات في الطاقة:

1. إعادة ضبط التحكم

لوغاريتم التكاملي المتناسب (PI) مبرمج على وحدة التحكم في نظام إدارة المباني، حيث تتم إعادة ضبط نقطة الضبط إلى معيار جديد (يسمى نقطة التحكم المرغوبة) بناءً على تغيير في متغير الإدخال المرجعي في غضون فترة زمنية محددة لأخذ العينات. يتم استخدام استراتيجية التحكم في إعادة الضبط، على سبيل المثال لا الحصر، في التطبيق التالي لتحسين الطاقة؛

a. إعادة ضبط درجة حرارة مورد المياه المبردة (CWST)

كما ناقشنا في القسم 6.11، تزداد كفاءة جهاز التبريد مع زيادة إمداد المياه المبردة أثناء الحفاظ على الفرق في درجة الحرارة. يمكن تمثيل الانخفاض في متطلبات تبريد المباني على أفضل وجه من خلال درجة حرارة المياه المبردة العائد، أو درجة الحرارة في الهواء الخارجي لأن معظم حمل المبنى ناتج من اكتساب الحرارة الشمسية. يعتمد استخدام إعادة الضبط القائم على عودة المياه المبردة أو درجة الحرارة الخارجية على خصائص الفصل الحراري للمبنى وتصميم دائرة المياه المبردة. للحصول على تدفق ثابت لنظام المياه المبردة وبناء الكتلة الحرارية الكبيرة، لا علاقة لدرجة حرارة الهواء الخارجي بحمل المبنى وستكون إعادة ضبط درجة حرارة مورد المياه المبردة بناء على درجة حرارة المياه المبردة العائدة أفضل خيار. في حال استخدام خاصية إعادة ضبط درجة حرارة المياه المبردة للحصول على دائرة التدفق المستمر، يؤدي خفض حرارة المياه المبردة إلى زيادة وحدة التحكم في نظام إدارة المباني لإمداد درجة حرارة المياه المبردة والحفاظ على التوازن بين هذين المعيارين ليكون هناك درجة حرارة ثابتة للمياه المبردة العائدة.

إذا تم استخدام خاصية إعادة ضبط درجة حرارة الهواء (المحيط)، ينتج عن درجة الحرارة الخارجية الأقل زيادة في درجة حرارة المياه المبردة العائدة حتى يتم تحقيق التوازن الحراري الديناميكي. ينتج عن هذه التقنية تحقيق وفورات كبيرة في الطاقة ولكنها تؤثر على النسبة المئوية للرطوبة النسبية في المبنى. يجب على مصممي أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء مراعاة الحد الأقصى المسموح به من درجات الرطوبة النسبية وفقا لما

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

تحدده الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء للتطبيق غير الحرج، ويجب عدم تجاوزه. يمكن دمج تجاوز الرطوبة النسبية في عوامل الضبط لضمان عدم تجاوز الحد الأعلى المسموح به للنسبة المئوية للرطوبة النسبية.

b. إعادة ضبط درجة حرارة السطح البارد (CDT) ودرجة حرارة السطح الساخن (HDT)

يتم ضبط درجة الحرارة خارج الملف لملفات التبريد التي تعمل بإعادة تدوير الهواء المختلط والمصممة لدرجة حرارة 24 درجة مئوية وتبريد مريح عند درجة 13 درجة مئوية و مستوى رطوبة نسبية 50% وهذا يعتمد على طلب التبريد في أوقات الذروة عندما يكون الكسب الحراري الشمسي في ذروته. عندما تنخفض درجة الحرارة في الهواء الخارجي، يمكن زيادة إعداد درجة الحرارة خارج الملف لتقليل متطلبات التبريد مما يؤدي إلى تحقيق وفورات كمية كبيرة من الطاقة. وحيث إن درجة حرارة الهواء الخارج تزداد، فإن قدرة الملف على التخلص من الرطوبة تقل. تتأثر الرطوبة النسبية للغرفة ويجب برمجة وحدة التحكم في نظام إدارة المباني مع تجاوز النسبة المئوية للرطوبة النسبية لضمان عدم تجاوز الحد الأعلى المسموح به وهو النسبة المئوية للرطوبة النسبية. تعمل إعادة ضبط درجة حرارة السطح الساخن بنفس مبدأ درجة حرارة السطح البارد وذلك قابل للتطبيق على نظام التدفئة خلال الشتاء، ويمكن استخدامه في منطقة الغرف الخارجية التي تحتوي في الغالب على كتلة حرارية منخفضة.

c. إعادة ضبط درجة حرارة الهواء المختلط (MAT)

بالنسبة لوحدات معالجة الهواء المختلط المستخدمة في الموقع ذي الموسم المزدوج مع الأخذ بعين الاعتبار أن المبنى مقسم بشكل صحيح، يتم ضبط درجة حرارة الهواء المختلط (بين الهواء العائد والهواء الخارجي) عند درجة حرارة 13 درجة مئوية أو بالقرب منها خلال فصل الشتاء عندما تكون ظروف درجة الحرارة الخارجية أقل من 13 درجة مئوية، وبالتالي القضاء على متطلبات التبريد لمناطق الغرف الداخلية أو تقليلها. ويتم ذلك عن طريق زيادة كمية الهواء الخارجي واستنفاد معظم الهواء العائد. وتعد هذه التقنية الأنسب للتطبيق مع التذبذب المحتمل في النسبة المئوية للرطوبة النسبية، حيث إن زيادة الهواء الخارجي خلال فصل الشتاء ستقلل من الرطوبة النسبية في الغرفة عند الترطيب المستمر.

