

صيانة المنشآت

Hard Facilities Maintenance

الصلبة

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الثاني



صيانة المنشآت

الصلبة

Hard Facilities
Maintenance

الصف الثاني عشر • كتاب الطالب • الفصل الدراسي الثاني



الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٧ هـ - ٢٠٢٦ م



حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
-حفظه الله ورعاه-



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيب الله ثراه-

(المحافظات والولايات)





النَّشِيدُ الْوَطَنِيُّ



يا رَبَّنَا احْفَظْ لَنَا
وَالشَّعْبَ فِي الْأَوْطَانِ
وَلِيَدُمُ مَوَدًّا
جَلَالَةَ السُّلْطَانِ
بِالْعِزِّ وَالْأَمَانِ
عَاهِلًا مُمَجِّدًا

بِالنُّفُوسِ يُفْتَدَى

يا عُمَانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبِيِّ
فَارْتَقِي هَامَ السَّمَاءِ
أَوْفِيَاءُ مِنْ كِرَامِ الْعَرَبِ
وَأَمْلِي الْكُؤْنَ ضِيَاءَ

وَاسْعَدِي وَانْعَمِي بِالرَّخَاءِ

ترتكز مناهج التخصصات الهندسية والصناعية في التعليم المهني والتقني على التطبيق العملي في ورش التدريب المجهزة باشتراطات الأمن والسلامة؛ وذلك وفق إرشادات وخطوات وأسس تقويم مضمنة في الإطار العام للمناهج، والأنشطة العملية، والخطط التدريسية للوحدات الدراسية، ووثيقة تقويم تعلم الطلبة. وتحوي الوحدات المضمنة في هذا الكتاب على المحتوى المعرفي النظري فقط من المنهج.

ألف هذا الكتاب فريق من المتخصصين تحت إشراف الجمعية العمانية للطاقة (أوبال) الشريك الاستراتيجي في تطبيق التخصصات الهندسية والصناعية، وروجع من عدد من المختصين التربويين من وزارة التربية والتعليم، والمديرية العامة للكليات المهنية والكلية المهنية بالسبب (وزارة العمل).



جميع حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم، ولا يجوز الطبع أو التصوير أو إعادة نسخ الكتاب كاملاً أو مجزأً أو ترجمته أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.



الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

جمعية مهنية مرخصة من وزارة التنمية الاجتماعية منذ عام ٢٠٠١م، تضم في عضويتها أكثر من ٥٠٠ مؤسسة تعمل في قطاع الطاقة - والذي يعد أهم قطاع اقتصادي في سلطنة عمان - وتشمل هذه المؤسسات المنتجين والمشغلين والمقاولين والموردين. وتقوم الجمعية بالشراكة مع وزارة العمل ووزارة الطاقة والمعادن وبالتعاون مع المؤسسات والشركات العاملة بالقطاع برصد هيكلية سوق العمل، وتحليل احتياجاته من الكوادر، وبناء القدرات، وتطوير كفاءة الموارد البشرية، وتعزيز الجودة، وبناء المعايير المهنية، وتطوير البرامج التدريبية والتعليمية واعتمادها من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار.

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي تطبيق التعليم المهني والتقني في مرحلة التعليم ما بعد الأساسي (١١-١٢) استجابة للتوجيهات السامية لحضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم -حفظه الله ورعاه- الداعية إلى تطوير التعليم بمستوياته وأنواعه المختلفة، والاهتمام بالمرجات التعليمية للالتحاق بسوق العمل ومؤسسات التعليم العالي، وتطبيقاً لرؤية عُمان ٢٠٤٠ التي أكدت على أهمية إيجاد مناهج تعليمية مواكبة لمتطلبات التنمية المستدامة ومهارات المستقبل، ومعرزة للقيم، ومراعية لمبادئ الدين الإسلامي، والهوية العمانية، ومستلهمة من تاريخ عمان وتراثها الثري.

ويهدف التعليم المهني والتقني إلى دعم التنوع في المسارات التعليمية، وإكساب الطلبة المعارف والمهارات المهنية التي تهيؤهم لسوق العمل وتؤهلهم للالتحاق بمؤسسات التعليم العالي، وتنمية اتجاهاتهم وقيمهم المهنية الإيجابية، وتحفيزهم للالتحاق بالمهن المختلفة، وتوفير بيئة جاذبة للتعلم تساعد الطلبة على اكتساب المعارف وتنمية مهاراتهم المختلفة.

وتحرص وزارة التربية والتعليم على تطبيق التعليم المهني والتقني من خلال تحقيق الشراكات مع القطاعات الاقتصادية في كافة مراحل التخطيط والتنفيذ، ويشمل ذلك تحديد التوجهات والمجالات والتخصصات وتحليل الاحتياجات. ويأتي تدريس التخصصات الهندسية والصناعية لطلبة الصفين الحادي عشر والثاني عشر بالتعاون مع قطاع الطاقة ممثلاً بالجمعية العمانية للطاقة (أوبال) بصفتها شريكاً استراتيجياً في تدريس المواد التخصصية، من خلال عدد من المؤسسات التدريبية الخاصة المعتمدة من وزارة العمل.

وقد بُنيت المناهج الدراسية للتعليم المهني والتقني (التخصصات الهندسية والصناعية) استناداً إلى المعايير المهنية الوطنية التي تم تطويرها في ضوء الإطار الوطني للمؤهلات، وإلى قانون التعليم المدرسي في تنظيم مجالات العمل التربوي، ومبادئ فلسفة التعليم المؤكدة على تهيئة الفرص المناسبة لبناء الشخصية المتكاملة للمتعلمين، وتعزيز قيم العمل والإنتاج لدى الطلبة، وصقل مهاراتهم، وتعزيز قدراتهم وميولهم المهنية، وتمكينهم من مهارات ريادة الأعمال والابتكار.

إن هذا الكتاب بما يحويه من معارف ومهارات وقيم واتجاهات يأتي متوافقاً مع خصوصية البيئة العمانية والهوية الثقافية للمجتمع العماني، إذ يعدّ مصدراً معرفياً ومهارياً خصباً متضمناً تطبيقاتاً مهنية داعمة لتعلم الطلبة.

سائلة الله العلي القدير لأبنائنا الطلبة التوفيق والنجاح، وتحقيق ما يصبون إليه من تطلعات وآمال؛ لخدمة هذا الوطن العزيز تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم حفظه الله ورعاه.

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية
وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

1..... تقديم

الوحدة الأولى

المبادئ الأساسية للتبريد وتكييف الهواء

5..... (Basic Fundamentals of Refrigeration and Air Conditioning)

الوحدة الثانية

تركيب وصيانة أنظمة التبريد وتكييف الهواء

(Installation and Maintenance of

51..... Refrigeration and Air Conditioning Systems)

الوحدة الثالثة

ضمان الجودة والامتثال في أنظمة التبريد والتكييف

(Quality Assurance and Compliance in

101..... Refrigeration and Air Conditioning Systems)

الوحدة الأولى

المبادئ الأساسية للتبريد وتكييف الهواء

Basic Fundamentals of Refrigeration
and Air Conditioning



محتويات الوحدة الأولى

الدرس الأول

مقدمة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

8..... (Introduction to Refrigeration and Air Conditioning Systems)

الدرس الثاني

المفاهيم الأساسية للحرارة وانتقالها

11..... (Basic Concepts of Heat and its Transformation)

الدرس الثالث

16..... (Principles of Refrigeration and Air Conditioning) **مبادئ التبريد والتكييف**

الدرس الرابع

18..... (Refrigeration Cycle) **دورة التبريد**

الدرس الخامس

21..... (Refrigerants) **وسائط التبريد**

الدرس السادس

خصائص الهواء والخريطة السيكمومترية

25..... (Air Properties and Psychrometric Charts)

الدرس السابع

28..... (Air Conditioning Systems) **أنظمة التكييف**

الدرس الثامن

34..... (Components of an Air Conditioning System) **مكونات نظام تكييف الهواء**

الدرس التاسع

التطبيقات العملية لأنظمة التبريد والتكييف

38..... (Real-life Applications of Refrigeration and Air Conditioning)

الدرس العاشر

إجراءات السلامة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

41..... (Safety Procedures in Refrigeration and Air Conditioning Systems)

الدرس الحادي عشر

الاتجاهات المستقبلية في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

45..... (Future Trends in Refrigeration and Air Conditioning)

48..... **أسئلة الوحدة**

أهداف الوحدة

- يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:
- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يوضح أهمية أنظمة التبريد والتكييف في الحياة اليومية والصناعات.
- يميز بين مفهوم التبريد ومفهوم التكييف.
- يذكر الفروق بين التبريد والتكييف.
- يميز بين الحرارة ودرجة الحرارة.
- يوضح دور انتقال الحرارة في التبريد والتكييف.
- يتعرف المبادئ الأساسية التي تقوم عليها أنظمة التبريد والتكييف.
- يربط بين المبادئ النظرية، والتطبيقات العملية للتبريد.
- يتعرف المراحل الأساسية لدورة التبريد.
- يصف دور كل مكون من مكونات دورة التبريد.
- يتعرف أنواع وسائط التبريد.
- يذكر تأثير وسائط التبريد في البيئة.
- يتعرف الخصائص الأساسية للهواء.
- يربط خصائص الهواء بتصميم أنظمة التبريد والتكييف.
- يتعرف أنظمة التكييف وأنواعها المختلفة.
- يتعرف المكونات الرئيسية في نظام التكييف.
- يشرح كيفية تكامل مكونات نظام التكييف لتحقيق الراحة الحرارية والتحكم في جودة الهواء.
- يتعرف المجالات التي تُستخدم فيها أنظمة التبريد والتكييف.
- يوضح أهمية أنظمة التبريد والتكييف في حفظ المنتجات والراحة الحرارية.
- يطبق إجراءات السلامة عند التعامل مع غازات التبريد والمعدات الكهربائية.
- يوضح مخاطر العمل في مجال التبريد والتكييف.
- يتعرف التطورات الحديثة، والاتجاهات المستقبلية في مجال التبريد والتكييف.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة فهماً شاملاً للمبادئ الأساسية لتبريد وتكييف الهواء، والتحكم في درجات الحرارة والرطوبة داخل المباني والمرافق، كما تركز الوحدة على تعريف التبريد والتكييف، وكيفية عمل دورة التبريد، واستخدام المبردات الصديقة للبيئة، وأثرها في البيئة وكفاءة الطاقة، وخصائص الهواء، والخريطة السيكلومترية، كما تتناول الوحدة مكونات أنظمة التبريد والتكييف ووظائف كل منها؛ مما يساعد المتعلم على اكتساب القدرة على تشغيل هذه الأنظمة بكفاءة عالية، وتوظيف المبادئ العلمية والعملية؛ لضمان بيئة مريحة وصحية، وتحقيق الكفاءة الطاقية وتقليل التأثيرات البيئية، وتسليط الوحدة الضوء أيضاً على أهمية اتباع إجراءات السلامة أثناء التشغيل والصيانة، وتستعرض أحدث الاتجاهات المستقبلية في مجال التبريد وتكييف الهواء.

مقدمة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

(Introduction to Refrigeration and Air Conditioning Systems)

تُعد أنظمة التبريد وتكييف الهواء من الأنظمة الأساسية في العصر الحديث، حيث أصبحت جزءاً لا يتجزأ من المنازل والمكاتب والمستشفيات والمصانع ووسائل النقل، فهي لا تقتصر على تهيئة بيئة مريحة وصحية للإنسان فحسب، بل تسهم أيضاً في رفع كفاءة العمليات الصناعية والحفاظ على جودة المنتجات الغذائية والدوائية.

وتكمن أهمية أنظمة التبريد وتكييف الهواء فيما يأتي:

- توفير الراحة الحرارية للإنسان.
- تحسين الصحة العامة وجودة الهواء الداخلي.
- الحفاظ على المنتجات الحساسة في الصناعات الغذائية والدوائية.
- دعم العمليات الصناعية، وضبط ظروف الإنتاج.
- حماية الأجهزة والمعدات الإلكترونية من الحرارة والرطوبة.
- تعزيز كفاءة بيئات العمل والمباني التجارية والطبية.
- ضمان استقرار ظروف التخزين والنقل للبضائع والمنتجات.



الراحة الحرارية (Thermal Comfort) هي الحالة التي يشعر فيها الإنسان بالراحة والاعتدال الحراري داخل البيئة المحيطة به، بحيث تكون حرارة الجسم الداخلية متوازنة مع المحيط الخارجي، ولا يشعر بالحرارة المفرطة أو البرودة الشديدة، وتعتمد الراحة الحرارية على عدة عوامل، مثل: درجة الحرارة، والرطوبة، وحركة الهواء، ونوع الملابس.

التبريد (Refrigeration)



i

التبريد (Refrigeration)
عملية إزالة الحرارة
(Heat Removal) من مادة
أو مكان ما للوصول إلى
درجة حرارة أقل من
البيئة المحيطة.

يُعد التبريد أحد العمليات الأساسية للتحكم في درجة الحرارة، وذلك باستخدام دورة تبريد خاصة تعتمد على وسيط تبريد (Refrigerant) يدور بين مكونات النظام.

ويُستخدم التبريد في العديد من التطبيقات كالاتي:

- حفظ الأغذية والمواد القابلة للتلف: استخدام الثلاجات والمجمدات للحفاظ على سلامة الطعام.
- الصناعات الدوائية والكيميائية: الحفاظ على جودة الأدوية والمواد الكيميائية الحساسة.
- العمليات الصناعية: التحكم في درجات الحرارة؛ لضمان استقرار الإنتاج وجودة المنتجات.
- تخزين ونقل المنتجات الحساسة: حماية الأدوية، والمشروبات، والمنتجات الغذائية أثناء النقل والتخزين.

تكييف الهواء (Air Conditioning)



i

تكييف الهواء
(Air Conditioning)
عملية معالجة الهواء
للتحكم في درجة الحرارة،
والرطوبة، ونقاء الهواء
وتوزيعه؛ بهدف توفير
راحة حرارية للإنسان أو
ظروف مثالية للعمليات
الصناعية.

يؤدي تكييف الهواء دوراً أساسياً في تحسين جودة البيئة الداخلية للأماكن المغلقة، من خلال التحكم في درجة الحرارة والرطوبة، وتنقية الهواء من الشوائب والملوثات، وضمان توزيعه بشكل مناسب لتوفير راحة وصحة أفضل للأشخاص أو لتلبية متطلبات العمليات الصناعية.

