EXPRO
هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية
Expenditure Efficiency & Projects Authority

الدليل الوطني لإدارة المشاريع

المجلد 6، الفصل 7

إرشادات تصميم نظام التبريد المركزي (التبريد المناطقي)

رقم الوثيقة: EPM-KEM-GL-000003-AR
رقم الاصدار: 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	2021/11/08	للإستخدام

.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") مملوكة حصرًا لهيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية، ويجب على كل معني أو من يطلع على هذه الوثيقة قراءة هذا الإشعار بالكامل إلى جانب قراءة أحكام هذه الوثيقة، ويجوز للإدارات المعنية في الهيئة الإفصاح عن هذه الوثيقة أو مقتطفات منها لمستشاريها و / أو المتعاقدين المعنيين ("المتعاملين") ، شريطة أن يكون هناك حاجة وبعد التنسيق وإحاطة الإدارة مالكة الوثيقة، كما تنوه الهيئة إلى أن أي استخدام أو اعتمادٍ على هذه الوثيقة، أو بعضها يلزم أن يسبقه إحاطة مالك الوثيقة وأي استخدام أو اعتماد على هذه الوثيقة، أو مقتطفات منها، من قبل أي طرف، بما في ذلك الكيانات الحكومية والمستشارين و / أو المتعاقدين المعنيين، هي على مسؤولية ذلك الطرف وحده.

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 من الوثيقة 5
2.0 النطاق 5
3.0 التعريفات 5
4.0 المراجع 5
5.0 المسؤوليات 5
6.0 الإجراءات 6
6.1 مقدّمة 6
6.2 إرشادات خاصة بالمعدات، والمكونات وتحديد حجم أنابيب التوزيع 6
6.3 متطلبات تخفيض رأس المال واسترداد الاستثمار بشكل أسرع 6
6.4 مصدر وفورات الطاقة لنظام التبريد المركزي مقارنةً بنظام المياه المبرّدة في المبنى 7
6.5 آلية تحسين الطاقة 7
6.6 نظام التبريد المركزي - اعتبارات التصميم الرئيسية 8
6.7 المتطلبات التنظيمية 9
7.0 المرفقات 10
المرفق 1 - قائمة تدقيق تحسين تصميم نظام التبريد المركزي (EPM-KEM-TP-000027) 11

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 من الوثيقة

الغرض من هذه الوثيقة هو تزويد الجهة الحكومية بالإرشادات لتصميم وتنفيذ نظام التبريد المركزي (DCS) امتثالاً للقرار رقم 3 الصادر عن مجلس الوزراء السعودي بتاريخ 1438/1/2 هجريًا، والذي يقضي باستخدام التبريد المركزي (التبريد المناطقي) لمشاريع التطوير الكبيرة الجديدة التي تتطلب نظام تبريد مركزي. لا تناقش الوثيقة أساليب توفير الطاقة فقط المرتبطة بالتقنيات، لكنها تناقش أيضًا أساليب تقليل التكلفة وتحسين استرداد الاستثمار في توفير نظام التبريد المركزي.

2.0 النطاق

تصدر هذه الوثيقة لأغراض مرجعية فقط لإرشاد مصممي نظام التبريد المركزي في تطوير تصميم يتميز بالكفاءة في استهلاك الطاقة وتحسين التكلفة.

وتتطرق هذه الوثيقة أيضًا إلى آليات التشغيل اللازمة لزيادة كفاءة المعدات وأنظمة التشغيل ومدى موثوقيتها في إطار الوثيقة "تحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في المباني القائمة والجديدة (EPM-KE0-GL-000004)".

بصرف النظر عن التوصيات المُقدَّمة في هذه الوثيقة، فإن المسؤوليات النهائية للتصميم الفعال لأنظمة التدفئة والتهوية والتكييف تظل على عاتق الجهة الحكومية و/أو الاستشاري المعماري/الهندسي.

3.0 التعريفات

الاختصارات	الوصف
ASHRAE	الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف
A/E	الاستشاري المعماري/الهندسي
COP	معامل الأداء
DCS	نظام التبريد المركزي
DRV	صمام تنظيم مزدوج
EER	معدل كفاءة استهلاك الطاقة
FSD	محرك ثابت السرعة
أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف	التدفئة والتهوية وتكييف الهواء
IPLV / NPLV	قيمة الحمل الجزئي المتكامل / قيمة الحمل الجزئي غير المتكامل
I&C	الأدوات والضوابط
LSG	نسبة اكتساب الضوء إلى الحرارة الشمسية
PICV	صمام التحكم المستقل بالضغط
RH	الرطوبة النسبية
ROI	عائد الاستثمار
SH	معامل التظليل
SHGC	معامل زيادة الحرارة المكتسبة بالطاقة الشمسية
VFD	محرك متغير التردد
VSD	محرك متغيّر السرعة

4.0 المراجع

1. إرشادات التصميم الميكانيكي (EPM-KEM-GL-000001)
2. تحسين استهلاك الطاقة والماء في المباني القائمة والجديدة (EPM-KEM-GL-000004)
3. إرشادات التصميم العامة (EPM-KE0-GL-000016)
4. دليل التبريد المركزي الصادر عن الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء، 2013 مع أخطاء 2016

5.0 المسؤوليات

تمتلك الإدارة الهندسية لدى هيئة كفاءة الأنفاق والمشروعات الحكومية هذه الوثيقة وتحتفظ بها. الجهات الحكومية مسؤولة عن تقديم هذا الدليل الإرشادي إلى الاستشاري المعماري/الهندسي المسؤول عن تصميم نظام التبريد المركزي.