بالنسبة للمناطق الخارجية خاصة للواجهة ذات الكتلة الحرارية المنخفضة (على سبيل المثال مصنوعة من الزجاج)، تكون التدفئة مطلوبة خلال فصل الشتاء. تؤدي زيادة درجة حرارة الهواء المختلط من خلال تقليل كمية الهواء الخارجي في حالة الإشغال المنخفض (خاصة في نوع الإشغال الكثيف) إلى توفير الطاقة إذ يتم تقليل متطلبات التدفئة والترطيب. يمكن تنفيذ استراتيجية لتحديد الانخفاض أو الزيادة في الإشغال بعدة طرق مثل تركيب جهاز استشعار ثاني أكسيد الكربون 02C في فرع العودة الرئيسي أو الفروع الفرعية الاختيارية.

d. إعادة ضبط درجة حرارة ماء المكثف (CWT) لبرج التبريد ذات مروحة التحكم الذي يتم التحكم فيها بمحركات التردد المتغير

كما ناقشنا في القسم 6.11، كلما انخفضت درجة حرارة ماء المكثف المتجه إلى جهاز التبريد، يكتسب جهاز التبريد الكفاءة (أو يتطلب طاقة أقل لتوليد نفس قدرة التبريد). يتم عادة ضبط مياه حوض برج التبريد عند درجة 29.5 درجة مئوية يتم التحكم فيها بواسطة مروحة برج التبريد التي يتم التحكم فيها بمحركات التردد المتغير. عندما تكون درجة حرارة الهواء الجاف المحيط منخفضة بما فيه الكفاية، يمكن إعادة ضبط جهاز استشعار درجة حرارة مياه الحوض بقيمة أقل لزيادة كفاءة جهاز التبريد، وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة.

e. إعادة ضبط الضغط التفاضلي

وكما نوقش في القسمين 6.1 و6.2، أدى تحديد موقع مفاتيح الضغط التفاضلي/الزمن في المؤشر إلى زيادة الفرصة لزيادة نطاق تغيير السرعة لمضخة المياه المبردة، وبالتالي توفير الطاقة. باستخدام صمام التحكم المستقل في الضغط، فإن الضغط التفاضلي الأقل (0.6 بار) يمكن أن يضبط على مفاتيح الضغط التفاضلي/الزمن. باستخدام قانون التقارب، ستنتج الدائرة الهيدرونيك بقدرة 4 بار ما لا يقل عن 39% من سرعة المضخة، بينما يمكن للمضخات أن تعمل وصولا إلى 25% من السرعة القصوى دون التسبب في أي مشكلة. يتمثل مفهوم إعادة ضبط الضغط التفاضلي في إعادة ضبط إعدادات 0.6 بار إلى 0.25 بار عندما تكون جميع فروع المؤشر في حمل تبريد منخفض (تدفق منخفض). تذكر أن إعداد 0.6 بار يفترض أن دائرة المؤشر الفعلية تعمل عند الحمل الكامل، وهذا ليس هو الحال دائما.

ويتطلب تطبيق هذه التقنية مراقبة ما يلي: (1) مواقع صمامات التحكم في المؤشرات المرتقبة، و(2) دلتا درجة حرارة الماء البارد عبر الملفات، وملف الضغط التفاضلي (كتمثيل للتدفق) لحساب الحمل الفعلي للتبريد الجزئي للملفات في جميع المؤشرات المحتملة.

f. إعادة ضبط الضغط الثابت للقناة (DSP)

تنطبق هذه التقنية فقط على نظام توزيع حجم الهواء المتغير مع الملحقات عالية المقاومة مثل مرشحات HEPA المثبتة في أنابيب الإمداد. عندما يتم تثبيت مرشحات Hepa الجديدة يكون بها نقص في الضغط بنسبة 125-150 باسكال وتحتاج إلى الاستبدال عند وصولها إلى 300 باسكال. يمكن قياس المرشح المثبّت في نقطة مؤشر واحدة ومراقبته ليصبح أساسًا لإعادة ضبط الضغط الثابت لزيادة نطاق خفض السرعة للمراوح لتقليل استهلاك الطاقة.

2. التحكم في ضبط درجة حرارة المساحة

ينطبق على تطبيقات درجة حرارة المساحة غير الحيوية (مثل الفنادق الراقية، وغرف الرعاية الصحية، ومصانع الأدوية، ومرافق أشباه الموصلات، وغيرها من تطبيقات الغرف النظيفة وغيرها) والتي لا يسمح بإيقاف تشغيلها ولكنها تسمح بزيادة درجة حرارة المساحة خلال الفترة غير المشغولة لتحقيق وفورات في الطاقة. تتطلب التقنية أجهزة استشعار الإشغال من أجل تنفيذ التحكم التلقائي الناجح.