ويُستخدم تكييف الهواء في العديد من المجالات، أبرزها الآتي:

- المنازل والمباني السكنية: لتوفير بيئة داخلية مريحة صحياً وحرارياً.
- المكاتب والمباني التجارية: لتحسين راحة الموظفين وزوار المباني.
- المستشفيات والمراكز الصحية: لضمان بيئة نظيفة ومعقمة للمرضى والمعدات الطبية.
- المصانع والعمليات الصناعية: للتحكم في الظروف البيئية للعمليات الإنتاجية.
- مراكز البيانات والأجهزة الإلكترونية: حماية المعدات من الحرارة الزائدة والرطوبة.
- وسائل النقل: لتوفير راحة حرارية للمسافرين، والحفاظ على المنتجات أثناء النقل.

الفرق بين التبريد وتكييف الهواء

تتشابه عمليتا التبريد وتكييف الهواء في العديد من الجوانب، غير أنهما تختلفان في بعض الخصائص والتطبيقات، ويوضح الجدول الآتي الفرق بينهما:

العنصر	التبريد (Refrigeration)	تكييف الهواء (Air Conditioning)
المفهوم	إزالة الحرارة من وسط أو مادة محددة وخفض حرارتها.	معالجة شاملة للهواء تشمل التحكم في الحرارة والرطوبة وتنقية الهواء وتوزيعه.
الهدف الأساسي	خفض درجة الحرارة والحفاظ عليها.	تحقيق راحة وصحة الإنسان، أو تلبية متطلبات صناعية.
نطاق الاستخدام	الثلاجات، أو المجمدات، أو التخزين البارد، أو الصناعات الغذائية والدوائية.	المنزل، والمكاتب، والمستشفيات، والمصانع، وقاعات الاجتماعات، ومراكز البيانات.
العوامل المؤثرة	درجة الحرارة فقط.	- درجة الحرارة. - الرطوبة. - جودة الهواء. - توزيع الهواء.
المكونات الأساسية	- الضاغط. - المكثف. - الأنبوبة الشعرية. - المبخر.	- الضاغط. - المكثف. - صمام التمدد أو الأنبوبة الشعرية. - المبخر.

المفاهيم الأساسية للحرارة وانتقالها

(Basic Concepts of Heat and its Transformation)

تُمثل مفاهيم الحرارة ودرجة الحرارة محوراً أساسياً في فهم الظواهر الفيزيائية والطبيعية المختلفة، حيث تمثل الحرارة شكلاً من أشكال الطاقة التي تنتقل بين الأجسام نتيجة لاختلاف درجات حرارتها، بينما تُعبّر درجة الحرارة عن مقياس لمستوى سخونة أو برودة جسم معين، ويُعد إدراك العلاقة بين الحرارة ودرجة الحرارة مدخلاً لفهم الكثير من العمليات الهندسية والصناعية، ومنها أنظمة التبريد والتكييف التي تعتمد بشكل رئيسي على هذه المبادئ.



وتكمن أهمية الحرارة في مجال التبريد وتكييف الهواء في الآتي:

- الحرارة هي الأساس الذي تقوم عليه فكرة التبريد والتكييف.
- تعتمد الأنظمة على امتصاص الحرارة من مكان وطردها إلى مكان آخر.
- التحكم في الحرارة يحقق الراحة الحرارية للإنسان.
- المساهمة في حفظ الأغذية والمنتجات الصناعية.
- فهم انتقال الحرارة ضروري لتشغيل وصيانة الأنظمة بكفاءة.

الحرارة ودرجة الحرارة

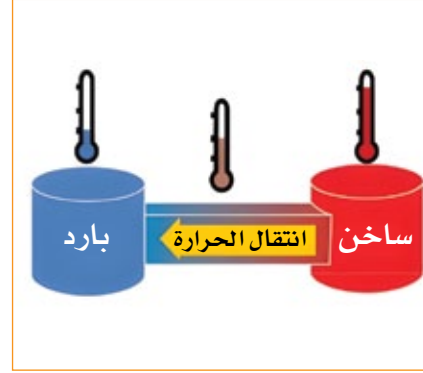
تُعد الحرارة ودرجة الحرارة من المفاهيم الفيزيائية الأساسية التي تقوم عليها الكثير من التطبيقات العلمية والهندسية، ويمكن تعريفهما كالآتي:

■ الحرارة (Heat):

هي شكل من أشكال الطاقة، تنتقل دائماً من الجسم الأعلى حرارة إلى الجسم الأقل حرارة حتى يتحقق التوازن الحراري، ولا تُخزن الحرارة داخل الجسم بشكل مباشر، بل تُلاحظ عند انتقالها أو تبادلها بين الأجسام.

■ درجة الحرارة (Temperature):

هي خاصية فيزيائية تحدد مدى سخونة الجسم أو برودته، وتُستخدم لتحديد اتجاه انتقال الحرارة بين الأجسام.



وتوجد عدة مقاييس تُستخدم لقياس درجة الحرارة من أهمها ما يأتي:

■ السيليزية ($^{\circ}\text{C}$):

المقياس الأكثر استخداماً في الحياة اليومية وفي معظم الدول.

■ الفهرنهايت ($^{\circ}\text{F}$):

يُستخدم بشكل واسع في بعض الدول، مثل: الولايات المتحدة.

■ الكلفن (K):

المقياس المطلق، ويستخدم في الدراسات والبحوث العلمية والهندسية.

ولفهم العلاقة بين الحرارة ودرجة الحرارة بشكل أوضح، من المهم التمييز بينهما، حيث إن كليهما مفهومان أساسيان في علم التبريد والتكييف، لكنهما يختلفان في المعنى والوظيفة، ويوضح الجدول الآتي الفروق الرئيسية بينهما:

العنصر	الحرارة (Heat)	درجة الحرارة (Temperature)
التعريف	شكل من أشكال الطاقة التي تنتقل من جسم ساخن إلى جسم بارد.	مقياس لشدة سخونة الجسم أو برودته.
الوحدة	جول (J) أو سعر حراري (Cal).	درجة مئوية ($^{\circ}\text{C}$)، كلفن (K)، فهرنهايت ($^{\circ}\text{F}$).
الخاصية	كمية الطاقة المنقولة.	متوسط طاقة حركة الجزيئات.
العوامل المؤثرة	كتلة المادة ودرجة حرارتها ونوعها.	حالة الجزيئات.
المثال	انتقال الحرارة من كوب شاي ساخن إلى اليد.	قراءة الترمومتر لدرجة حرارة الشاي.

طرق انتقال الحرارة (Heat Transfer Methods)

تنتقل الحرارة في الأنظمة الحرارية بعدة طرق رئيسية تؤثر بشكل مباشر في تصميم وتشغيل أنظمة التبريد وتكييف الهواء ومن هذه الطرق الآتي:

1. التوصيل الحراري (Conduction):

انتقال الحرارة عبر المواد الصلبة من منطقة ذات درجة حرارة عالية إلى منطقة منخفضة الحرارة دون انتقال المادة نفسها.

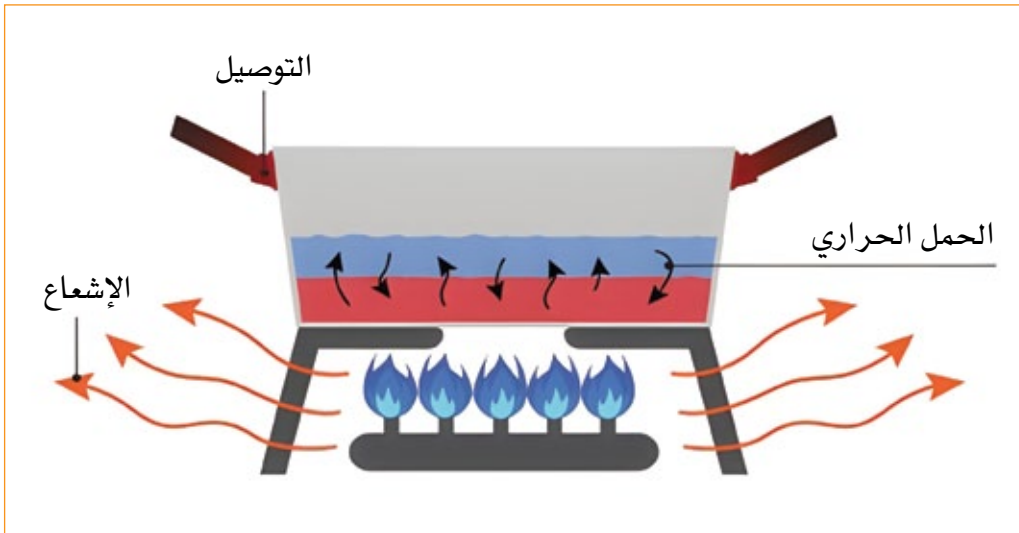
2. الحمل الحراري (Convection):

انتقال الحرارة بواسطة حركة السوائل أو الغازات، حيث يحمل الوسط الساخن الحرارة إلى مناطق أبرد، ويقسم إلى الآتي:

- الحمل الحراري الطبيعي: نتيجة لاختلاف الكثافة الناتج عن تباين درجات الحرارة.
- الحمل الحراري القسري: باستخدام مضخات أو مراوح لتسريع انتقال الحرارة.

3. الإشعاع الحراري (Radiation):

انتقال الحرارة على شكل موجات كهرومغناطيسية دون الحاجة لوسط ناقل، مثل: الحرارة المنبعثة من الشمس أو الأسطح الساخنة.



طرق انتقال الحرارة

انتقال الحرارة وأثره في التبريد والتكييف

تؤدي عملية انتقال الحرارة دورًا جوهريًا في عمل أنظمة التبريد وتكييف الهواء، فهي الأساس الذي تقوم عليه فكرة امتصاص الطاقة الحرارية من مكان غير مرغوب فيه ونقلها إلى مكان آخر، ويُستفاد من ذلك في تحقيق الأهداف الآتية:

- امتصاص الحرارة من الغرف أو المنتجات وحفظها عند درجة حرارة مناسبة.
- طرد الحرارة إلى الوسط الخارجي عبر المكثفات.
- تحسين كفاءة النظام من خلال التحكم في مسارات انتقال الحرارة.
- تقليل فقد الطاقة الحرارية لزيادة كفاءة العزل الحراري في المباني.

التطبيقات العملية لانتقال الحرارة في مجال التبريد والتكييف

تُعد التطبيقات العملية لانتقال الحرارة في مجال التبريد والتكييف أساسية لضمان كفاءة الأنظمة وأدائها المثالي، فهي تُسهم في التحكم الفعال في درجات الحرارة، ومن أبرز التطبيقات العملية الآتي:

■ المَبخِّر (Evaporator):

امتصاص الحرارة من الغرف أو الوسط المراد تبريده؛ مما يؤدي إلى خفض درجة حرارته.



■ المَكثِّف (Condenser):

طرد الحرارة الممتصة إلى الهواء الخارجي أو الوسط المائي، لضمان استمرار دورة التبريد.



■ العوازل الحرارية

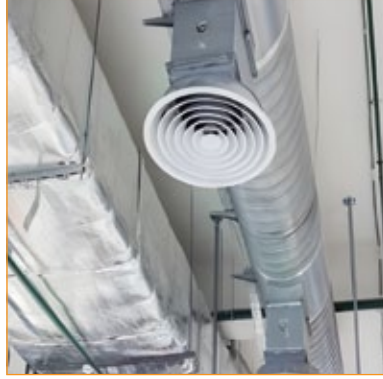
:(Thermal Insulation)

تقليل فقد الحرارة عبر الأنابيب والجدران، مما يزيد من كفاءة النظام، وخفض استهلاك الطاقة.



■ أنظمة التهوية (Ventilation Systems):

تعزيز الحمل الحراري وتوزيع الهواء المبرد داخل الغرف بشكل متوازن.



■ التجهيزات الطبية والغذائية

:(Medical and Food Equipment)

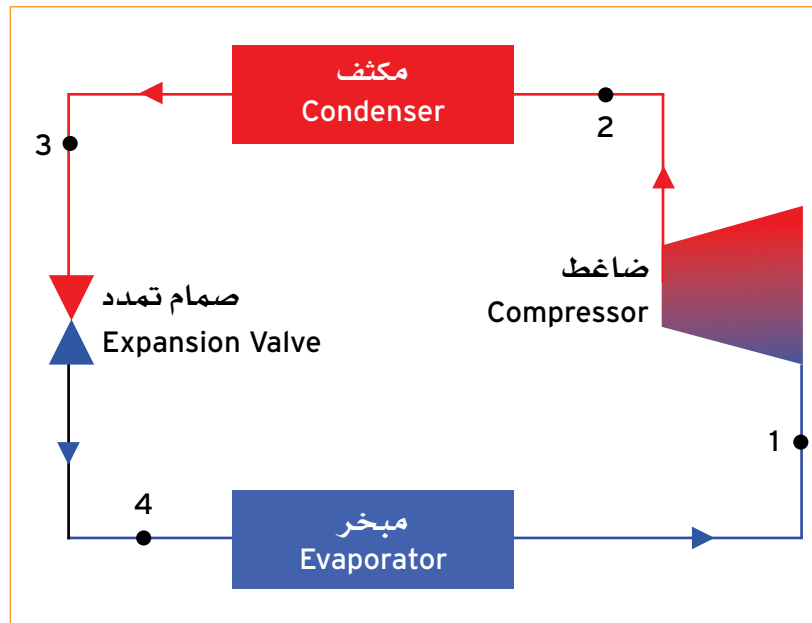
الحفاظ على درجات حرارة دقيقة؛ لضمان سلامة الأدوية والمواد الغذائية أثناء التخزين والنقل.



مبادئ التبريد والتكييف

(Principles of Refrigeration and Air Conditioning)

تؤدي أنظمة التبريد وتكييف الهواء دوراً مهماً في المنازل والمباني الصناعية والتجارية، وتعتمد هذه الأنظمة على مبادئ علمية متكاملة للتحكم في الحرارة والرطوبة وضغط الغازات، بما يضمن أداءً فعالاً وآمناً، ويشكل فهم مبادئ التبريد وتكييف الهواء الأساس لتصميم وتشغيل هذه الأنظمة بكفاءة.



مبادئ التبريد (Principles of Refrigeration)

تُعد مبادئ التبريد الأساس العلمي لتصميم وتشغيل أنظمة التبريد بكفاءة وأمان، ويُساعد فهم هذه المبادئ على التحكم في الحرارة والضغط والوسائط المبردة؛ لتحقيق أفضل أداء للنظام، ومن هذه المبادئ ما يأتي:

■ إزالة الحرارة (Heat Removal):

نقل الحرارة من الوسط المراد تبريده إلى الوسط الخارجي باستخدام وسيط تبريد، وهو الأساس في أي عملية تبريد.