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

6.0 الإجراءات

6.1 مقدّمة

يتسع نطاق استخدام أنظمة التبريد المركزي في الوقت الحاضر بسبب الفوائد المتعددة التي يمكن الحصول عليها من استخدام هذه الأنظمة مقارنةً ببناء أنظمة المياه المبردة. يمكن أن تتراوح الفوائد من توفير الطاقة (من خلال التبريد التبخيري عبر أبراج التبريد المغلقة أو المفتوحة المطلوبة لمبردات الطرد المركزي، ومبخر التدفق العكسي المتسلسل وترتيب المكثف)، وتوفير تكاليف الصيانة، وبساطة الصيانة، والفوائد البيئية، وتوفير مساحة المبنى لتبريد المعدات التي يمكن تحويلها إلى إيرادات. العيب الوحيد لنظام التبريد المركزي هو أن تكلفة رأس المال باهظة الثمن مقارنة بتكلفة أنظمة المياه المبردة للمباني الفردية مجتمعة لكل طن من التبريد.

تركز هذه الوثيقة على خمس (5) موضوعات كاستثناءات من الإرشادات العامة لتغيير حجم المعدات، والمكونات والأنابيب على النحو التالي:

1. تجري مناقشة متطلبات نظام التبريد المركزي (DCS) للحصول على مدة مبررة لعائد الاستثمار (ROI) حيث إن توزيع الأنابيب والمعدات المرتبطة بها باهظة الثمن.
2. مصدر وفورات الطاقة لنظام التبريد المركزي مقارنةً بنظام المياه المبرّدة في المبنى.
3. يجري تناول آليات توفير الطاقة ضمن وثيقة "*ترشيد استهلاك الطاقة والمياه في المباني القائمة والجديدة* (EPM-KE0-GL-000004)" لتحسين استهلاك طاقة المعدات والأنظمة، بالإضافة إلى تأثيرات تلك الآليات.
4. نقاط ينبغي مراعاتها في تصميم نظام التبريد المركزي، والتي تحدد نوع المبرّد وتوزيع الأنابيب التي ستكون أكثر استخدامًا وفقًا لحالات الموقع.
5. المتطلبات التنظيمية لتنفيذ نظام التبريد المركزي في المملكة العربية السعودية.

6.2 إرشادات خاصة بالمعدات، والمكونات وتحديد حجم أنابيب التوزيع

1. يُرجى الرجوع إلى الوثيقة EPM-KEM-GL-000001 بالقسم 4.2.7 للتعرّف على نظام التبريد المائي.
2. يُرجى الرجوع إلى الوثيقة EPM-KEM-GL-000001 بالقسم 4.2.8 للتعرّف على نظام المياه المتكثفة.
3. يُرجى الرجوع إلى الوثيقة EPM-KEM-GL-000001 بالقسم 4.2.13 للتعرّف على نظام أتمتة المباني.
4. يُرجى الرجوع إلى الوثيقة EPM-KEM-GL-000001 بالقسم 4.3.3 للتعرّف على معدات التبريد والملحقات.
5. يُرجى الرجوع إلى الوثيقة EPM-KEM-GL-000001 بالقسم 4.3.4 للتعرّف على مكونات النظام المشتركة

6.3 متطلبات تخفيض رأس المال واسترداد الاستثمار بشكل أسرع

نظرًا لأن جميع موفري خدمة التبريد المركزي والمالكين على دراية بالاستثمارات الرأسمالية العالية المطلوبة لتنفيذ نظام التبريد المركزي، فإن بعض المؤشرات تحددها المعايير لضمان مدة بسيطة لعائد الاستثمار عند مقارنتها مع أنظمة المياه المبردة بالمباني. بشكل عام، ينبغي أن تتمتع المباني المزودة بالمياه المبردة من التبريد المركزي باستخدام عالي للتبريد. يتطلب نظام التدفئة والتهوية والتكييف الصادر عن الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء ومعايير المعدات وجود عامل حمل تبريد سنوي مرتفع وكثافة حمل حراري عالية لتحقيق عائد استثمار (ROI) فوري. تعد قابلية تطبيق نظام تبريد المباني هي الأنسب للمجمعات الصناعية، وهي المناطق المدنية الأعلى كثافة والمكونة من مناطق عالية الارتفاع، والمطارات وما إلى ذلك.