3. التحكم في ضبط تدفق الهواء

ينطبق على تطبيقات درجة حرارة المساحة غير الحيوية (مثل الفنادق الراقية وغرف الرعاية الصحية ومصانع الأدوية ومرافق أشباه الموصلات وغيرها من تطبيقات الغرف النظيفة وغيرها) والتي لا يسمح بإيقاف تشغيلها ولكنها تسمح بزيادة درجة حرارة المساحة خلال الفترة غير المشغولة لتحقيق توفير في الطاقة. تتطلب التقنية أجهزة استشعار الإشغال من أجل تنفيذ التحكم التلقائي الناجح.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

4. نظام إدارة المباني - أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف وتحسين المعدات

يرتبط التحسين في نظام التدفئة والتهوية والتكييف بطريقة تشغيل النظام والمعدات بالطريقة الأكثر كفاءة من حيث استهلاك الطاقة. يبدأ التحسين من خلال "الضبط الدقيق لوحدة التحكم" إذ يتم تعيين مكاسب خوارزمية PID (المشتق التكاملي المتناسب)، والمعلمات، ونقاط الضبط، والتوقيتات (أخذ عينات محددة بالوقت) لمعدات معينة في النظام، وتتبُعها وحدات التحكم في النظام. يهدف "الضبط الدقيق" إلى ضمان تشغيل الجهاز ووحدة التحكم والاستجابة بطريقة سريعة ومستقرة وقابلة للتنبؤ وقابلة للتكرار، وبالتالي القضاء على أي إزاحة من نقطة الضبط (أو نقطة التحكم) في أقصر مدة. تعمل وحدة التحكم "الدقيقة" على التخلص بسرعة من الطاقة غير الضرورية التي تستخدمها المعدات التي تعمل بما يزيد عن نقطة الضبط.

عندما تعمل المعدات في نظام للحصول على وظائف تشغيلية معينة ولتحسين استهلاك الطاقة، يجب أن يتناول تسلسل تشغيل نظام إدارة المبنى الأسئلة النموذجية التالية؛

a. ما هو مزيج المبرد وقدرته التي تتيح أفضل تحسين للطاقة من بدء التشغيل والتحميل الجزئي وأساس التحميل الكامل في خصائص التشغيل (الكفاءة)؟

b. بناءً على خصائص الكتلة الحرارية للمبنى، ما تقنية الضبط التي ستكون أكثر فائدة؟ بناءً على درجة حرارة الهواء الخارجي أو إرجاع درجة حرارة المياه المبردة؟

c. في حالة استخدام التبريد المسبق الليلي، في أي وقت يجب أن يبدأ تشغيل المعدات؟

d. ما قيمة الضغط التفاضلي والانحراف عن القيمة المحددة (أعلى وأدنى) التي يجب استخدامها في نظام المياه المبردة؟

e. ما درجة الحرارة (التنقيط الجاف والرطب) التي يجب ضبط الموفر عليها لبدء التبريد الحر لمبردات المكثف المبردة بالماء؟ ما درجة الحرارة المحيطة التي يجب أن يبدأها مقتصد (موفر) الهواء؟

f. ما أفضل قيمة للتحكم في الارتداد تتوافق مع تغيير القيمة المراقبة؟ هل استجابة القيمة المرصودة خطية أو نسبية متساوية للتغير في القيمة الخاضعة للتحكم من أجل استجابة دقيقة وسريعة؟

g. ما درجة الحرارة الخارجية التي يجب أن تفتح ممر استعادة الطاقة خلال الشتاء والصيف؟

هذه بعض الأسئلة التي تجب معالجتها أثناء الاختبار وبدء التشغيل من أجل التشغيل "الأمثل" لنظام ومعدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء. يجب أن تستند البيانات اللازمة لإثبات تشغيل وحدة التحكم على الحساب أو نتيجة تحليل البرامج أو الحكم الهندسي المناسب بناءً على الخبرة السابقة في المشروع.

6.29 الاختبار والتشغيل التجريبي

خلال مرحلة الاختبار والتكليف، هناك حاجة إلى تنفيذ بعض الأنشطة بدقة وفقًا للمعايير لضمان تجنب وسائل إهدار الطاقة. أنشطة الاختبار والتشغيل التجريبي التي تؤثر على استهلاك الطاقة هي كما يلي:

1. تسرب مجاري الهواء - تنص معايير التدفئة والتهوية وتكييف الهواء على نسبة معينة من التسرب لمجاري الهواء وهي على النحو التالي:

فئة ضغط القناة	حد الضغط الساكن		تسرب الهواء المسموح به (% من إجمالي تدفق الهواء)
	إيجابي	سلبي	
الفئة أ- الضغط المنخفض	500 باسكال	500 باسكال	**6**
الفئة ب - الضغط المتوسط	1000 باسكال	750 باسكال	**3**
الفئة ج - الضغط العالي	2000 باسكال	فوق 750 باسكال	2

2. يزيد التسرب فوق هذا الحد من استهلاك طاقة مروحة وحدة المعالجة المركزية والمبرد والمضخة نظرًا إذ يتم تبريد المساحات الموجودة فوق السقف وأعمدة قنوات الهواء بلا داع بواسطة هواء التسرب. يجب أن تتطابق فئة المواد المانعة للتسرب مع تصنيف ضغط مجرى الهواء لتجنب التسرب المفرط.

تسرب الأنابيب - يجب اختبار الأنابيب هيدروليكيًا للضغط المطلوب (انظر وثيقة "الاختبار والتشغيل التجريبي - مرحلة ما قبل التشغيل (EPM-KT0-GL-000003) لتجنب حتى التسربات الطفيفة التي يمكن أن تؤدي إلى تنشيط المضخة والصيد.

3. بالنسبة لنظام توزيع الهواء والماء المستقل بدون ضغط، يجب إجراء موازنة الهواء والهواء المائي ويجب أن يكون انحراف معدل التدفق النهائي ضمن التسامح. التوزيع غير المتوازن يؤدي إلى زيادة الضخ وزيادة طاقة المروحة. توفر الأنظمة المستقلة عن الضغط (باستخدام صمام التحكم المستقل للنظام المائي وحجم الهواء المتغير لتوزيع الهواء) توازنًا يؤدي تلقائيًا إلى توفير الطاقة. كما يتم تجنب إعادة التوازن في المستقبل للنظام المستقل غير القائم على الضغط، وهو ما يمثل توفير في التكاليف التشغيلية.