■ دورة التبريد (Refrigeration Cycle):

لضمان نقل الحرارة بكفاءة، تعتمد معظم الأنظمة على دورة مكونة من أربع مراحل رئيسية: الضغط، والتكثيف، والتمدد، والتبخير، حيث تعمل هذه المراحل معًا لتحقيق التبريد المطلوب بكفاءة واستمرارية.

■ وسيط التبريد (Refrigerant):

مادة قابلة للتبخير بسهولة تمتص الحرارة أثناء التبخر وتطلقها عند التكثيف، وهي العنصر الأساسي في أي نظام تبريد.

■ التحكم في الضغط ودرجة الحرارة

(Pressure and Temperature Control):

لضمان عمل النظام بكفاءة وأمان، يتم التحكم بدقة في ضغط ودرجة حرارة الوسيط المبرد أثناء التشغيل.

■ إزالة الرطوبة والملوثات (Moisture and Contaminant Removal):

استخدام المرشحات والمجففات لضمان خلو النظام من الرطوبة والشوائب التي قد تؤثر في أدائه.

مبادئ تكييف الهواء (Principles of Air Conditioning)

تُركز مبادئ تكييف الهواء على توفير بيئة مريحة وصحية للإنسان داخل المباني والمرافق المختلفة، وتشمل الآتي:

■ ضبط درجة الحرارة (Temperature Control):

المحافظة على درجة حرارة مناسبة للراحة أو العمليات الصناعية.

■ التحكم في الرطوبة (Humidity Control):

منع الرطوبة الزائدة أو المنخفضة؛ للحفاظ على صحة الإنسان وحماية المعدات والمنتجات.



■ تنقية الهواء (Air Purification):

إزالة الغبار، والجراثيم، والروائح؛ لتوفير هواء نقي وصحي.

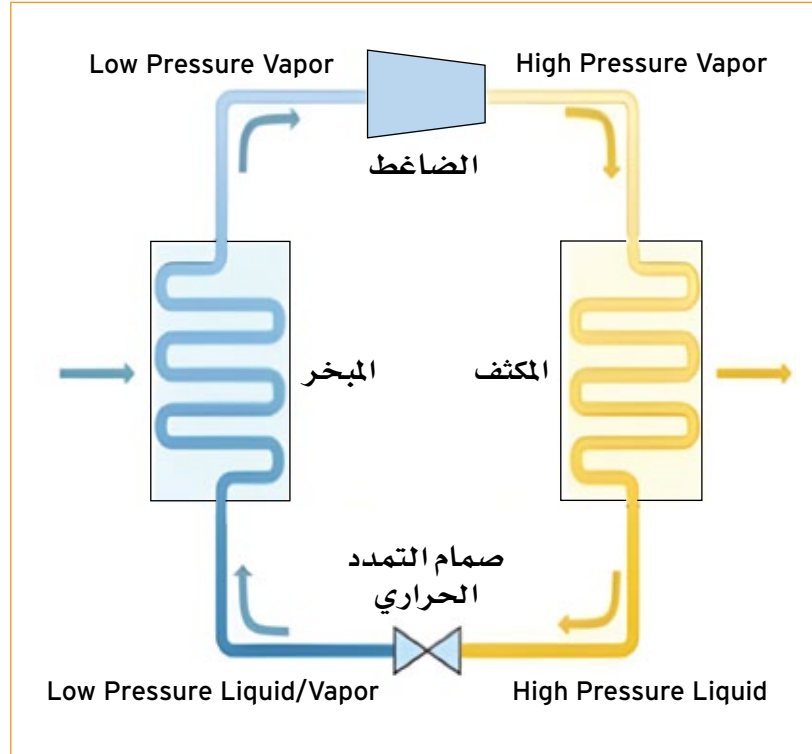
■ توزيع الهواء (Air Distribution):

ضمان وصول الهواء المعالج إلى جميع أجزاء المكان بشكل متساوٍ لضمان راحة الجميع وكفاءة النظام.

دورة التبريد

(Refrigeration Cycle)

تُعد دورة التبريد العنصر الأساسي في أنظمة التبريد والتكييف، حيث تمكّنها من نقل الحرارة بكفاءة وأمان من مكان إلى آخر، وتقوم الدورة على مبدأ علمي بسيط لكنه أساسي، يتمثل في امتصاص الحرارة من الوسط المراد تبريده وطردها إلى الوسط الخارجي، باستخدام وسيط تبريد يتحرك في دورة مغلقة، ولا يقتصر فهم دورة التبريد على معرفة المراحل الأساسية فقط، بل يشمل تعرّف المكونات الرئيسية لكل مرحلة ووظائفها، كما يتيح هذا الفهم إمكانية تشخيص الأعطال، وتحسين كفاءة النظام، وتقليل استهلاك الطاقة، بالإضافة إلى ضمان السلامة أثناء التشغيل والصيانة، وهذه الدورة تشكل أساس جميع أنظمة التبريد والتكييف، وتضمن نقل الحرارة بكفاءة لتوفير بيئة باردة أو التحكم في درجة الحرارة والرطوبة.



المكونات الرئيسية لدورة التبريد

يوضح الجدول الآتي المكونات الرئيسية لدورة التبريد:

المكون الرئيسي	شكل توضيحي	الوظيفة الأساسية
المضاغط (Compressor)		رفع ضغط ودرجة حرارة غاز التبريد، ودفعه خلال دورة التبريد.
المكثف (Condenser)		تكثيف غاز التبريد الساخن إلى سائل عالي الضغط، وطرده الحرارة للوسط المحيط.
صمام التمدد (Expansion Valve)		خفض ضغط ودرجة حرارة السائل والتحكم في كمية الغاز الداخلة للمبخر.
المبخر (Evaporator)		امتصاص الحرارة من الوسط المراد تبريده أثناء تبخر الغاز وتوفير التبريد.
وسيط التبريد (Refrigerant)		نقل الحرارة من المبخر إلى المكثف عن طريق التبخر والتكثيف المتكرر.

مراحل دورة التبريد وتكييف الهواء (Stages of Refrigeration and Air Conditioning Cycle)

تعتمد دورة التبريد على نظام مغلق يعمل بشكل متكرر لنقل الحرارة من الوسط المراد تبريده إلى الوسط الخارجي، وذلك من خلال أربع مراحل رئيسية مترابطة، يمر بها وسيط التبريد لتحقيق التبريد المطلوب:

■ الضغط

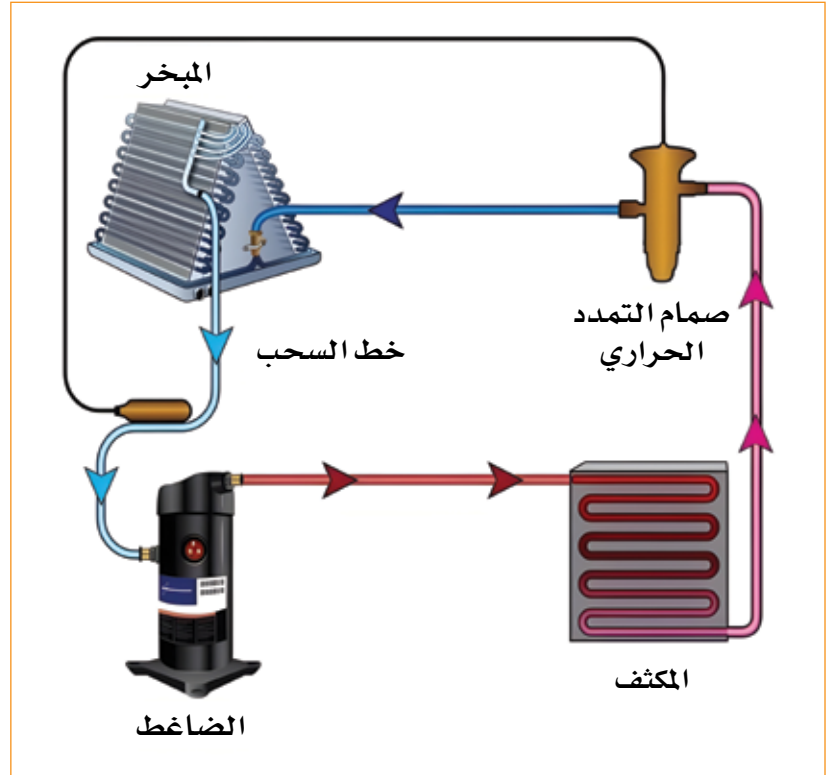
:(Compression)

يقوم الضاغط بضغط غاز التبريد؛ مما يزيد من درجة حرارته وضغطه استعدادًا للتكثيف.

■ التكثيف

:(Condensation)

يمر الغاز المضغوط عبر المكثف حيث يفقد حرارته في الوسط المحيط، ويتحول إلى سائل عالي الضغط.



■ التمدد (Expansion):

يمر السائل عالي الضغط عبر صمام التمدد، حيث ينخفض ضغطه ودرجة حرارته استعدادًا للتبخير.

■ التبخر (Evaporation):

يمتص المبرد الحرارة من الوسط المراد تبريده أثناء تبخره، ويعود إلى الضاغط لإعادة الدورة.

وسائط التبريد

(Refrigerants)

تؤدي وسائط التبريد أو الفريونات دوراً أساسياً في أنظمة التبريد والتكييف، حيث تعمل على نقل الحرارة داخل دورة التبريد وخفض درجة الحرارة إلى الدرجة المطلوبة، ومع تزايد استخدام هذه المواد، أصبح من الضروري دراسة تأثيرها في البيئة، بسبب تأثيرها الضار في طبقة الأوزون ومساهمتها في زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري، ومن خصائص وسيط التبريد ما يأتي:



- غير سام (Non-Toxic).
- غير قابل للاشتعال (Non-Flammable).
- فعال في نقل الحرارة (Thermally Efficient).

أنواع وسائط التبريد (Types of Refrigerants)

تتنوع وسائط التبريد المستخدمة في أنظمة التبريد والتكييف تبعاً لكفاءتها في نقل الحرارة وتأثيرها في البيئة، ويوضح الجدول الآتي أنواع وسائط التبريد المختلفة المستخدمة في أنظمة التبريد والتكييف:

وسائط التبريد التقليدية

(Chlorofluorocarbons (CFCs))

(Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs))

الأمثلة	R-22, R-12
التأثير البيئي	تسبب تآكل طبقة الأوزون (Ozone Depletion)، وتسهم في الاحتباس الحراري.
الملاحظات	فعالة في التبريد لكنها محظورة، أو يُقلَّل استخدامها تدريجياً.

وسائط التبريد الحديثة (HFCs & Natural Refrigerants)

الأمثلة	R-410A ، R-134a
التأثير البيئي	أقل تأثيراً في طبقة الأوزون، لكنها قد تسهم في الاحتباس الحراري (Global Warming Potential (GWP)).
الملاحظات	شائعة الاستخدام كبديل للوسائط التقليدية، لكن بعضها ليست صديقة للبيئة.

وسائط التبريد الطبيعية (Natural Refrigerants)

الأمثلة	CO_2 ، NH_3 ، والهيدروكربونات (HC).
التأثير البيئي	صديقة للبيئة، وذات تأثير منخفض في الاحتباس الحراري.
الملاحظات	فعالة اقتصادياً وآمنة بيئياً، لكنها تتطلب احتياطات خاصة للسلامة.

اختيار وسيط التبريد المناسب (Choosing the Appropriate Refrigerant)



أسطوانات وسائط التبريد

يُعد اختيار وسيط التبريد المناسب خطوة أساسية لضمان كفاءة نظام التكييف أو التبريد وسلامته البيئية، ويعتمد هذا الاختيار على مجموعة من المعايير الفنية والبيئية والاقتصادية، وهي كالآتي:

- 1 الأداء التبريدي:
اختيار وسيط تبريد قادر على تحقيق درجات الحرارة المطلوبة بكفاءة عالية.
- 2 التأثير البيئي:
مراعاة تآكل طبقة الأوزون، وإمكانية التسبب في الاحتباس الحراري.
- 3 الأمان الكيميائي:
مراعاة درجة السُميّة وقابلية الاشتعال في وسيط التبريد المستخدم.
- 4 المعايير الاقتصادية:
النظر في تكلفة الوسيط وتكلفة الصيانة والتشغيل على المدى الطويل.
- 5 متطلبات النظام:
التأكد من توافق المبرد مع مكونات النظام والأجهزة المستخدمة.
- 6 الاستدامة:
تفضيل استخدام المبردات الطبيعية، أو الحديثة منخفضة التأثير البيئي.
- 7 السلامة والإجراءات:
الالتزام بتعليمات المصنع ومعايير السلامة أثناء التركيب والصيانة.

الإجراءات البيئية السليمة لاستخدام وسائط التبريد

تُعد الإجراءات البيئية السليمة ضرورية عند التعامل مع وسائط التبريد للحفاظ على البيئة والحد من الأضرار الناتجة عن تسرب الغازات الضارة، وتساعد هذه الإجراءات على حماية طبقة الأوزون، وتقليل الاحتباس الحراري، وضمان سلامة تشغيل أنظمة التبريد والتكييف، ومن هذه الإجراءات ما يأتي:

- **استخدام المبردات الصديقة للبيئة:**
تفضيل وسائط التبريد الحديثة أو الطبيعية ذات التأثير المنخفض في طبقة الأوزون والاحتباس الحراري.
- **تجميع وإعادة تدوير الفريونات:**
منع تسربها إلى الجو أثناء صيانة الأجهزة أو التخلص منها.
- **الامتثال للمعايير الدولية:**
مثل بروتوكول مونتريال للحفاظ على طبقة الأوزون.
- **فحص وصيانة الأنظمة دورياً:**
التأكد من سلامة الأنابيب والوصلات لتقليل التسربات.
- **استخدام معدات السلامة الشخصية:**
مثل: القفازات، والنظارات، والكمامات عند التعامل مع الفريونات.
- **التخلص السليم من المعدات القديمة:**
تفكيكها وتجميع الفريونات بطريقة تمنع انتشارها في البيئة.