تتمثل إحدى الآليات الرئيسية لتقليل التكلفة الرأسمالية الإجمالية في استخدام دلتا تي على نطاق أوسع لتصميم المياه المبردة. تقلل دلتا تي الأوسع من حجم الأنبوب، وقدرة المضخة وحجم صهاريج التخزين الحراري بشكل كبير. يوصى بإمداد المياه المبردة بدرجة حرارة مثالية تبلغ 3.9 درجة مئوية لتجنب المشاكل المرتبطة بتمدد المياه في درجات حرارة منخفضة، ويمكن أن تصل درجة حرارة العودة إلى 15 درجة مئوية لاستخدامات الرطوبة النسبية غير الحرجة.
يعد التقدير المفرط لأحمال التبريد مشكلة شائعة في نظام التبريد المركزي، والذي ينتج عنه توافر معدات وأنظمة كبيرة الحجم. وتعد الأحجام الكبيرة للمعدات والمكونات واحدة من الأسباب الرئيسية للاستثمارات الرأسمالية العالية. في أثناء مرحلة التخطيط، يكون من الصعب أو من المستحيل تقريبًا تحقيق متطلبات التبريد بدقة نظرًا لعدم إمكانية تحديد تفاصيل خاصة بتشييد المبنى، والإشغال، ووقت الاستخدام، وتوزيع الهواء في نظام التهوية والتدفئة والتكييف، واسترداد الطاقة وغيرها من المعلومات المحددة. هذه هي إحدى الميزات الرئيسية من استخدام نظام المياه المبردة بالمباني، حيث يمكن حساب حمل التبريد بدقة في أثناء التصميم، وبالتالي توفير تكاليف توزيع المعدات والأنابيب الرئيسية. يراعي مصممو نظام التهوية والتدفئة والتكييف السيناريوهات الأسوأ في أثناء مرحلة التخطيط لتقدير أحمال التبريد للأسباب السابق ذكرها، لذلك يُنصح موفرو ومالكو نظام التبريد المركزي بتنفيذ التوحيد القياسي لمعايير تصميم المبنى لإرشاد مصممي نظام الهوية والتدفئة والتكييف وتقليل التباينات في تقديرات أحمال التبريد. فيما يلي معايير تصميم نظام التهوية والتدفئة والتكييف الرئيسية التي تؤثر بشكل كبير على التباين في تقديرات التبريد المطلوبة للتوحيد القياسي للمباني التي تشغل نظام التبريد المركزي:

1. استخدام الجدران المزدوجة مع أعمال العزل التي تستخدم خصائص محددة.
2. كمية النوافذ الزجاجية (كمية الزجاج، مثل النوافذ وغيرها من الفتحات)
3. تشييد بلاطات الأسطح
4. استخدام الانتقالية الحرارية المرتفعة للعنصر الإنشائي (القيمة U)، وانخفاض معامل الاكتساب الحراري بالطاقة الشمسية (SHGC)، وارتفاع معامل التظليل (SC) وارتفاع نسبة الضوء إلى الحرارة بالطاقة الشمسية (LSG) للزجاج.

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

5. استخدام استرداد الطاقة
6. متطلبات ضغط المباني أو تنفيذ اختبار تسرب الهواء من محيط المبنى لتقليل الترشيح.
7. عوامل التنوع، وينبغي تقييمها جيدًا.

6.4 مصدر وفورات الطاقة لنظام التبريد المركزي مقارنةً بنظام المياه المبرّدة في المبنى

يجري التسويق لنظام التبريد المركزي بقوة لتوفير ما يتراوح من 30% إلى 40% من طاقة المبنى عند مقارنتها بإجمالي أنظمة المياه المبردة بالمباني الفردية و/أو غيرها من أنظمة التوسيع المباشرة الأصغر حجمًا. العديد من جوانب نظام التبريد المركزي يشبه تصميم نظام المياه المبردة للمباني نظرًا لإمكانية استخدام معظم آليات التصميم لتقليل استهلاك الطاقة في كلا النظامين. الميزة الوحيدة لنظام التبريد المركزي مقارنة بنظام المياه المبردة للمباني الفردية فيما يتعلق بوفورات الطاقة هي استخدام مبردات الامتصاص مزدوجة التأثير التي تستخدم الحرارة المهدرة من محطات توليد الطاقة (أو أي مصدر حراري آخر) وترتيب التدفق العكسي المتسلسل للمبخرات والمكثفات المبردة المستخدمة لأنظمة المياه المبردة الكبيرة. تُستخدم تهيئة التدفق العكسي المتسلسل للمبردات المركزية بشكل تقليدي لأنظمة المياه المبردة الكبيرة والمبردات الكبيرة، وقد ثبُت توفيرها لكمية معقولة من الطاقة. يمكن استخدام مبردات الأمونيا (مع أو بدون أبراج تبريد، إذا كانت اللوائح المحلية تسمح بذلك)، ومبردات الطرد المركزي مع أبراج التبريد، ومبردات استرداد الحرارة، والتخزين الحراري، ومبردات التبريد الطبيعي، وموفرات الطاقة لكل من الأنظمة الكبيرة والصغيرة.