4. يجب أن يتم اختبار تسرب الهواء في قشرة المبنى لضمان إحكام المبنى وتقليل التسرب أو متطلبات الضغط الجوي، خاصة في المناخ الحار والرطب.

5. يجب أن يتم تشغيل نظام إدارة المباني بشكل صحيح وضبطه وتحسينه. يجب تأكيد لوغاريتمات التحكم التي تعمل بشكل ملائم وفقًا لاستراتيجية التحكم المقبولة. انظر استراتيجية تحسين التحكم في نظام إدارة المبنى القسم 6.28.

6. يجب اختبار وتشغيل نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء والمعدات ووحدة التحكم في نظام إدارة المبنى بالشكل المناسب وضبطها بدقة وتحسينها.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

6.30 التشغيل التجريبي بعد إشغال المبنى

1. ضمان التوازن في المراحل الكهربائية لتجنب تدفق التيار غير المرغوب فيه في المحايد وإلى المراحل التي تؤدي إلى فقد الطاقة من حيث الحرارة (التسخين الزائد للأحمال الحثية مثل المحركات والمحولات).
2. ضمان معالجة التشوه التوافقي الكلي (THD). ينتج عن التشوه التوافقي الكلي (THD) خسارة للطاقة من حيث الحرارة (التسخين الزائد للأحمال الحثية مثل المحركات والمحولات).
3. ضمان التوصيل السليم للكابلات في المعدات الكهربية والميكانيكية لتجنب التسخين الزائد والذي يعتبر هدرًا وخسارة في الطاقة. إجراء المسح الحراري للتأكد.
4. توفير الصيانة المناسبة للمعدات مثل الاستبدال المنتظم للمرشحات والتشحيم المنتظم لمعدات النقل/التناوب والاستبدال الدوري لسيور المروحة وما إلى ذلك.
5. إجراء إعادة التشغيل على النحو الموصى به في القواعد والمعايير أو من خلال توصيات هيئة التشغيل التجريبي، خاصة فيما يتعلق بتسريب القنوات وموازنة المراحل الكهربائية والانسجام بين التوافقيات و توازن نظام الماء و الهواء.
6. باستخدام عدادات الطاقة، يتم تحديد التدهور في المعدات وفقًا لمدى التلف والتمزق وتقرير ما إذا كانت هناك حاجة للاستبدال بناءً على تحليل تكلفة دورة الحياة.

6.31 تقنيات أخرى لتوفير الطاقة

1. يجب أن يتوافق التصميم المعماري مع معيار الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء رقم 90.1 (معيار الطاقة للمباني باستثناء المباني السكنية منخفضة الارتفاع) أو طريقة ميزانية تكلفة الطاقة أو الحد الأدنى لمتطلبات معايير تقييم الأداء، مثل:
   a. يجب ألا يتجاوز السياج العمودي المغلف للمبنى 40% من مساحة الجدار الإجمالية للمساحات التي سيتم تكييفها مع قيمة معدل نقل الحرارة (U-Value) ومعامل الكسب الحراري الشمسي (SHGC) ومعدل اكتساب الضوء من الطاقة الشمسية(LSG) لمتطلبات الحد الأدنى بناءً على تقسيم المناطق المناخية.
   b. يجب ألا تتجاوز فتحات القبة السماوية للمباني 3% من مساحة السقف الإجمالية للمساحات المراد تكييف هوائها مع الامتثال لقيمة معدل نقل الحرارة (U-Value) ومعامل الكسب الحراري الشمسي (SHGC) ومعدل اكتساب الضوء من الطاقة الشمسية (LSG) للحد الأدنى من المتطلبات بناءً على تقسيم المناطق المناخية.
   c. توفير غرفة بين مناطق المساحات غير المكيفة والمكيفة.
   d. توفير مظلات خارجية وداخلية.
   e. يجب أن يتوافق التسرب في قشرة المبنى، والحواجز، والأبواب الخارجية مع الحد الأدنى من المتطلبات. تحسين طريقة تقفيل فواصل الواجهات خاصة عند التزجيج (استخدام الواجهات الزجاجية) لتقليل التسرب.
   f. يجب أن تتوافق قشرة المبنى (الجدران وجدران الستائر وألواح الأسقف والأبواب، بما في ذلك العزل) بالحد الأدنى من قيمة معدل نقل الحرارة (U-Value) لكل مكون والقيم الموحدة في التجميعات.
   g. هندسة البناء- توجيه المبنى حيث يواجه أطول جانب الشمال قدر الإمكان مع مراعاة الرياح السائدة (التي تؤثر على التسرب، واستخدام التهوية الطبيعية والتهوية، والاستفادة من ضوء النهار) وتقليل التعرض للنافذة في الجنوب والغرب والشرق. يمكن أن تساعد النمذجة الحاسوبية في تحديد أفضل خيار لإعداد لوحة الأرضيات وبناء التوجيه فيما يتعلق بالاتجاه الجوي السائد.
   h. زيادة الكتلة الحرارية للمبنى.
   i. يتم اختيار نوع تركيبات الإنارة لتتوافق مع الحد الأقصى لكثافة الإضاءة واط/متر2 للإضاءة الداخلية والخارجية.
2. يجب أن يتوافق التصميم المعماري مع معيار الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء رقم 90.1 (معيار الطاقة للمباني باستثناء المباني السكنية منخفضة الارتفاع) أو طريقة ميزانية تكلفة الطاقة أو الحد الأدنى لمتطلبات معايير تقييم الأداء، مثل:
   a. يجب أن تتوافق المعدات الميكانيكية مع الحد الأدنى من الكفاءة في حالة التشغيل القياسية وغير القياسية.
   b. يجب أن يكون نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) المختار مناسبًا بناءً على الخصائص الحرارية للمبنى، وملف الحمل الحراري، وبيانات الأرصاد الجوية للمشروع.
   c. يجب أن يمتثل نظام التدفئة والتهوية والتكييف لمتطلبات ميزانية تكلفة الطاقة (ECB) أو أن يتجاوز متطلبات الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء 90.1 المتعلقة بمتطلبات معايير تقييم الأداء.
   d. يجب تجنب التبريد المتزامن مع التدفئة الكهربائية للتحكم بالرطوبة.
   e. يجب أن تتوافق عملية لحام وتسريب القنوات مع الحد الأدنى من المتطلبات.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