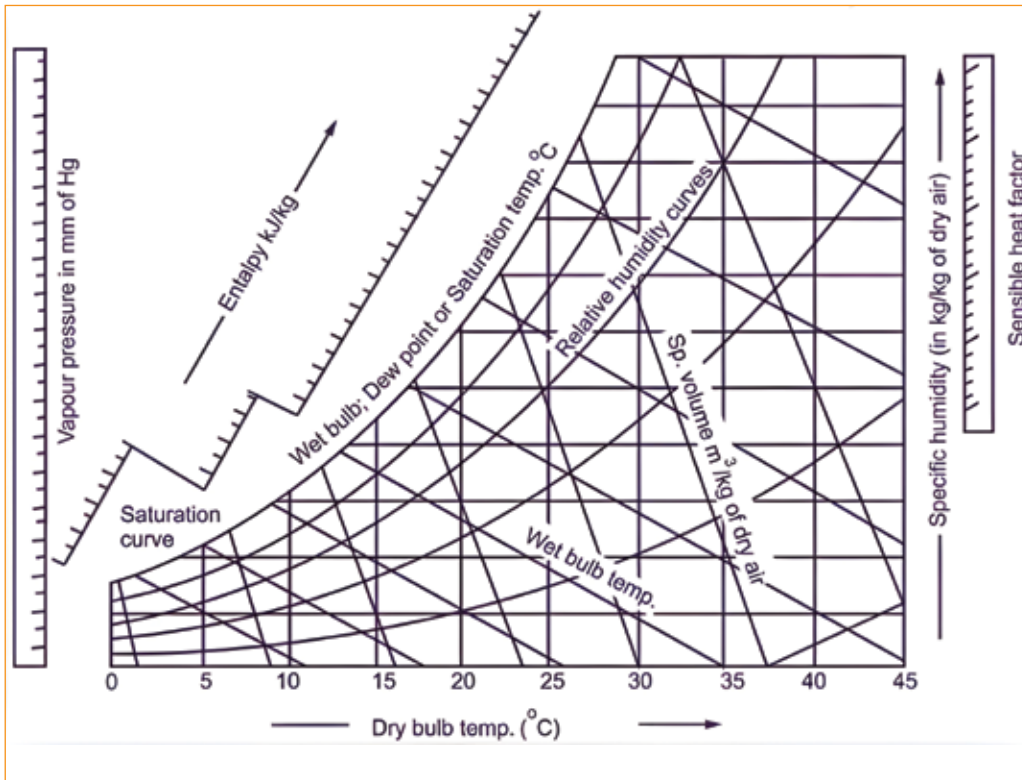


بروتوكول مونتريال
يهدف إلى حماية طبقة
الأوزون من خلال الحد
من إنتاج واستخدام
المواد الكيميائية الضارة
بها، مثل: مركبات
الكلوروفلوروكربون
(CFCs).

خصائص الهواء والخريطة السيكرومترية

(Air Properties and Psychrometric Charts)

تُعد خصائص الهواء الأساس لفهم تصميم وتشغيل أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف (Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)) ، حيث تساعد دراسة الهواء الرطب والعلاقات بين درجة الحرارة، والرطوبة، والضغط على تحقيق راحة المستخدمين وكفاءة الطاقة داخل المباني الصناعية والسكنية والتجارية.



الخريطة السيكمترية

خصائص الهواء في أنظمة (HVAC)

لفهم كيفية عمل أنظمة (HVAC) بكفاءة، يجب أولاً دراسة الخصائص الأساسية للهواء، التي تحدد قدرة النظام على تكييف الهواء وتوفير بيئة مريحة وصحية، وتتمثل هذه الخصائص في الآتي:

1. درجة الحرارة الجافة ((Dry Bulb Temperature (DBT):

- درجة الحرارة المقاسة بواسطة ميزان حرارة عادي.
- الرطوبة لا تؤخذ في الاعتبار.

2. درجة الحرارة الرطبة ((Wet Bulb Temperature (WBT):

- تقاس بواسطة ميزان حرارة مغطى بقطعة قماش مبللة.
- تساعد على تحديد الرطوبة النسبية ونقطة الندى.

3. الرطوبة النسبية ((Relative Humidity (RH):

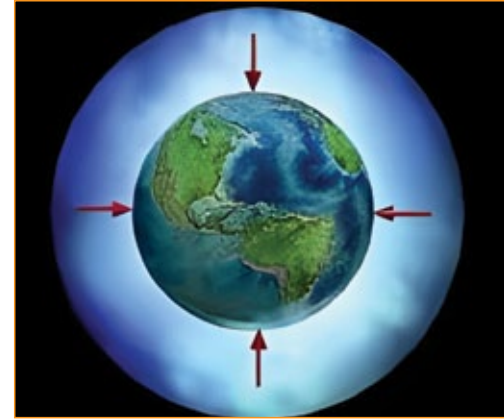
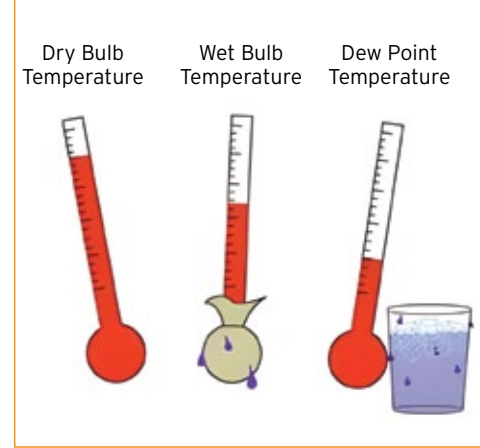
- نسبة بخار الماء الفعلي إلى أقصى كمية يمكن أن يحتويها الهواء عند نفس درجة الحرارة.
- تحدد مدى شعور الإنسان بالراحة وكفاءة التبريد.

4. الرطوبة المطلقة ((Humidity Ratio/Specific Humidity):

- كمية بخار الماء لكل وحدة وزن من الهواء الجاف.
- تُستخدم في حسابات الحمل الحراري وتصميم المبادلات الحرارية.

5. نقطة الندى ((Dew Point Temperature):

- درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء بالتكثف.
- مهمة لمنع تكاثف الرطوبة على الأسطح والأنابيب.



الضغط الجوي



الضغط الجوي (Atmospheric Pressure)

هو الوزن الذي يُمارسه عمود الهواء الواقع فوق وحدة المساحة من سطح الأرض نتيجة لجاذبية الأرض، ويُقاس عادةً بوحدة الباوند لكل بوصة مربعة (Psi)، وهو عامل خارجي يؤثر في خصائص الهواء، إذ يغيّر من سلوك الهواء ويؤثر في كفاءة أنظمة التبريد والتكييف.

الخريطة السيكرومترية (Psychrometric Charts)

هي أداة بيانية تُمثل العلاقات بين خصائص الهواء المختلفة، وتُستخدم هذه الخريطة لتقييم أداء الهواء وتحليل العمليات الحرارية والرطوبة في أنظمة التبريد والتكييف والتحكم في جودة الهواء الداخلي، وتكمن أهمية الخريطة السيكرومترية في الآتي:



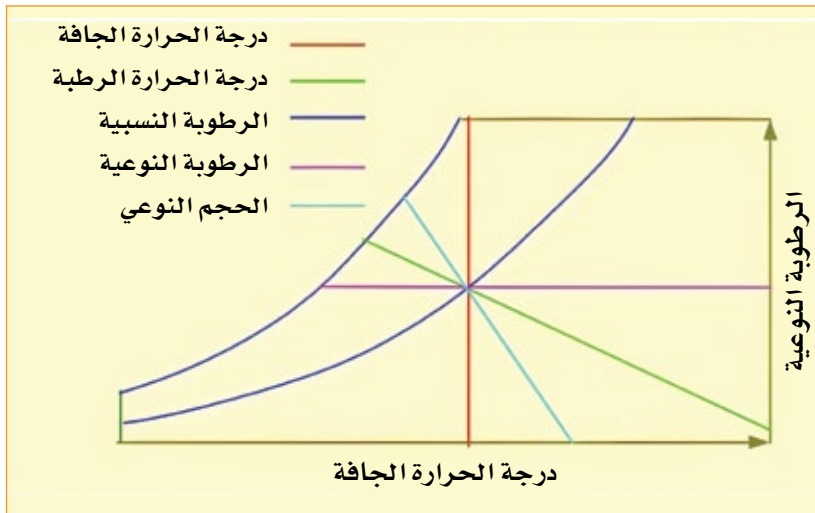
الخريطة السيكرومترية (Psychrometric Chart) هي أدوات بيانية تعرض العلاقة بين خصائص الهواء المختلفة، مثل درجة الحرارة الجافة والرطوبة، والرطوبة النسبية والمطلقة، ونقطة الندى، والحمل الحراري، وتُستخدم لتحليل وتصميم أنظمة التكييف والتبريد.

- المساعدة على تقدير كمية الطاقة اللازمة لتسخين الهواء أو تبريده، مما يُحسن استهلاك الطاقة، ويُقلل الهدر الحراري.
- تمكين المهندسين من تصميم أنظمة (HVAC) فعالة، والتحكم في الرطوبة.
- تبسيط حسابات الحمل الحراري للرطوبة (Sensible & Latent Heat).
- تصميم أنظمة التدفئة، والتهوية، والتكييف بكفاءة عالية.
- التحكم في الرطوبة؛ لمنع نمو البكتيريا والفطريات، وتحقيق راحة المستخدمين.

العلاقة بين خصائص الهواء والخريطة السيكرومترية

تُمثل الخريطة السيكرومترية جميع خصائص الهواء بطريقة مرئية، بحيث يمكن استخدام الآتي:

- درجة الحرارة الجافة والرطوبة لتحديد حالة الهواء.



- الرطوبة النسبية لمعرفة كمية بخار الماء في الهواء.
- نقطة الندى والرطوبة المطلقة لتقدير تكاثف الرطوبة، أو كمية الطاقة اللازمة للتكييف.

أنظمة التكييف

(Air Conditioning Systems)

أنظمة التكييف هي أنظمة ميكانيكية تتحكم في درجة الحرارة، والرطوبة، وجودة الهواء داخل المباني، وتسهم هذه الأنظمة في توفير بيئة مريحة وصحية للسكان، وحماية المعدات والمنتجات في القطاعات الصناعية والتجارية، وتُعد أنظمة التكييف جزءاً أساسياً من البنية التحتية للمباني الحديثة، وتؤدي دوراً مهماً في كفاءة الطاقة والسلامة البيئية.

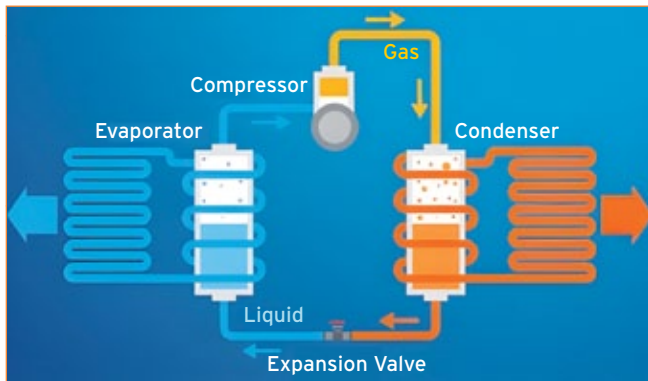


تصنيف أنظمة التكييف حسب التبريد والتسخين

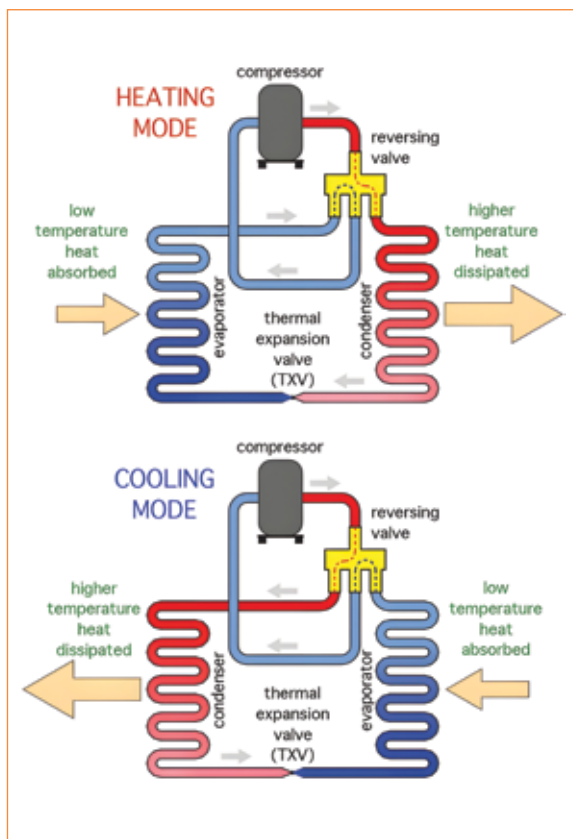
تُصنّف أنظمة التكييف إلى نوعين أساسيين وفق الغرض من استخدامها والمنطقة المستهدفة بالتبريد أو التسخين، ويوضح الجدول الآتي التصنيفات الأساسية لأنظمة التكييف:

أنظمة التبريد فقط

الوظيفة الأساسية	تبريد الهواء وخفض درجة حرارته داخل المبنى.
مبدأ العمل	تعمل بدورة تبريد انضغاطية، وتمتص الحرارة من الداخل وتطردها إلى الخارج.
أمثلة على الأنظمة	- التكييف الشبكي. - التكييف المنفصل (Split). - أنظمة التبريد المركزي.
المميزات	- كفاءة عالية في التبريد. - تصميم بسيط. - سهولة الصيانة.
العيوب	- لا توفر التدفئة. - استخدامها محدود في المناطق الحارة فقط.



أنظمة التبريد والتسخين (مضخات الحرارة)



الوظيفة الأساسية	تبريد الهواء صيفاً وتدفئته شتاءً.
مبدأ العمل	تعتمد على عكس دورة التبريد بواسطة صمام عاكس، لتبديل اتجاه تدفق غاز التبريد.
أمثلة على الأنظمة	■ أجهزة التكييف العاكس (Inverter). ■ أنظمة المضخات الحرارية المركزية.
المميزات	■ توفر وظيفتين في جهاز واحد. ■ اقتصادية في الطاقة. ■ مريحة على مدار العام.
العيوب	■ تقل كفاءتها في الأجواء الباردة جداً. ■ تتطلب صيانة دقيقة ومنتظمة.

أنواع أنظمة التكييف

تتنوع أنظمة التكييف المستخدمة تبعاً لاختلاف خواصها وكفاءتها، ويوضح الجدول الآتي أنواع أنظمة التكييف المختلفة:



التكييف الشباك (Window AC)

الوصف	وحدة واحدة تُثبَّت في النافذة، وتبرد غرفة صغيرة.
الكفاءة الطاقية	منخفضة إلى متوسطة.
التكلفة	منخفضة.
سهولة التركيب والصيانة	سهل التركيب والصيانة.
الاستخدام	الغرف الصغيرة والمنازل الفردية.