في الأيام الخوالي، فتح استخدام مبردات الطرد المركزي الكبيرة الطريق لتفضيل نظام التبريد المركزي على العديد من أنظمة المياه المبردة الأصغر لأن كفاءات الحمل الكامل والحمل الجزئي أفضل بكثير من مبردات نظام المياه المبردة الصغيرة لأنواع الضواغط المختلفة. لا يقتصر استخدام مبردات الطرد المركزي هذه الأيام على الأنظمة الأكبر حجمًا فقط، لكن تتوفر أيضًا مبردات طرد مركزي في السوق حتى 200 طن ولها نفس الكفاءة كما في الوحدات الأكبر حجمًا من حيث الحمولة الجزئية والكلية. وبالمقارنة بأنواع المبردات الأخرى، باستثناء مبردات الأمونيا التي تستخدم المكثفات المبردة للمياه، توفر المبردات ذات محركات الطرد المركزي الثابتة أعلى نسبة كفاءة في الطاقة (EER) أو معامل أداء (COP) في الحمل الكامل، ما يعني أنه يلزم توفير طاقة كهربية أقل لكل طن اسمي مع وجود معدات أصغر حجمًا في الحمل الكامل. من ناحية أخرى، تتميز مبردات الأمونيا عن مبردات الطرد المركزي نظرًا لكونها يمكن أن تعمل بمكثفات الهواء المبرد، ولا سيما في حالة ندرة المياه غير المكلفة أو عدم توافرها لتبريد المكثف المطلوب لمبردات الطرد المركزي. تتمثل الميزة الرئيسية لمبرد الطرد المركزي على محرك السرعة الثابتة في مبرد الأمونيا في الكفاءة العالية عند التحميل الجزئي والذي يمكن أن يصل إلى 0.2 كيلو وات/طن في الحمولة الجزئية المدمجة (IPLV)، على عكس مبردات الأمونيا ذات المحركات ثابتة السرعة (FSD) حيث تكون الكفاءة ثابتة تقريبًا من التحميل الكامل إلى التحميل الجزئي (VSD) حيث يتميز مبرد الأمونيا اللولبي بكفاءة أفضل عند التحميل الجزئي مقارنة بالمحركات ثابتة السرعة). لذلك، من المهم أن تعرف المفهوم والقصد من تصميم نظام التبريد المركزي لتحسين الطاقة باستخدام أنواع مختلفة من المبردات والاستفادة من مصدر الحرارة المهدرة.

تستند مقارنة نظام التبريد المركزي بنظام المياه المبردة للمباني إلى التصميم نفسه، حيث يستخدم نظام التبريد المركزي مبردات الطرد المركزي التي تتطلب برج تبريد لرفض حرارة المكثف ولا ينبغي مقارنته بمبردات الهواء المبرد. يعد التبريد بالتبخير للمكثف هو السبب الرئيسي لتقليل الطاقة في نظام التبريد المركزي وليس النظام نفسه.

6.5 آلية تحسين الطاقة

فيما يلي آليات تحسين الطاقة التي يمكن استخدامها لتحسين وتعزيز استهلاك طاقة نظام التبريد المركزي فيما يتعلق بدورتها فقط (لا يتم تضمين آلية تحسين الطاقة من ناحية الهواء ودوائر المياه المبردة للمستهلك)، والتي يجري تناولها بالتفصيل في الوثيقة *"تحسين استهلاك الطاقة والمياه في المباني القائمة والجديدة"* (EPM-KE0-GL-000004):

1. استخدام صمامات التحكم في الضغط المستقلة لحل المشاكل المتعلقة بدلتا تي المنخفضة
2. استخدام أجهزة استشعار الضغط التفاضلي في المؤشرات المرتقبة المتعددة وتوفير الإعداد الأمثل
3. تنفيذ نظام المياه المبردة الأساسي المتغير بدلاً من النظام الأساسي/الثانوي
4. فصل الدوائر بشكل صحيح
5. التحميل المشترك مقابل تحميل جهاز واحد في الأحمال الجزئية للمضخات التي تشغلها المحولات متغيرة التردد
6. الجمع بين المبردات ذات السرعة الثابتة والمبردات ذات السرعة المتغيرة، والمبردات ذات القدرة الكبيرة، والقدرة الصغيرة
7. زيادة المياه المبردة ودلتا درجة حرارة مياه المكثف
8. توازن طاقة المبرد وبرج التبريد
9. استخدام مبردات التبريد الحر
10. استخدام مبردات استرداد الحرارة
11. استخدام مبردات الامتصاص ذات التأثير المزدوج
12. استخدام مبردات الأمونيا
13. استخدام التبريد بالتبخير لأنظمة تكثيف المياه المغلقة والمفتوحة
14. استخدام نظام التخزين الحراري، وهو نظام تخزين الثلج وتخزين 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

15. استخدام موفر طاقة جانب المياه
16. اختيار الرأس المناسب للمضخات
17. تحسين ضوابط نظام أتمتة المباني
18. تنفيذ الاختبار والتشغيل التجريبي الملائمين
19. التشغيل التجريبي بعد إشغال المبنى
20. آليات أخرى لتوفير الطاقة مدونة في الوثيقة المشار إليها

6.6 نظام التبريد المركزي - اعتبارات التصميم الرئيسية

عند تصميم نظام التبريد المركزي، ينبغي مراعاة النقاط التالية المهمة:

1. لتحسين استهلاك الطاقة، ينبغي استخدام مبردات الطرد المركزي ذات السرعة الثابتة مع المبردات ذات المحولات متغيرة التردد، حيث تكون كفاءة الحمل الكامل أعلى. ينبغي تصميم نظام التبريد المركزي لضمان تشغيل كل مبرد بنسبة 100% من قدرته التصميمية عند طلب التبريد المرتفع والمنخفض من خلال استخدام نظام التخزين الحراري. يزيد نظام التخزين الحراري من كفاءة تبريد النظام، ولا سيما عند نقل أحمال التبريد ليلاً عندما تكون درجة حرارة التكثيف أقل، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة تشغيل المبرد. في حال عدم تنفيذ التخزين الحراري لأي أسباب (مثل القيود المالية، على الرغم من عدم التوصية بذلك)، ينبغي على المصمم دراسة إمكانية مزج المبردات ذات المحولات متغيرة التردد مع مبردات ذات محرك السرعة الثابتة لتحسين كفاءة المبرد الثانوي عند التحميل الجزئي. يوفر مصمم نظام التدفئة والتهوية والتكييف أيضًا تسلسلاً تشغيليًا للجمع من أجل تحسين استهلاك الطاقة.

   عند استخدام نظام التخزين الحراري، يراعي مصمم نظام التدفئة والتهوية والتكييف إجمالي ملف تعريف الحمل الحراري المتوقع باستخدام برنامج أحمال تبريد نظام التدفئة والتهوية والتكييف. ينبغي تقييم العوامل التي تؤثر على ملف تعريف الحمل الحراري بشكل صحيح مثل توقيت الإنارة، والإشغال وتغيرات أحمال العملية. يحتوي برنامج حمل التبريد على ملف تعريف مناخي مدمج للساعة بحيث يمكن تقييم ملف تعريف الحمل بدقة. تستند قدرة نظام التخزين الحراري إلى الحالات التالية للتأكد من الاستخدام الاقتصادي والفعال؛

   a. اختلاف حجم حمل التبريد الفوري للذروة كل ساعة عن متوسط حمل التبريد في أثناء اليوم الذروة لمتطلبات التبريد؛

   b. مراعاة استخدام نظام التخزين الحراري أثناء النهار لتقليل عدد المبردات المطلوبة للتبريد بالإضافة إلى قدرة مرفق الطاقة الكهربائية للمبنى. يصمم الخزان الحراري بالتوازي ويُقسّم إلى طبقات لزيادة المنحدر الحراري، ما ينتج عنه إمداد وإرجاع دقيق لدرجة حرارة نظام المياه المبردة.

   يقيّم المصمم خيار تحديد موقع تخزين الطاقة في محطة المبرد أو في مكان بعيد. يمكن أن يكون تخزين الطاقة على الأرض أو تحتها. هناك ميزات لاختيارات المواقع المختلفة، تعتمد على نوع آلية التخزين المستخدمة، وهو ما يجري تناوله في الفصل 6 من إرشادات التبريد المركزي الصادرة عن الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء. لا يبرر مصمم نظام التبريد المركزي اختيار آلية تخزين الطاقة فحسب، بل يبرر أيضًا قرار تحديد موقعها داخل النظام.

2. ينبغي مراعاة استخدام ترتيب مبردات التدفق العكسي التسلسلي (للمبخر والمكثف) لتحسين الطاقة. يعمل ترتيب التدفق العكسي التسلسلي على تقليل استهلاك طاقة النظام بنسبة تتراوح من 8% إلى 12% مقارنةً بترتيب المبرد المتوازي، و4% إلى 6% من الوفورات مقارنةً بالترتيب (المكثف) التسلسلي المتوازي (المبخر). زيادة كفاءة المبردات بسبب المصاعد المنخفضة على مدى التشغيل (1) انخفاض كفاءة المبرد بسبب استخدام المبخر أحادي المرحلة و(2) الزيادة في رأس المضخة المطلوبة للتغلب على فقدان الضغط المشترك لكل من مبخر المبرد والمكثف. لا يحتوي تصميم نظام التبريد المركزي حيث يتم ضبط المبردات في تهيئة متوازية على فوائد توفير الطاقة عند مقارنته بإجمالي استهلاكات طاقة أنظمة المياه المبردة في المباني الفردية. الخيار الأسوأ هو عند استخدام نظام أساسي ثانوي عند قدرة المبردات على العمل في التوزيع الأساسي فقط، والذي سينتج عنه زيادة استهلاك الطاقة.

   تُستخدم ترتيبات مبخر المبرد المتسلسل للتحميل التفضيلي للمبرد الأول لضمان تشغيله بكامل قدرته. تكون الكفاءة المجمعة لكل من المبردين عندما يكون أحدهما في حالة حمولة كاملة والآخر في حالة حمولة جزئية أعلى مقارنةً عندما يكون كلا المبردين في حالة حمولة جزئية.

   يوفر مصمم نظام التبريد المركزي تسلسلاً تشغيليًا للتدفق العكسي التسلسلي مع الأخذ في الاعتبار التشغيل، وتحسين استهلاك الطاقة والسلامة التشغيلية، حيث تعزز الجهة المصنّعة للمبرد المختار هدف المصمم لتسلسل التشغيل والتسليم، وتثبيت وحدات التحكم في نظام التبريد المركزي المبرمجة مسبقًا.