f. تتوافق تسربات المثبط الآلية مع الحد الأدنى من متطلبات الرابطة الدولية للحركة الجوية والمراقبة القياسية رقم 500.

g. يجب أن تتوافق سماكة عزل الأنابيب والقنوات وقيم العزل الحراري (R-Value) مع الحد الأدنى من متطلبات التثبيت الداخلي والخارجي.

h. يجب أن تتوافق القنوات والأنابيب الخارجية مع متطلبات الكسوة للحماية من الإشعاع الشمسي.

i. تنفيذ نظام أتمتة المباني لبدء وإيقاف التشغيل تلقائيا بناء على التوقيت المجدول وتوفير التحكم في التحميل الجزئي.

j. تنفيذ لوغاريتمات التحكم لإعادة ضبط أدوات الضبط والأقفال التداخلية والتجاوزات وحماية المعدات.

k. تطبيق وحدات التحكم المثلى في بدء التشغيل (بوادئ الجهد المنخفض) لأجهزة التدفئة والتهوية والتكييف ومعدات البناء الأخرى.

l. استخدام معدات استعادة الطاقة مع الامتثال الفعال للحد الأدنى من المتطلبات.

m. استخدام جهاز توفير الماء والهواء أثناء انخفاض الضغط مع الالتزام بالحد الأقصى من انخفاض الضغط.

n. يكون محرك المروحة والمضخة متوافقًا مع الحد الأدنى من كفاءة الحمل الكامل الاسمي.

o. تتوافق كفاءة معدات تسخين المياه الساخنة مع الحد الأدنى من المتطلبات. تتوافق ضوابط ومعايير التشغيل والسلامة في معدات التدفئة مع الحد الأدنى من المتطلبات.

3. يتوافق التصميم المعماري مع معيار الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء رقم 90.1 (معيار الطاقة للمباني باستثناء المباني السكنية منخفضة الارتفاع) أو طريقة ميزانية تكلفة الطاقة أو الحد الأدنى لمتطلبات معايير تقييم الأداء، مثل:

a. يجب ألا يتجاوز انخفاض الجهد الأقصى لموصل التغذية 2% عند الحمل التصميمي.

b. يجب ألا يتجاوز انخفاض الجهد الأقصى لموصل الدارة الفرعية 3% عند الحمل التصميمي.

c. تتوافق نسبة المقابس المغطاة بالتحكم التلقائي مع الحد الأدنى من المتطلبات باستثناء المقابس المخصصة لاستخدام المعدات التي تتطلب التشغيل المستمر، وإذا كان التحكم التلقائي يؤثر على سلامة أو أمن شاغل المبنى.

d. تتوافق عدادات الطاقة مع المتطلبات باستثناء ما هو منصوص عليه في المعيار.

e. تتوافق محولات توزيع النوع الجاف ذات الجهد المنخفض (حوالي 600 فولت) مع الحد الأدنى من الكفاءة والمتطلبات الواردة في قانون سياسات الطاقة لعام 2005.

4. تحسين استهلاك الطاقة فيما يتعلق بالتصميم المعماري:

a. استخدام إضاءة الليد وإضاءة الحث المغناطيسي (انظر القسم 6.26). يفضل استخدام مصابيح مؤشر الأعطال "MIL" على مصابيح الليد للاستخدام العام باستثناء بعض الاستخدامات الخاصة التي تتطلب تأثيرات إضاءة معمارية. التكلفة المبدئية لإضاءة مؤشر الأعطال (MIL) منخفضة عن تكلفة إضاءة الليد، والعمر الافتراضي أعلى واستهلاك الطاقة نصف استهلاك الليد.

b. تقليل نسبة النوافذ الزجاجية والواجهات الزجاجية. بناء جدران مصمتة في الجزء الخلفي من الواجهات الزجاجية لتقليل الحمل الشمسي وزيادة الكتلة الحرارية.

c. تحديد تركيبات السباكة ذات الاستهلاك المنخفض للمياه أو التي لا تحتوي على الماء، وبالتالي تقليل معدل التدفق المطلوب للمياه المحلية وتقليل استهلاك المياه والطاقة.

d. تحديد تركيبات السباكة ذات الضغط المنخفض لتقليل الطاقة التي تسحبها المضخات.

e. تحديد الأجهزة ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة (أجهزة الكمبيوتر والأجهزة المنزلية والمعدات الإلكترونية الأخرى).