التكييف المنفصل (Split AC)



الوصف	وحدة داخلية وخارجية بنظام تبريد منفصل.
الكفاءة الطاقية	عالية.
التكلفة	متوسطة إلى مرتفعة.
سهولة التركيب والصيانة	تركيب متوسط الصعوبة، ويتطلب صيانة دورية.
الاستخدام	المنازل، والمكاتب الصغيرة، والفنادق.

تكييف الكاسيت (Cassette AC)



الوصف	وحدة داخلية تُثبَّت في السقف المعلق، وتوزع الهواء من أربع جهات.
الكفاءة الطاقية	عالية.
التكلفة	متوسطة إلى مرتفعة.
سهولة التركيب والصيانة	يحتاج إلى سقف معلق، وصيانة دورية معتدلة.
الاستخدام	المكاتب، والقاعات، والفنادق متوسطة الحجم.

تكييف الفري ستاند / تكييف قائم على الأرض (Floor Standing AC)



الوصف	وحدة قائمة على الأرض تُستخدم لتبريد المساحات الواسعة دون سقف معلق.
الكفاءة الطاقية	عالية إلى متوسطة.
التكلفة	متوسطة.
سهولة التركيب والصيانة	سهولة التركيب، وتتطلب صيانة بسيطة.
الاستخدام	القاعات، وصالات العرض، والمناطق المؤقتة.



التكييف المتنقل (Portable AC)

الوصف	وحدة متنقلة مستقلة للتبريد المؤقت.
الكفاءة الطاقية	منخفضة.
التكلفة	منخفضة.
سهولة التركيب والصيانة	سهولة الاستخدام ولا تحتاج لتركيب.
الاستخدام	الاستخدام المؤقت أو الغرف الصغيرة.

نظام التبريد المتغير التدفق (Variable Refrigerant Flow (VRF)) (Variable Refrigerant Volume (VRV))



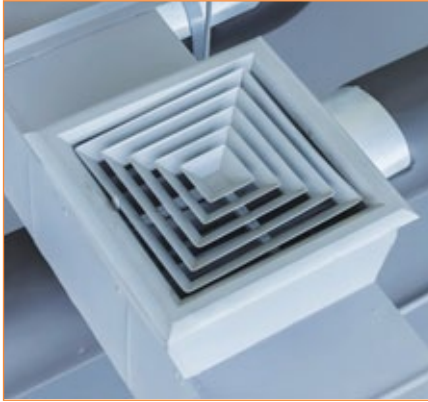
الوصف	نظام ذكي يتحكم بكمية غاز التبريد حسب الحاجة.
الكفاءة الطاقية	عالية جداً (موفرة للطاقة).
التكلفة	مرتفعة جداً.
سهولة التركيب والصيانة	يحتاج إلى مهندسين متخصصين للصيانة.
الاستخدام	الأبراج، والفنادق، والمباني متعددة الطوابق.

التكييف المجمع (Packaged Unit)



الوصف	وحدة متكاملة لتبريد المناطق متوسطة المساحة.
الكفاءة الطاقية	متوسطة إلى عالية.
التكلفة	متوسطة.
سهولة التركيب والصيانة	سهولة التركيب نسبياً، وتتطلب صيانة بسيطة.
الاستخدام	القاعات، والورش، والمتاجر الكبيرة.

التكييف المركزي (Central AC)



الوصف	نظام موحد لتبريد المباني الكبيرة عبر مجاري هواء.
الكفاءة الطاقية	عالية جدًا.
التكلفة	مرتفعة.
سهولة التركيب والصيانة	يتطلب تركيبًا احترافيًا، وصيانة متخصصة.
الاستخدام	المراكز التجارية والمستشفيات.

مراحل عمل أنظمة التكييف

تعمل أنظمة التكييف على تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني من خلال نقل الحرارة من الداخل إلى الخارج باستخدام دورة تبريد مغلقة تعتمد على غاز التبريد، وتتم هذه الدورة بعدة مراحل مترابطة كالآتي:

1. امتصاص الحرارة من الهواء الداخلي عبر المبخر:

يقوم المبخر (Evaporator) بامتصاص الحرارة من داخل المبنى عندما يمر الهواء الدافئ عبره، حيث يتحول غاز التبريد بداخله إلى بخار بعد امتصاص هذه الحرارة؛ مما يؤدي إلى تبريد الهواء الذي يُعاد ضخه إلى الغرفة.

2. ضغط غاز التبريد ورفع حرارته في الضاغط:

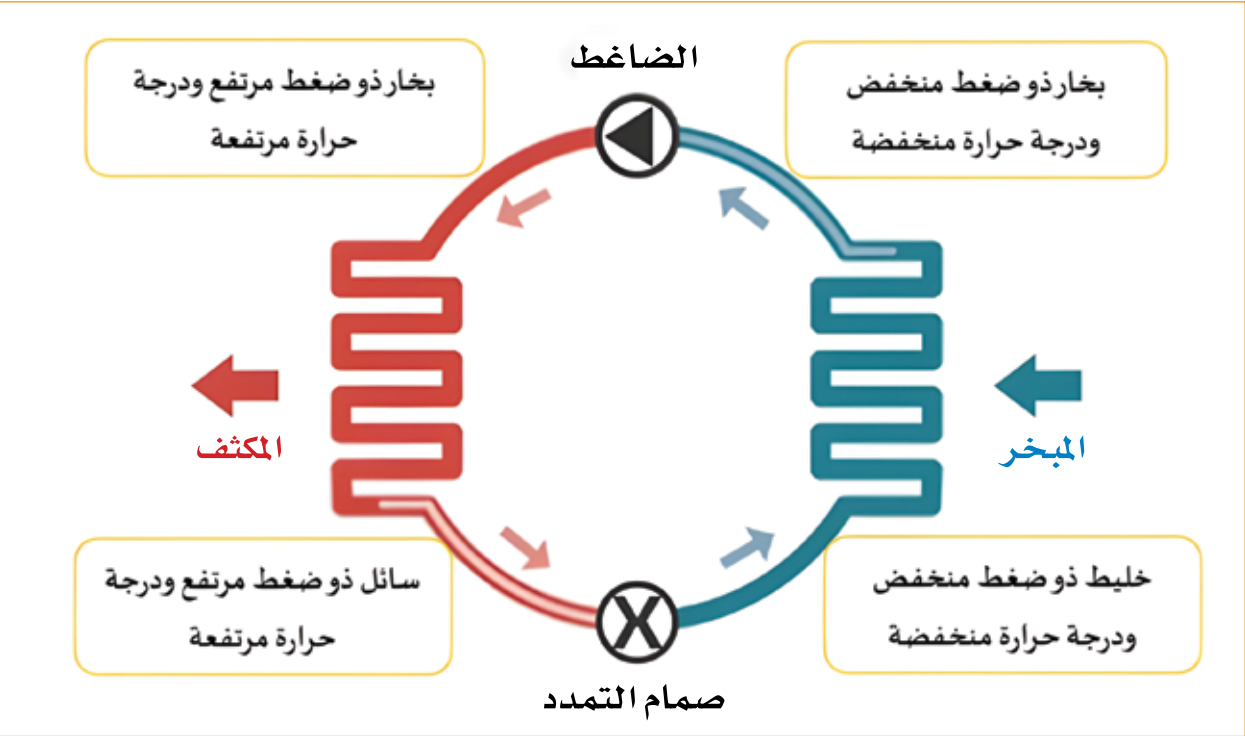
ينتقل غاز التبريد منخفض الضغط من المبخر إلى الضاغط (Compressor)، الذي يقوم بضغط الغاز لزيادة ضغطه ودرجة حرارته، استعدادًا لطرد هذه الحرارة في المرحلة التالية.

3. طرد الحرارة إلى الخارج عبر المكثف:

يدخل الغاز الساخن عالي الضغط إلى المكثف (Condenser)، حيث يُبرّد بواسطة الهواء أو الماء المحيط، فيفقد حرارته إلى البيئة الخارجية، ويتحول من غاز إلى سائل مبرّد عالي الضغط.

4. تنظيم تدفق سائل التبريد وإعادة الدورة عبر صمام التمدد:

يمر سائل التبريد بعد ذلك عبر صمام التمدد (Expansion Valve) الذي يقوم بتقليل ضغط السائل ودرجة حرارته قبل دخوله إلى المبخر مرة أخرى، لتبدأ دورة التبريد من جديد.



دورة التبريد وتكييف الهواء

مكونات نظام تكييف الهواء

(Components of Air Conditioning System)

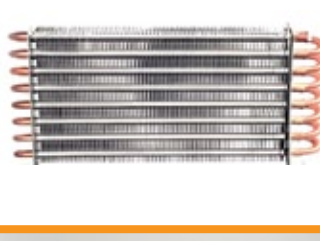
يُمثل نظام تكييف الهواء أحد الأنظمة الحيوية المهمة في المباني السكنية والتجارية والصناعية، حيث يعمل على ضبط درجة الحرارة والرطوبة وتنقية الهواء لتحقيق بيئة مريحة وصحية، وتنقسم مكونات نظام التكييف إلى نوعين أساسيين، هما: المكونات الميكانيكية، والمكونات الكهربائية التي تعمل بتكامل لتبريد الهواء، وتنظيم الرطوبة، وضمان راحة المستخدمين، ويعتمد الأداء العام للنظام على كفاءة هذا التكامل، لذا فإن الفحص المنتظم والصيانة الدورية لكل من الجانبين ضروريان لضمان كفاءة التبريد، وتوفير الطاقة وإطالة عمر النظام.



المكونات الميكانيكية (Mechanical Components)

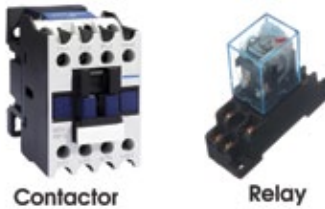
تشمل المكونات الميكانيكية في نظام تكييف الهواء الأجزاء المسؤولة عن حركة وسيط التبريد وتبادل الحرارة بين الهواء والغاز داخل الدورة، وهي تمثل الأساس الفعلي لعملية التبريد من خلال الضغط، والتكثيف، والتمدد، والتبخير لتحقيق خفض درجة الحرارة المطلوبة، ويوضح الجدول الآتي هذه المكونات:

المكون	شكل توضيحي	الوظيفة	الوصف
الضاغط (Compressor)		ضغط غاز التبريد (من ضغط ودرجة حرارة منخفضة إلى ضغط ودرجة حرارة عالية)، ويُعد الضاغط «قلب النظام» ويحدد كفاءة دورة التبريد.	يصنع من الصلب أو الألمنيوم المتين لتحمل الضغط والحرارة، ويتوفر بعدة أنواع، مثل: الضاغط الترددي، والضاغط الدوراني، والضاغط الطارد المركزي، ويأخذ شكلاً أسطوانياً مغلقاً في معظم أنظمة التبريد.

المكون	شكل توضيحي	الوظيفة	الوصف
المكثف (Condenser)		تحويل غاز التبريد الساخن إلى سائل عبر طرد الحرارة إلى الوسط الخارجي (هواء أو ماء).	يوجد منه عدة أنواع هوائي، أو مائي، أو تبخيري.
صمام التمدد (Expansion Valve)		خفض ضغط سائل التبريد قبل دخوله المبخر، وتنظيم معدل تدفقه.	يشمل صمام تمدد حراري، أو أنبوب شعري، أو صمام إلكتروني.
المبخر (Evaporator)		امتصاص الحرارة من الهواء الداخلي، وتحويل سائل التبريد إلى غاز.	يصنع عادة من أنابيب نحاسية وصفائح ألومنيوم.
وسيط التبريد (Refrigerant/Freon)		يعمل كوسيط ناقل للحرارة، ويمتص الحرارة في المبخر، ويطردها في المكثف.	يُختار حسب نوع النظام R-22, R-410A, R-32, R-134a، وغيرها.
خطوط / أنابيب التبريد (Refrigerant Lines)		نقل وسيط التبريد بين المكونات (من الضاغط إلى المكثف والمبخر)، وتشمل خطوط الضغط العالي والمنخفض.	تصنع الأنابيب عادة من النحاس أو الألمنيوم؛ لمقاومة التآكل وتوصيل الحرارة بكفاءة، وتكون أسطوانية الشكل وذات عزل حراري جيد؛ لتقليل فقد الحرارة أثناء انتقال وسيط التبريد.
مرشحات الهواء (Air Filters)		تنقية الهواء الداخل من الأتربة والشوائب لحماية النظام وتحسين جودة الهواء، وتحتاج إلى تنظيف دوري أو استبدال.	تصنع مرشحات الهواء من ألياف صناعية أو ورق مُعالج داخل إطار معدني أو بلاستيكي، وتكون عادة مسطحة أو مطوية لزيادة مساحة الترشيح وكفاءة التنقية.

المكونات الكهربائية (Electrical Components)

تقوم المكونات الكهربائية في نظام تكييف الهواء بمهام التحكم والتشغيل، وتنظيم أداء المكونات الميكانيكية، وهي المسؤولة عن تشغيل الضاغط والمراوح، وضبط درجات الحرارة؛ لضمان عمل النظام بكفاءة واستقرار، ويوضح الجدول الآتي هذه المكونات:

المكون	شكل توضيحي	الوظيفة	الوصف
المحركات الكهربائية (Electric Motors)		تشغيل الضاغط والمراوح عبر تحويل الطاقة الكهربائية، وتشمل محركات المروحة الداخلية والخارجية.	تُصنع من فولاذ أو ألومنيوم متين، وتحتوي على ملفات نحاسية لتحويل الطاقة الكهربائية إلى حركة ميكانيكية.
المراوح (Fans)		تحريك الهواء داخل النظام: ■ مروحة المبخر لتدوير الهواء الداخلي. ■ مروحة المكثف لطرد الهواء الساخن.	تُصنع من معدن خفيف أو بلاستيك مقوّى، وتكون ذات شفرات منحنية؛ لتسهيل تدفق الهواء بكفاءة.
منظم الحرارة/ الثرموستات (Thermostat)		التحكم في تشغيل النظام حسب درجة الحرارة المضبوطة.	جهاز صغير يُثبَّت عادة على الجدار أو داخل الوحدة، ويحتوي على حساسات دقيقة، وقد يكون ميكانيكياً أو إلكترونياً.
لوحة التحكم (Control Panel)		تنظيم تشغيل النظام وحمايته، وتحتوي على المرحلات، والقواطع، والمكثفات الكهربائية.	تُصنع من معدن أو بلاستيك صلب، وتضم مكونات كهربائية مرتبة بشكل منظم.
المرحلات والقواطع (Relays and Contactors)		توصيل وفصل الدوائر الكهربائية لتشغيل الضاغط والمراوح بأمان، وتحمي المكونات من الأحمال الزائدة.	تتكون من نقاط تلامس معدنية وملفات نحاسية داخل غلاف عازل، وتحمل تيارات كهربائية عالية.