3. ينبغي وضع مبردات الأمونيا في الاعتبار ليستخدمها المصمم في نظام التبريد المركزي عندما تسمح اللوائح التنظيمية المحلية والميزانية بذلك. تعد الأمونيا أفضل في كفاءة كلاً من نظامَي المكثف بالهواء المبرد والمكثف بالمياه المبردة مقارنةً مع مواد التبريد الأخرى، حيث تتميز الأمونيا بأنها مادة تبريد طبيعية، رخصية الثمن ولديها قدرة صفرية على إحداث الاحترار العالمي واستنفاد طبقة الأوزون. يُنصح بتنفيذ تدابير السلامة، مثل نظام الكشف عن تسرب الأمونيا ونظام العادم لضمان الاستخدام الآمن لغاز التبريد للمحطة المركزية.

   للمواقع الحارة والرطبة حيث أبراج التبريد غير مناسبة للاستخدام نظرًا لارتفاع درجة الحرارة الرطبة طوال العام (على سبيل المثال، المشاريع القريبة من البحر)، يمكن أن يكون مبرد الأمونيا المكثف بالهواء المبرد هو الخيار الأفضل. ينتج عن المناخ الحار والرطب أبراج تبريد كبيرة وتشغيل غير فعال لكل من البرج والمبرد. يقيّم المصمم كفاءة النظام بشكل عام لتحديد النظام الموصى به لهذا المناخ.

4. يراعي تصميم نظام التبريد المركزي تشغيل النظام في المرحلة المبكرة من أي تطوير مدني حيث يكون حمل التبريد منخفضًا. يوصى بشدة باستخدام التخزين الحراري.

5. بالنسبة للمواقع الجافة (مثل، الرياض)، حيث تكون درجة الحرارة الرطبة منخفضة جدًا لمعظم العام، ينبغي مراعاة استخدام مبردات التبريد الحر مع الموفر نظرًا لأن درجة حرارة ماء المكثف من برج التبريد يمكن أن تكون أقل من 13 درجة مئوية، ولا سيما في موسمَي منتصف

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

الصيف ومنتصف الشتاء، حيث سيؤدي ذلك إلى تقليل حمل التبريد المفروض على المبردات عن طريق التبريد المسبق للمياه المبردة المرتجعة من المباني.

6. عند تنفيذ التحكم في إعادة الضبط بناءً على درجة الحرارة المحيطة أو ارتجاع المياه المبردة، ينبغي تنسيق التصميم مع مصممي أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف بحيث يمكن تعديل معايير التصميم لتطبيق الرطوبة النسبية الحرجة (مثل المستشفيات، مصانع الأدوية، الصيدليات، مصانع الطباعة، وما إلى ذلك)، ولا سيما للمشاريع التي تقع في المناخات الرطبة. يعد تأثير التحكم في إعادة الضبط أقل أهمية في المواقع منخفضة الرطوبة، مثل الرياض.

7. يُنصح بشدة باستخدام صمام التحكم المستقل في الضغط (PICV) بدلاً من صمام التحكم التقليدي ثنائي الاتجاه. هذا لحل مشكلات دلتا تي المنخفضة المرتبطة بصمامات التحكم التقليدية ثنائية الاتجاه والتي تؤدي إلى إهدار هائل للطاقة. يُرجى الرجوع إلى الوثيقة *"تحسين استهلاك الطاقة والمياه في المباني القائمة والجديدة"* (EPM-KE0-GL-000004) للتعرّف على الفوائد الأخرى لاستخدام صمام التحكم المستقل في الضغط بدلاً من صمامات التحكم التقليدية. يعد صمام التحكم المستقل في الضغط هو الصمام الأكثر ملائمة لأنظمة التبريد المركزي نظرًا لكونه صمام موازنة تلقائي. لا يُنصح باستخدام صمام تحكم مزدوج (DRV) نظرًا لأنه في كل مرة يتم فيها إضافة مبنى إلى نظام التبريد المركزي، يجب دائمًا تكرار أعمال الموازنة.

8. يراعي المصمم متطلبات القياس الدقيق للتدفق، ودرجة الحرارة والضغط في كل واجهة مبنى (كل من الإمداد والعودة) ليس فقط لغرض مراقبة استخدام المبنى الفردي ولكن أيضًا لحل أي مشكلة في الشبكة في أثناء التشغيل والصيانة. يُرجى الرجوع إلى دليل التبريد المركزي الصادر عن الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء لعام 2012 للحصول على توصيات محددة حول نوع أجهزة القياس والدقة التي يجب توفيرها لقياس هذه المتغيرات.

9. يراعي المصمم جميع جوانب المشروع واختيار تقنية أنظمة القياس والتحكم المناسبة والتي تخدم الغرض بشكل أفضل وتوفر المبرر لاختيار هذه التقنية. يُرجى الرجوع إلى الفصل 7 من دليل التبريد المركزي الصادر عن الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء لعام 2013 للتعرّف على إرشادات اختيار أجهزة القياس وأنظمة التحكم الملائمة (نظام إدارة المباني مقابل نظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات).