f. تجنب المسطحات المائية داخل المبنى خاصة المناخات الرطبة.

g. تصميم المبنى لتحقيق أقصى قدر من التهوية الطبيعية خاصة خلال منتصف الموسم عن طريق التكديس والتهوية المتقاطعة (باستخدام النوافذ العاملة).

h. تصميم المبنى لتحقيق أقصى قدر من التهوية والإضاءة الطبيعية لمواقف السيارات. استخدام مواقف السيارات المفتوحة والمخصصة فوق الأرض قدر الإمكان والاستفادة من تأثير التكدس والتهوية المتقاطعة.

i. توفير فواصل حرارية للهياكل الخارجية مثل الشرفة وإطارات النوافذ والمظلات الخارجية.

j. توفير مساحات خضراء في الأسقف والواجهات لتعكس وتمتص الإشعاع الشمسي.

k. استخدام الدهانات الحرارية ذات اللون الفاتح في واجهة المبنى لزيادة انعكاس الحرارة المشعة وتقليل كسب الحرارة التوصيلية.

l. تقنية الاستفادة من ضوء النهار (انظر القسم 6.27).

5. تحسين الطاقة فيما يتعلق بالتصميم الميكانيكي:

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

a. استخدام تقنيات توفير الطاقة المشمولة في هذه الوثيقة.

b. تحديد المعدات الميكانيكية عالية الكفاءة (مثل المضخات والمراوح والمبردات ووحدات التمدد المباشر والمضخات الحرارية وغيرها) المتوفرة في السوق.

c. استخدام نظام الماء الساخن الشمسي لتسخين المياه المحلية بدلا من سخانات المياه الكهربائية.

d. استخدام الأنابيب المستديرة أو القنوات المربعة لتقليل فقدان الاحتكاك في توزيع الهواء.

e. استخدام نظام ماء مبرد مركزي (أجهزة تبريد ونظام تبريد مركزي، وحجم التبريد المتغير (VRV)، ونظام التمدد المباشر، ووحدة معالجة الهواء المركزية ونظام توزيع الهواء، إلخ.) بدلاً من وحدات الحزم الصغيرة ووحدات النوع المنفصل للمشاريع المتوسطة إلى الكبيرة. المعدات المركزية للتدفئة والتهوية وتكييف الهواء بها كيلو واط/طن أقل (كيلوواط من الكهرباء المطلوبة لكل طن رمزي) مقارنة بالوحدات الأصغر. على سبيل المثال، تتميز مبردات الطرد المركزي من FSD الحديثة بـ 0.8 كيلو واط/طن في حالة الحمل الكامل القياسي مقارنة ب 1.2 كيلو واط/طن للوحدات المقسمة (الإسبليت). يمكن أن تكون أفضل قيمة حمولة جزئية مدمجة (IPLV) في الصناعة لمبردات الطرد المركزي الحديثة من ASD منخفضة حتى 0.2 كيلو واط/طن مقارنة بنسبة 0.45 كيلو واط/طن للمبردات.

f. تجنب نظام إزالة الهواء المائي الذي يتطلب تثبيته في الخط الرئيسي لنظام المياه المبردة (CHW). استخدم نظام رد الفعل الجوي أو تفريغ الهواء، وهو نظام مدمج لإزالة الهواء، ووعاء التمدد، ونظام غرف تجمع المياه.

g. استخدم البخار في تسخين معدات الغسيل بدلا من المعدات الكهربائية وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة. تكلفة الوقود للغلاية أقل بكثير مقارنة بالكهرباء المعالجة/الموزعة.

h. استخدام غاز البترول المسال أو الغاز الطبيعي المسال (الغاز الطبيعي المسال) لمعدات المطبخ بدلا من المعدات الكهربائية وبالتالي تقليل استهلاك الطاقة. تكلفة غاز البترول المسال أو الغاز الطبيعي المسال أقل بكثير مقارنة بالكهرباء المعالجة/الموزعة

i. استخدم الطاقة المتجددة بدلا من مصادر الطاقة التي توفرها شبكة البلدية (الكهروضوئية والتوربينات الهوائية والكتلة الحيوية وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة)

j. تحديد بوادئ المحركات المختلطة كهربائيا للمراوح والمضخات الصغيرة.

k. يجب أن يتصل خط إعادة تدوير الماء الساخن بخيط التثبيت الذي يعمل على تقليل أو القضاء على هدر المياه لسحب الماء الساخن، وبالتالي توفير الطاقة للمضخة.

l. خفض درجة حرارة المياه الساخنة حسب ما يسمح به المشروع.

m. زيادة سماكة عزل الماء الساخن والماء البارد لتقليل الفاقد الحراري.

n. توفير نمذجة الطاقة بالتنسيق مع المهندس المعماري لتحديد أفضل شكل للأرض والأبعاد والاتجاه مع مراعاة الإشعاع الشمسي واتجاه الرياح لتحسين الطاقة. يجب أن تحدد نمذجة الطاقة أيضًا أفضل اتجاه للنوافذ الزجاجية والجدران الصلبة التي تأخذ في الاعتبار الإشعاع (من المباني المجاورة والأرض) بالإضافة إلى الانعكاسات الشمسية (من الزجاج) من المباني الأخرى للمناطق الحضرية المزدحمة.