المكون	شكل توضيحي	الوظيفة	الوصف
المكثفات الكهربائية (Capacitors)		تستخدم لبدء تشغيل المحركات وتحسين كفاءة التشغيل، ويوجد نوعان: أحدهما لبدء التشغيل، والآخر للتشغيل المستمر.	أسطوانية الشكل، وتُصنع من معدن يحتوي على مادة عازلة داخلية، وتأتي بأحجام مختلفة حسب نوع المحرك.
الحساسات (Sensors)		مراقبة درجات الحرارة والضغط، وإرسال إشارات إلى لوحة التحكم، كما أنها تساهم في التشغيل الذكي للنظام.	صغيرة الحجم، ومصنوعة من معدن أو بلاستيك متين، وتحتوي بداخلها على عناصر حساسة للحرارة أو الضغط لقياس المتغيرات بدقة عالية.
الأسلاك والعوازل (Wiring and Insulation)		توصيل الطاقة والإشارات بين المكونات وحمايتها من التسرب أو القصر الكهربائي، ويجب فحصها دورياً للتأكد من سلامة التوصيل.	تتكون من أسلاك مصنوعة من النحاس أو الألمنيوم معزولة بطبقات من البلاستيك أو المطاط؛ لحمايتها من الحرارة والرطوبة.

التطبيقات العملية لأنظمة التبريد والتكييف

(Refrigeration and Air Conditioning Applications)

تقدم أنظمة التبريد والتكييف دوراً محورياً في حياتنا اليومية وفي مختلف القطاعات الصناعية والخدمية، فهي لا تقتصر على توفير الراحة الحرارية داخل المباني، بل تعدد تطبيقاتها إلى حفظ الأغذية، وحماية المعدات، ودعم العمليات الصناعية، والرعاية الصحية، والنقل المبرد، وتمثل هذه الأنظمة حلقة أساسية في ضمان الجودة، وسلامة الأفراد، واستدامة الموارد، ويزداد دورها مع التطور الصناعي والاعتماد المتزايد على التحكم البيئي الدقيق.



المباني السكنية والتجارية

تُستخدم أنظمة التكييف في المباني السكنية والتجارية لضمان الآتي:

- **الراحة الحرارية:**
التحكم في درجة الحرارة والرطوبة داخل الشقق والمكاتب والمراكز التجارية؛ لتوفير بيئة مريحة للسكان والعملاء.
- **جودة الهواء الداخلي (Indoor Air Quality):**
ترشيح الهواء وإزالة الغبار، والملوثات، والروائح للحفاظ على صحة السكان.
- **حماية المعدات:**
تقليل حرارة الأجهزة الإلكترونية والمعدات المكتبية؛ لضمان عمر أطول وكفاءة تشغيل أفضل.
- **الكفاءة الاقتصادية:**
التكييف الذكي يقلل من استهلاك الطاقة، ويخفض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.



التكييف في المباني السكنية

الصناعات الغذائية وحفظ الأغذية

تؤدي أنظمة التبريد دوراً رئيسياً في قطاع الأغذية، حيث تمنع تلف المنتجات، وتحافظ على جودتها أثناء التخزين والنقل، وتضمن هذه الأنظمة الآتي:

■ الحفاظ على سلسلة التبريد:

تمنع تلف الأغذية وفقدانها من خلال تخزين المنتجات في درجات حرارة محددة بدقة.

■ التخزين طويل الأمد:

تسمح الثلجات والمجمدات الصناعية بحفظ اللحوم، والأسماك، والفواكه، والخضروات لفترات أطول.

■ النقل المبرد:

شاحنات وحافلات مجهزة بأنظمة تبريد للحفاظ على جودة الأغذية أثناء النقل الطويل.

■ التحكم في الرطوبة:

الحفاظ على القوام والنكهة والقيمة الغذائية للمنتجات الحساسة.



مخازن التبريد

الرعاية الصحية والمستشفيات

يُعد التحكم في الحرارة والرطوبة في المجال الطبي أمراً حيوياً للحفاظ على بيئة صحية وأمنة، وتسهم أنظمة التبريد في الآتي:

■ غرف العمليات وغرف المرضى:

التحكم الدقيق في درجات الحرارة والرطوبة؛ لضمان بيئة صحية وأمنة.

■ تخزين الأدوية واللقاحات:

الحفاظ على فعالية الأدوية واللقاحات الحساسة للحرارة باستخدام أنظمة تبريد دقيقة.

■ التعقيم ومنع نمو الكائنات الدقيقة:

تقليل الرطوبة الزائدة للحد من نمو البكتيريا والفطريات.

■ المعدات الطبية:

حماية أجهزة التصوير والأجهزة الحساسة من ارتفاع درجات الحرارة.



التكييف في المستشفيات

الصناعات والعمليات الصناعية

تعتمد العديد من الصناعات على التحكم الدقيق في درجات الحرارة أثناء عمليات التصنيع لضمان جودة المنتج وسلامة العمليات، وتشمل الآتي:

■ الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية:

التحكم في درجة الحرارة أثناء التفاعلات الكيميائية؛ لضمان استقرار المواد وسلامة العمليات.

■ مراكز البيانات (Data Centers):

تكييف دقيق للحفاظ على أداء الخوادم والأجهزة الإلكترونية وتقليل الأعطال.

■ الإلكترونيات والمعدات الطبية الدقيقة:

توفير بيئة تبريد دقيقة؛ لضمان جودة التصنيع والتخزين.



التكييف في المصانع

■ تحسين الكفاءة الإنتاجية:

تساعد أنظمة التبريد على تقليل الفاقد وتحسين جودة المنتج النهائي، وتستخدم أنظمة التبريد في النقل لضمان وصول المنتجات الحساسة، مثل: الأغذية والأدوية إلى وجهتها بأمان وجودة عالية، وتتيح هذه الأنظمة الحفاظ على سلسلة التبريد، ومنع تلف المنتجات أثناء النقل الطويل، وتشمل الآتي:

■ شاحنات وحاويات مبردة: نقل الأغذية والمشروبات والمنتجات الطبية في ظروف حرارية ثابتة.

■ الحفاظ على الجودة: منع تلف المنتجات أثناء النقل من المصنع إلى المستهلك النهائي.

■ التحكم البيئي: ضبط درجة الحرارة والرطوبة بما يتوافق مع متطلبات كل منتج.

■ الاقتصاد والتجارة: يتيح النقل المبرد توسيع نطاق الأسواق والوصول إلى الأسواق البعيدة دون فقد للمنتجات.

إجراءات السلامة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

(Safety Procedures in Refrigeration and Air Conditioning Systems)



أنظمة التبريد وتكييف الهواء من الأنظمة الحيوية في المنازل والمباني الصناعية والتجارية، إلا أن التعامل معها ينطوي على مخاطر متعددة تشمل الضغوط العالية للغاز، والكهرباء، والمواد الكيميائية، والأجزاء المتحركة، لذلك فإن الالتزام بإجراءات السلامة يُعد أمراً ضرورياً للحفاظ على صحة الفنيين وسلامة المعدات، كما يقلل من احتمالية وقوع الحوادث، ويضمن تشغيل الأنظمة بكفاءة واستدامة.

مسؤوليات فني التبريد والتكييف

يُعدُّ فني التبريد والتكييف المسؤول الرئيسي عن ضمان عمل الأنظمة بكفاءة وأمان، وتشمل مسؤولياته الآتي:

- تركيب وصيانة الأنظمة: تركيب وحدات التبريد والتكييف وضمان عملها بكفاءة عالية، وصيانة المكونات الكهربائية والميكانيكية.
- تشخيص الأعطال وإصلاحها: تحديد الأعطال في الأنظمة، وإصلاحها باستخدام الأدوات والمعدات المناسبة.
- فحص وضبط المبردات والغازات: التحقق من مستويات المبردات وضغط الغاز؛ لضمان أداء النظام بشكل آمن وفعال.
- اتباع إجراءات السلامة: الالتزام بإرشادات السلامة المهنية عند التعامل مع الكهرباء، والغازات، والمواد الكيميائية.
- التوثيق وحفظ السجلات: تسجيل عمليات الصيانة والفحص، وتحديث سجلات الأعطال والإصلاحات.
- التواصل مع العملاء: تقديم النصائح والإرشادات حول استخدام النظام بشكل صحيح وصيانيته.
- التدريب المستمر: متابعة أحدث التقنيات والإجراءات في مجال التبريد والتكييف لتطوير مهاراته المهنية.



المخاطر المحتملة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

تتعرض أنظمة التبريد وتكييف الهواء لمجموعة من المخاطر المحتملة التي قد تؤثر في سلامة الفنيين والمعدات، لذلك من الضروري التعرف عليها واتخاذ التدابير الوقائية المناسبة أثناء التشغيل والصيانة، وهي كالاتي:

- الضغط العالي: خطر الانفجار أو التسربات عند التعامل مع الضواغط والمكثفات.
- الكهرباء: خطر الصدمات الكهربائية عند التعامل مع المكونات الكهربائية.
- المواد الكيميائية والمبردات: التعرض للغازات المبردة والمواد الكيميائية السامة أو المهيجة.
- الأجزاء المتحركة: خطر الإصابة عند الاقتراب من المراوح، أو الأحزمة/السيور، أو الضواغط أثناء التشغيل.
- الحرارة والبرودة الشديدة: التعرض للحروق أو صدمات الحرارة أو البرودة أثناء الصيانة أو التشغيل.
- الانزلاق والسقوط: خطر السقوط أثناء العمل من أماكن مرتفعة أو زلقة.



إجراءات السلامة الأساسية

تعد السلامة المهنية من أهم الجوانب التي يجب مراعاتها عند العمل في أنظمة التبريد وتكييف الهواء، إذ ينطوي التعامل مع هذه الأنظمة على مخاطر متعددة، مثل: الكهرباء، والضغط العالي، والمواد الكيميائية؛ لذلك، من الضروري اتباع إجراءات وقائية واضحة؛ لضمان حماية الفنيين وسلامة المعدات أثناء التشغيل والصيانة، وهي كالاتي:

1. ارتداء معدات الوقاية الشخصية:

تمثل معدات الوقاية الشخصية جزءاً أساسياً؛ لضمان سلامة فني التبريد والتكييف أثناء العمل، وتشمل ما يأتي:



المعدّة الوقائية	وظيفتها/الغرض منها
القفاذات الواقية	حماية اليدين من المبردات الكيميائية، والحرارة، والبرودة، والأجزاء الحادة.
النظارات الواقية	حماية العينين من الغازات، والسوائل الكيميائية، والغبار أثناء الصيانة أو الفحص.
أحذية السلامة	مقاومة الانزلاق والصدمات الكهربائية، وحماية القدمين من الأجسام الثقيلة.
الخوذة الواقية	حماية الرأس من الصدمات والسقوط أثناء العمل في أماكن ضيقة أو عند تركيب وحدات كبيرة.
أقنعة التنفس/الفلاتر	حماية الجهاز التنفسي من الغازات أو الأبخرة الكيميائية الضارة.
الملابس الواقية	حماية الجسم من التعرض المباشر للسوائل والمواد الكيميائية.
سماعات الأذن	حماية السمع عند العمل في بيئات عالية الضوضاء.

2. التعامل الآمن مع الضغوط العالية:

الحرص عند فحص، أو صيانة الضاغط، أو المكثف، أو أي جزء يعمل تحت ضغط مرتفع؛ لتجنب الانفجارات أو التسربات.

3. الحذر عند التعامل مع الكهرباء:

فصل التيار الكهربائي قبل الصيانة، وفحص الأسلاك والمكونات الكهربائية؛ لتجنب الصدمات الكهربائية.

4. استخدام المواد الكيميائية والمبردات بشكل آمن:

تجنب التعرض المباشر للغازات المبردة والمواد الكيميائية، والعمل في أماكن جيدة التهوية.

5. تثبيت المعدات والأدوات بشكل صحيح:

ضمان تثبيت وحدات التكييف أو الضواغط أثناء التشغيل والصيانة؛ لتجنب الحوادث أو سقوط الأجزاء.

6. اتباع تعليمات المصنع:

الالتزام بدليل التشغيل والصيانة المرفق مع النظام؛ لضمان الاستخدام الآمن والفعال.

إجراءات السلامة عند التعامل مع غازات التبريد والأسطوانات

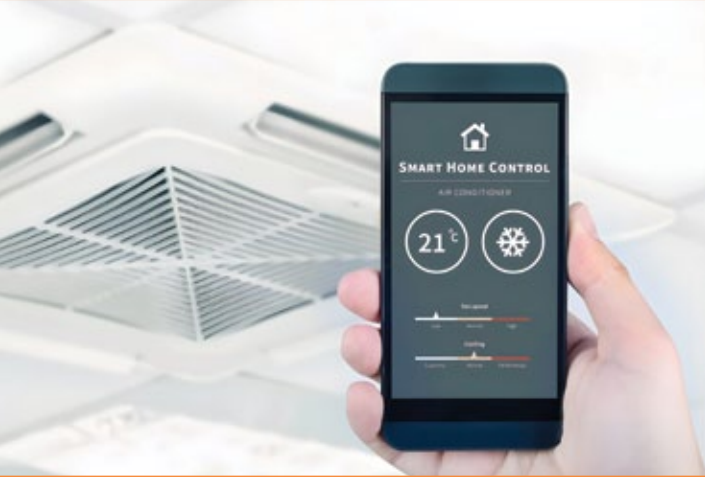
تتطلب أنظمة التبريد وتكييف الهواء الحرص الشديد عند التعامل مع غازات التبريد والأسطوانات؛ لتجنب المخاطر الصحية والحرائق، وتطبيق إجراءات السلامة الآتية:



1. ارتداء معدات الوقاية الشخصية، مثل: القفازات، والنظارات، وأقنعة التنفس.
2. العمل في أماكن جيدة التهوية؛ لتجنب تراكم الغازات الضارة.
3. فحص الأنابيب والأسطوانات وأجهزة الكشف عن التسرب قبل الاستخدام لضمان السلامة.
4. تخزين الأسطوانات المضغوطة في أماكن آمنة وموضوعة بشكل مستقر مع وضع الملصقات التعريفية عليها.
5. تجنب ملامسة وسيط التبريد للجلد أو العينين مباشرة، وعدم التدخين أو إشعال النار بالقرب من الغازات القابلة للاشتعال.
6. استبدال أي أنابيب أو خراطيم تالفة فوراً لتقليل المخاطر.