10. للأنظمة ذات المسارات الطويلة للأنابيب تحت الأرض، غالبًا ما تكون زيادة حجم الأنابيب قليلاً مرغوبًا فيه ليس فقط لتقليل تكاليف الضخ، ولكن أيضًا لتسهيل النمو المستقبلي، وينبغي أن يقوم المصمم بتقييمها. ينبغي إجراء تحليل إجهاد الأنابيب لتحديد متطلبات الدعائم الثابتة ونقاط التوسيع لتقليل الإجهاد في الأنابيب أو التخلص منه بسبب التشييد/التوسيع. ينبغي توفير العدد المطلوب من علب التوزيع لصناديق الصمامات ووصلات التوسيع لتسهيل فحص الأنابيب تحت الأرض وصيانتها.

11. ينبغي تصميم أعمال العزل بطريقة تقلل من الاكتساب الحراري. ينبغي توفير خصائص العزل وسمكه للحصول على 1 درجة مئوية من والعودة إلى المبرد لزيادة دلتا تي بملف التبريد، وينبغي توفير نظام للكشف عن التسرب في الأنابيب المدفونة لسهولة التعرّف عليها في حالة تسرب الأنابيب أو فشل العزل. ويتم وضع لوحة كشف التسرب في المحطة المركزية وتوصيلها بنظام إدارة المباني أو نظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات للإخطار التلقائي.

12. يتم التحقق من كيمياء المياه/ضبط الجودة أثناء مرحلة التشغيل التجريبي. تُستخدم خدمة متخصصة في المياه لفحص جودة المياه المبردة والتحقق من أنها تتوافق مع متطلبات المعايير ذات الصلة (درجة الحموضة، التوصيلية، الصلابة الكلية، القلوية، الكلوريدات، الحديد القابل للذوبان، وما إلى ذلك). يوصى باستخدام التفريغ الجوي أو تفريغ الهواء لإزالة الهواء (الذي يحتوي على الأكسجين وثاني أكسيد الكربون) المذاب في الماء والذي يعد العامل الرئيسي لتآكل الأنابيب الداخلية. يتم توفير مثبطات تآكل مناسبة من خلال نظام الجرعات الكيميائية الأوتوماتيكي. في حال استخدام أبراج التبريد، توصي الجمعية الأمريكية لمهندسي التبريد والتدفئة وتكييف الهواء بما يلي: تقليل تعرض الأسطح المبللة لأشعة الشمس المباشرة لتقليل النمو البيولوجي، وتصميم دورات تركيز محسّنة استنادًا إلى كيمياء المياه التعويضية ومعدلات التبخر، والتحكم المناسب في درجة الحموضة، واختيار المواد لتقليل النمو البيولوجي استنادًا إلى كيمياء المياه التعويضية، وتوفير ميزات لتسهيل الفحص والتنظيف اليدوي.

13. يتم توصيل نظام التبريد المركزي بالمباني من خلال مبادل حراري للوحة بنهج 0.5 درجة مئوية، يؤدي ذلك إلى انخفاض إمدادات المياه المبردة للمباني، ما يؤدي إلى إزالة الرطوبة بشكل فعال من ملف التبريد وانخفاض معدل تدفق الهواء. لا يوصى بالتوصيل المباشر بسبب مشاكل التحقق من كيمياء المياه/ضبط الجودة في كل مبنى في أثناء مرحلة التشغيل التجريبي والتشغيل والصيانة.

14. عند استخدام أبراج التبريد، ينبغي أن يكون الحوض من النوع الذي يتم تنظيفه ذاتيًا ويتم توفير ترشيح التيار الجانبي في أنابيب المكثف لإزالة الرمال والأوساخ تلقائيًا. ينبغي تزويد أبراج التبريد بفوهة رش بنمط تصريف ماء قريب من المربع لزيادة التبادل الحراري والحرارة الشاملة.

6.7 المتطلبات التنظيمية

1. للمتطلبات الفنية والتنظيمية الأخرى مثل التصاريح، والتراخيص، ومعايير التنفيذ والتعريفات، ترجع الجهة العامة إلى وثيقة "الإطار التنظيمي للتبريد المركزي" (ERD-TA-010) الصادرة عن هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج (ECRA).

2. بالإشارة إلى القرار رقم 3 الصادر عن مجلس الوزراء السعودي بتاريخ 2/1/1438 هـ، فإن المتطلبات الإضافية لتنفيذ نظام التبريد المركزي تشمل:
   a. أن يكون مشروعًا جديدًا
   b. أن يتجاوز أمر التبريد 15000 طنًا
   c. تكون المنطقة التي سيقام فيها المشروع عالية الكثافة (عامل التشييد يزيد عن 1.5، منها إجمالي مساحة البناء لإجمالي مساحة الأرض.

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

d. توافر كميات كافية من المياه المعالجة في المنطقة التي تتواجد بها.

للمناطق السكنية المكونة من الفيلات أو التطبيقات متعددة الاستخدامات حيث تكون غالبية الاستخدام لأغراض سكنية (فيلات)، يوصى بشدة إجراء دراسة تكلفة دورة الحياة لضمان التخصيص الملائم للأموال فيما يتعلق بعائدات الاستثمار عند استخدام نظام التبريد المركزي مقارنةً بأنظمة التبريد الميكانيكية الأخرى.

7.0 المرفقات

1. قائمة تدقيق تحسين تصميم نظام التبريد المركزي (EPM-KEM-TP-000027)

.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

المرفق 1 - قائمة تدقيق تحسين تصميم نظام التبريد المركزي (**EPM-KEM-TP-000027**)

PROJECT NAME:	DRAWING NO.	REV.