6. تحسين الطاقة المتعلقة بالتصميم الكهربائي:

a. دمج نظام الإنارة في التحكم التلقائي مثل نظام إدارة المباني لتحديد المواعيد.

b. تحديد محولات عالية الكفاءة.

c. استخدم مجموعات المكثفات لتعويض الأحمال الاستقرائية وبالتالي زيادة عامل الطاقة بالقرب من الوحدة وزيادة الطاقة.

d. ويُراعى مصدر الطاقة الكهروضوئية وغيرها من مصادر الطاقة الكهربائية المتجددة.

e. استخدام مصدر طاقة عالي الجهد قدر الإمكان للمحرك الأكبر لتقليل خسائر الأسلاك. وتستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في المبردات والمضخات في نظام التبريد المركزي.

f. استخدام جهاز استشعار كهروضوئي والتحكم التلقائي للإضاءة الخارجية.

g. استخدام عداد استهلاك الطاقة لمراقبة الزيادة في استهلاك الطاقة مع مرور الوقت (بسبب قصور مواد البناء وتدهورها، وسوء الصيانة، واهتراء المعدات وتمزقها).

h. تثقيف شاغلي المبنى، وبمساعدة نظام القياس، فرض عقوبة على مستخدمي المبنى يتجاوز الحد الأقصى المسموح به لاستهلاك الطاقة.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

7.0 تقنية توفير المياه

7.1 تصميم نظام لإعادة تدوير المياه الساخنة

ومن المصادر الرئيسية لإهدار المياه في الفنادق والشقق السكنية والمستشفيات والأماكن الأخرى التي تستخدم نظام المياه الساخنة المركزية هو وقت الانتظار لسحب المياه الساخنة في الصنبور والدش. كدليل تصميم قياسي، من المقبول تفريغ الماء الساخن في درجة حرارة التصميم الأساسي في غضون 10 ثوان عند فتح صنبور أو مرش استحمام. ويتم ذلك عن طريق توجيه خط الماء الساخن إلى أقرب ما يمكن إلى الصنابير ومرش الاستحمام وتوفير خط إعادة التدوير مع صمامات التوازن للفروع الطويلة. لتقليل أو القضاء على وقت سحب الماء الساخن، يجب تزويد كل مرش استحمام وصنبور بإعادة تدوير وموازنة تلقائية منخفضة التدفق (أو صمام موازنة درجة الحرارة) مع نقطة نقر تقع مباشرة خلف الحنفيات وصمامات خلط مرش الاستحمام. ولن تقلل هذه التقنية من هدر المياه فحسب، بل تقلل أيضًا من الطاقة المستهلكة في عملية الضخ.

7.2 تركيبات منخفضة التدفق، ودفق مؤقت زمنيًا، وتركيبات سباكة بدون ماء.

1. المراحيض

تكون المراحيض أقل سعة متاحة في السوق، ويجب أن يكون نوعها على النحو التالي:

a. النوع المزود بخزان:

)1(بالنسبة لمرحاض السيدات - دفق مزدوج 3.6/1.9 (لتر لكل عملية دفق) *(قابلة للتغيير بسبب التقدم التكنولوجي)*

)2(بالنسبة لمرحاض الرجال مع المباول- سيفون مفرد 3 لتر في عملية الطرد الواحدة *(قابلة للتغيير بسبب التقدم التكنولوجي)*.

)3(بالنسبة لحمام الرجال مع/بدون المباول - سيفون مفرد 3 لتر في عملية الطرد الواحدة (قابلة للتغيير بسبب التقدم التكنولوجي).

يُعد المرحاض الأحادي والمزدوج الدفق المبين أعلاه الأقل سعة في للدفق المتاح حاليًا في السوق. وللحد من استهلاك المياه، تتطلب المراحيض التي تستخدم مجرى البول الخالي من الماء أو منخفض التدفق سيفون مياه مفردًا لأنها تتطلب كمية أقل من الماء لتدفق كامل.

b. نوع صمام الدفق:

)1(لمراحيض الرجال والنساء - 4 لترات في كل عملية دفق *(قابلة للتغيير بسبب التقدم التكنولوجي)*.

2. المباول

لتحسين استهلاك المياه، يبدو أن استخدام مجرى البول الخالي من الماء هو الخيار الأفضل، ولكن التركيب الفعلي لهذا النوع يثير الكثير من القلق بشأن الرائحة الكريهة والنظافة. الخيار البديل هو توفير سيفون مؤقت زمنيًا بدلا من مبولة بدون ماء لتقليل استهلاك المياه. بالنسبة لأماكن عالية الإشغال الكثيف، تكون المباول المنخفضة ذات السيفون المؤقت زمنيًا (1.9 لتر في الطردة) الخيار الأفضل.

7.3 نظام المياه الرمادية ومياه الصرف الصحي المعالجة

يمكن للمباني التي تستخدم نظام تكديس صحي مزدوج (تكديس التربة والنفايات) فرصة لإعادة استخدام المياه الرمادية (المعالجة) في تنظيف خزانة المياه والري واستخدام المياه الأخرى غير الصالحة للشرب. المياه الرمادية (مياه الصرف المنزلي) هي مياه الصرف التي تنتج دون وجود مواد عادمة أو مسببات أمراض أقل وتتطلب فقط معالجة ثانوية لمياه الصرف لإعادة الاستخدام. يمكن أن يكون مصدر المياه الرمادية المعالجة من مرش الاستحمام وأحواض الغسيل وغسالات الملابس والأحواض وما إلى ذلك. تتضمن المعالجة الثانوية للمياه العادمة تفاعلات كيميائية وعمليات بكتريولوجية لإزالة المادة العضوية المعلقة. ثم يتم ضخ مياه الصرف المعالجة، التي يطلق عليها عادة "مياه الصرف الصحي المعالجة" مرة أخرى لإعادة استخدامها في النظام التالي:

1. لدفق مياه المرحاض

يكون خط مياه المرحاض المستخدم في مياه الصرف الصحي المعالجة منفصلا عن خط المياه المحلي المستخدم في الأحواض ومرش الاستحمام والمغاسل وغيرها من استخدامات المياه النظيفة.