الاتجاهات المستقبلية في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

(Future Trends in Refrigeration and Air Conditioning)

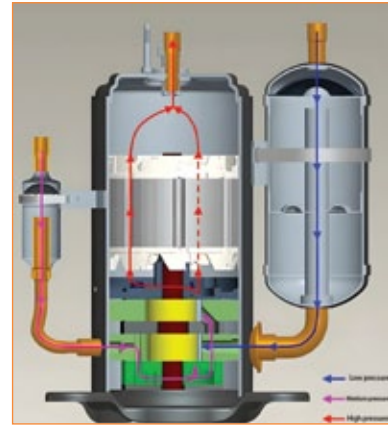


تشهد أنظمة التبريد وتكييف الهواء تطوراً مستمراً مع التقدم التكنولوجي، وزيادة التركيز على كفاءة الطاقة والحفاظ على البيئة، وتهدف الاتجاهات المستقبلية إلى تطوير أنظمة أكثر صداقة للبيئة، وأقل استهلاكاً للطاقة، وأكثر ذكاءً ومرونة في التشغيل، مع تحسين الراحة للمستخدم وتقليل تكاليف التشغيل على المدى الطويل.

كفاءة الطاقة وتقنيات التوفير

مع ارتفاع تكاليف الطاقة وزيادة الاهتمام بالاستدامة، أصبحت كفاءة الطاقة أحد الاتجاهات الرئيسية في أنظمة التبريد والتكييف، ولتوفير الطاقة بأقصى قدر ممكن، يمكن اتباع التقنيات الآتية:

- **ضواغط متغيرة السرعة (Inverter Compressors):** لتقليل استهلاك الطاقة من خلال تعديل سرعة الضاغط حسب حاجة النظام الفعلية.
- **تحسين تصميم المبادلات الحرارية:** لتقليل فقد الحرارة، وزيادة كفاءة نقل الحرارة داخل النظام.
- **استخدام عوازل حرارية متقدمة:** في الأنابيب والوحدات؛ لتقليل الهدر الحراري، والحفاظ على الأداء الأمثل للنظام.



ضاغط متغير السرعة

التبريد والتكييف الصديق للبيئة

يزداد التركيز على تقليل الأثر البيئي لأنظمة التبريد والتكييف من خلال تبني حلول وتقنيات أكثر استدامة، وتشمل الآتي:

- **استخدام مبردات صديقة للبيئة:**
مثل: R-290 (البروبان) و R-32، وهي بدائل آمنة وفعالة للفلورون التقليدي.
- **تطوير أنظمة مغناطيسية وكهربائية:**
لتقليل الاعتماد على الغازات الضارة، وخفض الانبعاثات البيئية.
- **تحسين إعادة التدوير والتخلص من الغازات المبردة:**
اعتماد طرق آمنة ومستدامة للتخلص من المبردات المستخدمة وتقليل التلوث.



الأنظمة الذكية والتحكم الآلي

توفر التقنيات الحديثة مستوى عالي من التحكم والراحة في أنظمة التبريد والتكييف من خلال الآتي:

- **أنظمة تحكم ذكية:**
تعتمد على مستشعرات الحرارة والرطوبة والحركة لتعديل التبريد أو التدفئة تلقائياً حسب احتياجات المكان.
- **الاتصال بالإنترنت (Internet of Things (IOT):**
لمراقبة أداء النظام عن بُعد، وتشخيص الأعطال بسرعة وكفاءة.
- **التحليل البياني والذكاء الاصطناعي:**
لتوقع الأعطال المحتملة، وتحسين برامج الصيانة الوقائية بشكل دقيق.



التكامل مع مصادر الطاقة المتجددة

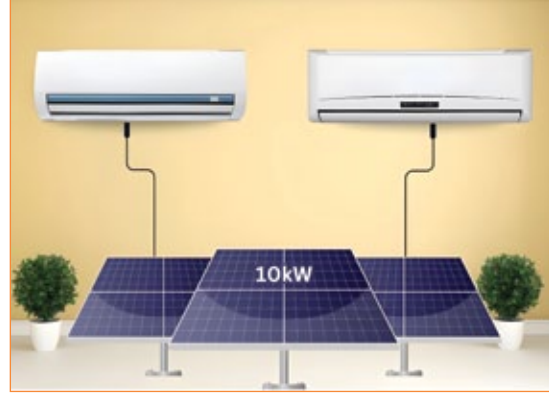
تشمل الاتجاهات المستقبلية دمج أنظمة التبريد والتكييف مع مصادر الطاقة المتجددة، مثل: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح؛ بهدف تقليل الاعتماد على الشبكة الكهربائية، وتشمل التقنيات الآتية:

■ وحدات تكييف تعمل بالطاقة الشمسية مباشرة:

لتوفير تبريد فعال باستخدام الطاقة المتجددة.

■ تقنيات التخزين الحراري:

لتخزين الطاقة الحرارية، واستخدامها خلال ساعات الذروة؛ مما يقلل من استهلاك الكهرباء، ويزيد كفاءة النظام.



سهولة الصيانة وتقليل الأعطال

مع التوجه نحو الأنظمة الذكية والمتطورة، أصبح تصميم أنظمة التبريد والتكييف يركز على سهولة الصيانة وتقليل الأعطال من خلال الآتي:

■ وحدات قابلة للفحص الذاتي:

مجهزة بمستشعرات تلقائية عند حدوث الأعطال؛ لتسهيل التدخل السريع.

■ استخدام مواد ومكونات عالية المتانة:

لتقليل الأعطال الميكانيكية والكهربائية، وزيادة عمر النظام.

■ تقليل التدخل البشري في التشغيل:

مما يقلل من الأخطاء، ويضمن أداءً أكثر استقرارًا وكفاءة.





أسئلة الوحدة

- 1 ما الفرق بين التبريد وتكييف الهواء؟
- 2 اذكر اثنين من استخدامات التبريد في المجال الطبي.
- 3 ما الفرق بين الحرارة ودرجة الحرارة؟
- 4 اذكر طرق انتقال الحرارة الثلاثة مع مثال لكل منها.
- 5 لماذا نحتاج إلى ضاغط في دورة التبريد؟
- 6 اذكر وحدتين لقياس الحرارة.
- 7 اذكر المراحل الأربع لدورة التبريد.
- 8 كيف يمتص المبخر الحرارة من الوسط المراد تبريده؟
- 9 أعط مثالاً عملياً على تطبيق الدورة التبريدية في الحياة اليومية.
- 10 اذكر نوعين من وسائط التبريد التقليدية.
- 11 لماذا تعد التهوية الجيدة مهمة عند التعامل مع وسائط التبريد؟
- 12 ما الفرق بين درجة الحرارة الجافة والرطوبة؟
- 13 ما المقصود بنقطة الندى؟

- 14 لماذا يُعدُّ تكييف الهواء مهمًّا في المباني الحديثة؟
- 15 اذكر ثلاثة أنواع من أنظمة التكييف.
- 16 لماذا تُعدُّ المراوح مهمة في نظام التكييف؟
- 17 اذكر أربعة مكونات أساسية في نظام التكييف.
- 18 لماذا تُعدُّ المرشحات مهمة في نظام التكييف؟
- 19 ما أهمية التبريد في المصانع الدوائية؟
- 20 كيف تُسهم أنظمة التكييف في المراكز التجارية والمكاتب؟
- 21 أعط مثالاً على استخدام التبريد في النقل البحري.
- 22 ما وظيفة جهاز كشف التسرب؟
- 23 اذكر ثلاثة مخاطر محتملة عند التعامل مع أنظمة التبريد.
- 24 ما المقصود بالكفاءة الطاقية في أنظمة التبريد والتكييف؟
- 25 أعط مثالاً على وسيط تبريد صديق للبيئة.

الوحدة الثانية

تركيب وصيانة أنظمة التبريد وتكييف الهواء

Installation and Maintenance of
Refrigeration and Air Conditioning Systems



محتويات الوحدة الثانية

الدرس الأول

الأنابيب المستخدمة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

54..... (Pipes Used in Refrigeration and Air Conditioning Systems)

الدرس الثاني

تركيب نظام التبريد

59..... (Installation of a Refrigeration System)

الدرس الثالث

الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد وطرق استكشافها

(Common Faults and Troubleshooting Methods

66..... in Refrigeration Systems)

الدرس الرابع

تركيب أنظمة تكييف الهواء

73..... (Installation of Air Conditioning Systems)

الدرس الخامس

الأعطال الشائعة في أنظمة التكييف وطرق استكشافها

(Common Faults and Troubleshooting Methods

80..... for Air Conditioning Systems)

الدرس السادس

صيانة أنظمة التبريد وتكييف الهواء

85..... (Refrigeration and Air Conditioning System Maintenance)

الدرس السابع

الاختبارات ونتائج الأداء

89..... (Testing and Performance Results)

الدرس الثامن

الإصلاحات المنزلية وتوصيلات الأجهزة

96..... (Domestic Repairs and Appliance Connections)

99..... أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

- يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:
- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يُميّز بين أنواع الأنابيب المستخدمة في أنظمة التبريد والتكييف ووظيفة كل نوع.
- يتعرّف العمليات الشائعة التي تُجرى على الأنابيب، مثل: القطع، والثني، واللحام، والتوصيل.
- يطبّق قواعد السلامة أثناء العمل على الأنابيب وتركيبها في الأنظمة.
- يوضح أهمية التركيب الصحيح لأنظمة التبريد.
- يتعرّف الأدوات والمعدات اللازمة لتركيب نظام التبريد.
- يطبّق إجراءات السلامة أثناء التركيب، وفحص الأداء النهائي لنظام التبريد.
- يوضح الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد.
- يعدد أدوات تشخيص الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد.
- يُميّز بين خطوات استكشاف الأعطال في أنظمة التبريد.
- يتعرّف كيفية تحديد الموقع المناسب لتركيب الوحدات الداخلية والخارجية.
- يعدد أنواع الأعطال الشائعة في أنظمة التكييف.
- يُميّز بين المؤشرات الدالة على كل نوع من الأعطال.
- يستخدم أدوات الفحص والقياس المناسبة لتشخيص الأعطال.
- يطبّق خطوات استكشاف الأعطال بطريقة منهجية وأمنة.
- يتعرّف عمليات تنظيف الملفات والمرشحات والمكونات الداخلية للنظام.
- يُميّز بين الصيانة الوقائية والصيانة التصحيحية لأنظمة التبريد والتكييف.
- يتعرّف أهمية الصيانة الدورية لأنظمة التبريد والتكييف.
- يوضح إجراءات السلامة أثناء أعمال الصيانة.
- يتعرّف أهمية الاختبارات في تقييم أداء أنظمة التبريد والتكييف.
- يحلّل نتائج الاختبارات لتحديد كفاءة النظام وحالته التشغيلية.
- يستخدم أجهزة القياس المناسبة لاختبار الضغط، ودرجة الحرارة، وتدفق الهواء.
- يطبّق عمليات الفحص، والتنظيف، والإصلاح البسيط لأجهزة التكييف المنزلية.
- يضبط التوصيلات الكهربائية ووصلات الغاز بأمان.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تعريف الطلبة بأنواع الأنابيب المستخدمة في أنظمة التبريد والتكييف، وخصائص كل نوع، والعمليات المرافقة له، كما تُركز الوحدة على المبادئ العملية لتركيب وصيانة أنظمة التبريد وتكييف الهواء، وتعرّف مكوناتها ووظائفها الأساسية ضمن دورة التبريد، وتتناول الوحدة إجراءات تركيب أنظمة التبريد وتكييف الهواء وفق المعايير الفنية ومتطلبات السلامة، وتوضح الأعطال الشائعة التي قد تواجه هذه الأنظمة وطرق استكشافها وإصلاحها باستخدام أدوات القياس والتشخيص المناسبة، وطرق اختبار الأداء وتقييم النتائج؛ لضمان التشغيل السليم، إضافة إلى الإصلاحات المنزلية وتوصيلات الأجهزة وفق أسس فنية آمنة، وتهدف الوحدة كذلك إلى تطوير مهارات الطلبة في تنفيذ عمليات التركيب والفحص والصيانة بطرق صحيحة وأمنة؛ لضمان كفاءة الأداء واستدامة التشغيل مع الالتزام بمعايير الجودة والحفاظ على البيئة.

الأنابيب المستخدمة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

(Pipes Used in Refrigeration and Air Conditioning Systems)

تؤدي الأنابيب دوراً أساسياً في أنظمة التبريد والتكييف، حيث تنقل غاز التبريد بين المكونات المختلفة، مثل: الضاغط، والمكثف، والمبخر، وصمام التمدد، وتتنوع هذه الأنابيب في المواد المصنوعة منها والقطر حسب نوع النظام والضغط ودرجة الحرارة. إن إتقان التعامل مع الأنابيب والعمليات المرتبطة بها، مثل: القطع، والثني، واللحام، والتوصيل يضمن كفاءة النظام، ويقلل من مخاطر التسريبات والأعطال، ويحمي الفنيين، ويضمن استمرارية الأداء الأمثل للنظام.



وتكمن أهمية الأنابيب في أنظمة التبريد والتكييف، وجودتها، وطريقة تنظيمها داخل النظام فيما يأتي:

- 1 نقل وسيط التبريد بين أجزاء النظام المختلفة، مثل: الضاغط، والمكثف، والمبخر، وصمام التمدد؛ لضمان استمرار دورة التبريد.
- 2 الحفاظ على الضغط ودرجة الحرارة المناسبة أثناء حركة وسيط التبريد داخل الأنابيب؛ لضمان أداء مستقر.
- 3 منع تسريبات الغاز عند استخدام أنابيب عالية الجودة ووصلات محكمة الإغلاق.
- 4 المساعدة في كفاءة التشغيل من خلال تصميم مسار انسيابي يقلل من فقدان الطاقة والضغط.
- 5 تسهيل عمليات الصيانة والفحص بفضل التنظيم الجيد لمسارات الأنابيب داخل النظام.
- 6 ضمان سلامة التشغيل؛ لأن المواد المستخدمة تتحمل الضغوط والحرارة الناتجة عن عمل النظام.
- 7 تحسين المظهر العام للنظام من خلال التوزيع المرتب والمنسق للأنابيب في وحدات التبريد والتكييف.



يعتمد اختيار نوع الأنابيب على طبيعة النظام، ونوع وسيط التبريد، وبيئة التشغيل؛ لضمان الكفاءة والأمان.