No.	INSPECTION ITEM	CHECKED SATISFACTORY		
		N/A	YES	NO
1	Pressure Independent Control Valve to be use instead of conventional type.	☐	☐	☐
2	Chiller evaporators and condensers are arranged in series-series configuration.	☐	☐	☐
3	Demand for cooling exceeds 15,000 Tons as per ECRA Regulation ERD-TA-010 (District Cooling Regulatory Framework). Other requirements in the document shall also be applied prior to the implementation of DCS.	☐	☐	☐
4	For projects located in low wet bulb temperature region, use of Free-cooling chillers with economizer specified.	☐	☐	☐
5	As local regulation permits, Ammonia type chiller (either water cooled or air cooled) specified to reduce over-all power consumption especially in projects located in high wet-bulb temperature region where centrifugal chillers and cooling towers are very inefficient.	☐	☐	☐
6	Thermal Storage Tank included in the design of DCS	☐	☐	☐
7	Thermal Storage Tanks are design in parallel and stratified to optimize thermocline	☐	☐	☐
8	Thermal Storage Tank type and location is considered based on the technology used. Location of project is also considered if there are potential for tank floatation in case of below grade installation.	☐	☐	☐
9	DCS design provides operational sequence which states strategies for energy optimization as per Mashroat document EPM-KE0-GL-000004.	☐	☐	☐
10	Delta T for chilled water supply and return maximized to reduce distribution pipe sizing and Thermal Storage Tank capacity. Delta T is in the range of 9° to 10°C, or higher.	☐	☐	☐
11	DCS chiller controllers are manufacturer pre-programmed and pre-configure controllers intended for DCS application.	☐	☐	☐
12	Fluid design velocity maximized to reduce distribution pipe size?	☐	☐	☐
13	Standardization of building construction (for façade and roof), amount of fenestration, glazing characteristics, use of energy recovery, and building pressurization are implemented to limit variation in cooling load estimates.	☐	☐	☐
14	The project development has high annual cooling load factor and high thermal load density for immediate Return of Investment (ROI).	☐	☐	☐
15	When centrifugal chillers are used, sufficient supply of TSE (Treated Sewer Effluent) is available for Cooling Tower. TSE quality shall comply to ECRA Regulation ERD-TA-010 (District Cooling Regulatory Framework)	☐	☐	☐
16	Specification requires the highest COP (or EER) and IPLV/NPLV for chillers	☐	☐	☐
17	Specification requires the highest combined efficiency for pumps and motor			
18	Chiller motor has high voltage power supply to reduce winding losses	☐	☐	☐
19	Cooling tower and chiller energy balance study has been conducted to determine best delta T for condenser water to increase chiller-CT combined efficiency.	☐	☐	☐
20	DCS uses primary chilled water distribution rather than primary-secondary to reduce capital investment and power consumption.	☐	☐	☐
21	DCS plant is strategically located to reduce run of distribution piping thereby reducing friction head.	☐	☐	☐
22	Substantial insulation thickness provided to reduce distribution piping heat gain and maximized cooling coil delta T.	☐	☐	☐
23	Contraction/expansion joints and pipe anchors provided as per the Pipe Stress Analysis result to eliminate excessive stress in piping.	☐	☐	☐
24	Sufficient depth for burial of distribution piping considered in the design.	☐	☐	☐
25	Pro and cons on the type of Instrumentation and control considered between SCADA and BMS. Client to assess priority of importance to decide which system to be used.	☐	☐	☐
26	DCS is designed for indirect connection to eliminate possible contamination of the system during each building commissioning and during O&M. HEx is designed for minimum approach (0.5 °C).	☐	☐	☐
27	Use of atmospheric or vacuum deaerator considered in design for the closed loop.	☐	☐	☐

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

28	Source of flushing water and discharge point of contaminated waste water considered during design to comply with COSHH.	☐	☐	☐
29	Chemical dozing pot included for close distribution piping system flushing. Dozing pot connected between supply and return of the distribution pump.			
30	Specification indicates required water chemistry (pH, conductivity, total hardness, alkalinity, chlorides, soluble iron, etc.)	☐	☐	☐
31	Field device required accuracy and drift specified by the designer.	☐	☐	☐
32	Closed evaporative cooling tower used for project located in dusty/sandy environment	☐	☐	☐
33	Cooling towers was designed with self- cleaning basin. Side stream filtration provided in the condenser water piping for automatic removal of sand and dirt.	☐	☐	☐
34	Cooling towers are located to have shading and not exposed to direct sunlight for minimizing biological growth.	☐	☐	☐
35	Chilled water circuits, condenser water circuits, process water circuits (for closed cooling tower) provided with automatic chemical dosing system for water chemistry/quality maintenance.	☐	☐	☐
36	Btu-meter interface with building chilled water system inclusive of PLC and fiber optic cable (including roughing-ins and field devices) ownership clearly identified in the drawings, specifications, and contract. Interface shall be closely coordinated between providers and end-users.	☐	☐	☐

No.	Reviewer's Comments	Resolution
Originator's Name / Signature and Date:		Checker's Name / Signature and Date:

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