2. لنظام ري المساحات الخضراء

7.4 أنواع أنظمة الري بالرش ونظام التحكم بها

يستخدم الري أنواعًا مختلفة من رؤوس المرشات التي تتراوح بين رشاشات التأثير ورؤوس الرش المنبثقة ورشاشات الدوران والبخاخات ذات الفوهة. ينتج هذا النوع من الرؤوس قطرات ناعمة جدًا تزيد من التبخر، وبالتالي فإن كمية كبيرة من الماء تفقد في الغلاف الجوي. لإزالة أو تقليل التبخر في نظام الري، يجب أن يتحقق ما يلي:

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند

1. يجب تقليل ملامسة الماء للهواء عن طريق تجنب رأس الرش الذي يحول الماء إلى رذاذ ناعم. استخدام مرشات المياه الدوارة أكثر ملاءمة.
2. وكلما زادت سرعة الرياح، زادت نسبة التبخر. يجب أن تكون سرعة الهواء عند الري عند الحد الأدنى ويجب أن يكون جهاز استشعار سرعة الهواء مطلوبًا للري الآلي لتجنب التنشيط أثناء الرياح العاتية.
3. يجب عزل خزان الري أو تظليله لحماية الماء من اكتساب الحرارة من الإشعاع الشمسي والحفاظ عليه أكثر برودة.
4. وللتخلص من التبخر، يجب أن تكون نقطة التكاثف الهوائي المحيط هي نفسها أو أعلى مقارنة بدرجة حرارة مياه الري. ينصح بمراقبة نقطة التكاثف الهوائي في نظام الري الأوتوماتيكي وكذلك درجة حرارة الماء. فكلما زاد الاختلاف في درجة الحرارة، زاد التبخر.

تنطلق الرطوبة النسبية في معظم الأوقات في الليل بالإضافة إلى درجة حرارة نقطة التكاثف، وتنخفض مع شروق الشمس في الصباح الباكر (بالإضافة إلى درجة حرارة نقطة التكاثف). لهذا السبب، من المنطقي أن يتم الري في الليل وفي وقت مبكر من الصباح قبل ظهور الشمس للقضاء على التبخر أو تقليله. يجب استخدام أجهزة استشعار مياه الأمطار لتجنب ري المساحات الخضراء عند هطول الأمطار.

7.5 تقنيات أخرى لتوفير المياه:

1. تحسين استهلاك الطاقة فيما يتعلق بالتصميم المعماري:
   a. تحديد تجهيزات السباكة ذات التدفق المنخفض بتقنية التهوية لصنابير المياه ومرشات الاستحمام.
   b. استخدم المساحات الخضراء الصناعية أو المساحات الخضراء التي تستهلك كميات أقل من المياه.
   c. استخدم بلاط (أو تشطيبات) سهل التنظيف في الحمامات، والمطابخ، والمغاسل لتقليل المياه المستخدمة للتنظيف.
   d. تحديد الأجهزة (غسالات الملابس، إلخ) التي يتطلب تشغيلها كميات مياه أقل.
   e. تقليل المساحة السطحية لبرك المياه الخارجية والداخلية.
2. تحسين الطاقة فيما يتعلق بالتصميم الميكانيكي:
   a. تجميع الماء المكثف والناتج من أجهزة التكييف في المناخ الرطب لإعادة استخدامه في تركيبات السباكة والري.
   b. استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة الخاصة بالبلدية أو مياه الصرف الصحي المعالجة المحلية من محطة معالجة مياه الصرف الصحي للحد من استهلاك المياه الصالحة للشرب.
   c. تجنب الفوهات من نوع رذاذ الماء المتطاير لتقليل التبخر.
   d. توفير ضغط نظام منخفض للمياه المحلية لتقليل استهلاك المياه.
   e. استخدم أنفاق الغسيل مع نظام إعادة تدوير المياه للغسيل بدلاً من المخرج الفردي للغسالة.
   f. تقليل تفريغ الغلاية من خلال توفير معالجة فعالة لمياه غرف تجميع المياه. استعادة التفريغ وتبريده واستخدامه في مياه الصرف الصحي المعالجة للري أو الطرد في الحمامات.
   g. استخدم ترشيح التدفق الجانبي لمكثف برج التبريد بدلا من تقنية التفريغ.
   h. التأكد من إجراء اختبار الضغط المناسب للأنابيب أثناء الإنشاء لتجنب تسرب المياه أثناء التشغيل.
   i. تجهيزات مائية داخلية باردة لتقليل أو القضاء على التبخر خاصة عند تطبيق الحمل الكثيف.
   j. توفير عدادات المياه. توعية شاغلي المبنى وفرض عقوبة على مستخدمي المبنى عند تجاوز الحد الأقصى المسموح به لاستهلاك المياه.

بمجرد طباعة النسخة الإلكترونية من هذا المستند فإنها تصبح غير خاضعة للرقابة وقد تصبح نسخة قديمة، يرجى الرجوع إلى نظام إدارة المحتوى المؤسسي للحصول على آخر إصدار لهذا المستند.
إن هذا المستند ملكية خاصة لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويخضع للقيود الموضحة بالإشعار الهام من هذا المستند