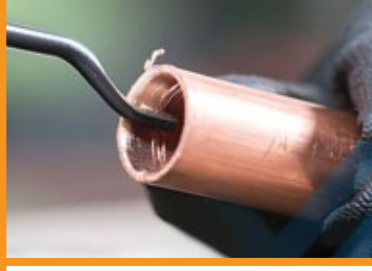
أنواع الأنابيب في أنظمة التبريد والتكييف

تتنوع الأنابيب المستخدمة في أنظمة التبريد والتكييف حسب نوع النظام، ووسيط التبريد المستخدم، والضغط ودرجة الحرارة المطلوبة، وفيما يأتي أبرز أنواع الأنابيب وفق المادة المصنوعة منها:

الأنواع	شكل توضيحي	الوصف
الأنابيب النحاسية (Copper Pipes)		- تمتاز بمقاومتها العالية للتآكل، وسهولة لحامها وثنيها. - تعد الأكثر استخداماً في أنظمة التبريد والتكييف. - تُستخدم في توصيلات غاز الفريون بين الضاغط والمكثف والمبخر.
الأنابيب الفولاذية (Steel Pipes)		- قوية ومناسبة لتحمل الضغوط والحرارة العالية. - تحتاج إلى حماية من الصدأ عن طريق الطلاء، أو العزل. - تُستخدم في الأنظمة الصناعية، أو ذات الضغط العالي.
أنابيب الألومنيوم (Aluminum Pipes)		- خفيفة الوزن، وسهلة التشكيل. - مقاومة للتآكل، ولكنها أقل متانة من النحاس. - تُستخدم في بعض وحدات التبريد الصغيرة، أو في المكثفات الحديثة.
الأنابيب البلاستيكية (Plastic or PVC/CPVC Pipes)		- تتميز بخفة الوزن وسهولة التركيب. - لا تتحمل الضغط العالي، أو درجات الحرارة المرتفعة. - تُستخدم في بعض تطبيقات الصرف، أو المياه المكثفة، وليس لنقل غاز التبريد.
الأنابيب المركبة (Composite Pipes)		- تتكون من طبقات من الألومنيوم والبلاستيك أو مواد أخرى. - تجمع بين الخفة، والمتانة، ومقاومة التآكل. - تُستخدم في بعض التطبيقات الحديثة؛ لتقليل الوزن وتسهيل التركيب.

العمليات الشائعة على الأنابيب في أنظمة التبريد والتكييف

تُجرى على الأنابيب في أنظمة التبريد والتكييف مجموعة من العمليات الأساسية التي تهدف إلى تجهيزها للتركيب، وتضمن إحكامها وكفاءتها أثناء التشغيل، ومن أبرز هذه العمليات ما يأتي:

العملية	شكل توضيحي	الوصف
القياس والتحديد (Measuring and Marking)		- تحديد أطوال الأنابيب المطلوبة وفقاً لتصميم النظام. - استخدام أدوات القياس الدقيقة، ووضع علامات واضحة قبل البدء بالقطع.
القطع (Cutting)		- قطع الأنابيب باستخدام أداة مخصصة، مثل: قاطع الأنابيب، أو المنشار المعدني. - يجب أن يكون القطع مستقيماً ونظيفاً؛ لتجنب التسرب عند التوصيل.
إزالة الزوائد (Deburring)		- بعد القطع، تُزال الحواف والزوايا الحادة من طرف الأنبوب باستخدام أداة إزالة الزوائد. - هذه الخطوة تمنع إتلاف الحشيات، أو انسداد مجرى الغاز.
الثني (Bending)		- تُثنى الأنابيب لتغيير اتجاهها دون كسرها، أو تقليل قطرها الداخلي. - تُستخدم أدوات الثني اليدوية، أو الهيدروليكية حسب نوع الأنبوب وقطره.

العملية	شكل توضيحي	الوصف
التوسيع والتضييق (Flaring and Swaging)		- تهدف هذه العملية إلى تجهيز أطراف الأنابيب لتوصيلها ببعضها، أو بالمعدات. - تستخدم أدوات متخصصة لتوسيع طرف الأنبوب؛ بهدف تركيب صامولة التوصيل، وتسمى بعملية التوسيع المخروطي/الفليير (Flaring). - تستخدم أدوات متخصصة لتوسيع طرف الأنبوب ليسمح بتركيب أنبوبة أخرى من نفس القطر، وتسمى بعملية التوسيع الأسطواني (Swaging)؛ وذلك لضمان توافق الوصلات وإحكامها.
اللحام بالنحاس (Brazing)		- تستخدم هذه العملية لربط الأنابيب النحاسية بإحكام. - يستخدم لهب غازي مع سلك لحام مناسب؛ لتحقيق وصلات متينة ومقاومة للتسرب.
الفحص والاختبار (Testing and Inspection)		- فحص الوصلات بعد اللحام؛ للتأكد من عدم وجود تسربات. - تستخدم اختبارات الضغط، أو الغاز للكشف عن أي خلل في النظام.



التحكم الجيد في هذه العمليات يضمن أداءً عاليًا للنظام، ويقلل من فرص حدوث الأعطال أو التسربات؛ مما ينعكس على كفاءة التبريد وطول عمر النظام التشغيلي.

إجراءات السلامة عند التعامل مع الأنابيب في أنظمة التبريد والتكييف

تُعد إجراءات السلامة عند التعامل مع الأنابيب في أنظمة التبريد والتكييف من الخطوات الأساسية التي يجب الالتزام بها؛ لتجنب الحوادث وضمان جودة العمل، وتشمل ما يأتي:

1. ارتداء معدّات الوقاية الشخصية:
مثل: القفازات المقاومة للحرارة، ونظارات الحماية، وأحذية السلامة؛ لتجنب الإصابات أثناء القَطْع أو اللِّحام.
2. فصل مصدر الطاقة قبل العمل:
التأكد من إيقاف تشغيل النظام وفصل التيار الكهربائي قبل بدء أي عملية صيانة أو لحام.
3. تفريغ ضغط النظام:
التأكد من تفريغ غاز التبريد والضغط داخل الأنابيب بطريقة آمنة قبل فصل أي وصلة أو أنبوب.
4. التهوية الجيدة لمكان العمل:
لضمان عدم تراكم الغازات أو الأبخرة الناتجة عن عمليات اللِّحام أو التسخين.
5. استخدام الأدوات المناسبة:
يجب استخدام أدوات مخصصة للقطع والثني واللحام؛ لتفادي تلف الأنابيب، أو حدوث تسرُّبات.
6. تجنُّب اللهب المكشوف قرب الغاز:
عند وجود وسيط تبريد قابل للاشتعال، يُمنع استخدام اللهب أو الشرر.

دائمًا



تركيب نظام التبريد

(Installation of a Refrigeration System)

يُعرف نظام التبريد بأنه منظومة متكاملة تهدف إلى خفض درجة الحرارة في حيز معين، ونقل الحرارة من داخله إلى الخارج باستخدام دورة تبريد تعتمد على مكونات رئيسية، مثل: الضاغط، والمكثف، وصمام التمدد، والمبخر، ويُستخدم هذا النظام في التطبيقات المنزلية والتجارية والصناعية؛ للحفاظ على جودة المواد وتوفير بيئة مريحة وآمنة، ويُعد تركيب نظام التبريد خطوة أساسية؛



لضمان تشغيله بكفاءة وأمان، وتتطلب هذه العملية تخطيطًا دقيقًا يأخذ في الاعتبار جميع المكونات، والتوصيلات الميكانيكية، والغازية والكهربائية، ويعتمد نجاح التركيب على الدقة والمعرفة الفنية أثناء تنفيذ الخطوات التي تشمل تثبيت المكونات الرئيسية، وتوصيل الأنابيب، وإجراء الاختبارات، ثم شحن النظام بوسيط التبريد المناسب.

ويهدف التركيب السليم لنظام التبريد إلى تحقيق أداء مستقر وآمن وفقًا لمواصفات الشركات المصنعة والمعايير الفنية المعتمدة، وتبرز أهمية التركيب الصحيح لأنظمة التبريد فيما يأتي:

1. ضمان الكفاءة التشغيلية: التركيب الدقيق يساعد النظام على العمل بأعلى كفاءة وأقل استهلاك للطاقة.
2. تعزيز السلامة: يقلل من احتمالية حدوث تسربات في غاز التبريد، أو أعطال كهربائية وميكانيكية.
3. إطالة عمر النظام: يقلل التركيب السليم من التآكل والمشكلات المتكررة؛ مما يطيل عمر المكونات.
4. تحقيق الاستقرار في التبريد: يضمن ثبات درجات الحرارة وجودة الأداء في مختلف ظروف التشغيل.
5. الالتزام بالمعايير: يضمن التوافق مع تعليمات المصنع والمعايير البيئية والتنظيمية المعتمدة.

الأدوات والمعدات اللازمة للتركيب

يتطلب تركيب أنظمة التبريد استخدام مجموعة من الأدوات والمعدات المتخصصة لضمان تركيب النظام تركيبًا صحيحًا وأمنًا، وتحقيق أكبر كفاءة للتشغيل، وتشمل هذه الأدوات الآتي:

الأداة	شكل توضيحي	الوظيفة
مفاتيح ربط الأنابيب القابلة للتعديل (Adjustable Spanners)		تثبيت وصلات الأنابيب وفكها، وضمان إحكامها؛ لتجنب التسرب.
أنابيب النحاس (Copper Pipes)		تمديد خطوط الغاز والسائل بين الوحدات الداخلية والخارجية.
قطّاعة الأنابيب (Pipe Cutter)		قطع الأنابيب النحاسية بدقة وسلاسة دون تشويه الأطراف.
طقم الفلير (Flaring Tool)		توسيع طرف الأنبوب؛ لتسهيل عملية التوصيل، أو اللحام مع أنبوب آخر.
ثنّاية الأنابيب (Pipe Bender)		ثني الأنابيب بزوايا محددة دون كسرها أو إضعافها.

الأداة	شكل توضيحي	الوظيفة
أدوات اللحام (Brazing/ Soldering Tools)		توصيل الأنابيب النحاسية توصيلاً دائماً ومُحْكَمًا، مع ضمان عدم حدوث تسرُّبات.
مضخة تفريغ الهواء (Vacuum Pump)		إزالة الهواء والرطوبة من النظام قبل شحنه بغاز التبريد؛ لضمان كفاءة التشغيل.
عداد قياس الضغط/ المانيفولد (Manifold Gauge Set)		قياس ضغط السحب والضغط العالي للنظام أثناء التشغيل، أو الشحن بالغاز.
جهاز كشف التسرب (Leak Detector)		اكتشاف أي تسرُّبات في النظام قبل وبعد شحن الغاز؛ لضمان سلامة النظام وكفاءته.
أسطوانة وسيط التبريد (Refrigerant Cylinder)		تحتوي على غاز التبريد المناسب للنظام الذي يُستخدم لشحن النظام بالمبرد بعد التفريغ.

الأداة	شكل توضيحي	الوظيفة
المفكات والكمّاشة (Screwdrivers and Pliers)		فك التوصيلات الكهربائية وتركيبها.
جهاز القياس المتعدد/ الملتيميتر (Multimeter)		قياس الجهد والتيار والمقاومة في الدائرة الكهربائية.
جهاز القياس ذو المشبك (Clamp Meter)		قياس التيار الكهربائي دون فصل الأسلاك.

خطوات تركيب نظام التبريد

يتطلب تركيب نظام التبريد تخطيطًا دقيقًا وتنفيذًا منهجيًا؛ لضمان عمل النظام بكفاءة وأمان، وتشمل عملية التركيب الخطوات الآتية:

1. التخطيط والإعداد (Planning and Preparation):



- اختيار الموقع المناسب لتركيب الضاغط والمكثف والمبخر.
- التأكد من وجود تهوية كافية حول المكثف.
- تجهيز التوصيلات الكهربائية ومصدر الطاقة.
- مراجعة المخطط العام للنظام (Layout).

2. تركيب المكونات (Component Installation):



- تثبيت الضاغط والمكثف على القاعدة باستخدام المسامير المطاطية؛ لتقليل الاهتزاز.
- تثبيت المبخر في المكان المخصص داخل الوحدة أو الغرفة.
- توصيل الأنابيب النحاسية بين المكونات وفق الاتجاه الصحيح لتدفق الغاز والسائل.

3. توصيل الدائرة الكهربائية

:(Electrical Circuit Connection)



- توصيل الضاغط والمروحة إلى لوحة التحكم الكهربائية.
- تركيب القواطع (Breakers) والمرحلات (Relays) وفق مخطط الشركة.
- التأكد من سلامة التأريض، وتثبيت الأسلاك بإحكام.

4. عملية التفريغ (Evacuation Process):

- توصيل مضخة التفريغ بمجموعة عدادات الضغط.
- تشغيل المضخة لتفريغ الهواء والرطوبة من النظام لمدة لا تقل عن (30) دقيقة.
- إغلاق الصمامات بعد التأكد من تحقيق تفريغ كامل (الضغط أقل من -30 inHg).



5. عملية الشَّحن (Charging Process):

- توصيل أسطوانة غاز التبريد إلى خط الشَّحن.
- فتح الصَّمام ببطء للسماح بدخول الغاز حسب الكمية المحددة في لوحة المواصفات.
- مراقبة ضغط النظام أثناء عملية الشحن.



6. اختبار التسرُّب (Leak Test):

- استخدام جهاز كشف التسرُّب أو محلول الصابون لفحص التوصيلات.
- إصلاح أي تسرُّب فور اكتشافه.



7. تشغيل النظام (System Start-Up):

- تشغيل النظام ومراقبة الضغوط ودرجات الحرارة.
- التحقق من تدفق الهواء وسلامة تشغيل الضاغط والمروحة.
- التأكد من عدم وجود اهتزازات أو تسرُّبات.
- تسجيل القراءات، والتأكد من الأداء المطلوب.



فحص الأداء بعد التركيب



يُمثل فحص الأداء بعد التركيب خطوة أساسية؛ لضمان كفاءة نظام التبريد، إذ يهدف إلى التحقق من سلامة التشغيل، واكتشاف أي أعطال، أو انخفاض في الكفاءة قبل بدء التشغيل الفعلي للنظام، ويكتمل ذلك بعد التشغيل التجريبي من خلال الآتي:

- قياس ضغط السحب والضغط العالي في النظام.
- التأكد من أن درجة الحرارة في المبخر والمكثف ضمن النطاق المطلوب.
- فحص معدل تدفق الهواء عبر المبخر.
- التأكد من عدم وجود ضوضاء، أو اهتزازات غير طبيعية.

إجراءات السلامة أثناء التركيب



تُعد السلامة من أهم الجوانب التي يجب مراعاتها أثناء تركيب أنظمة التبريد، إذ تتضمن حماية الفني والمعدات من المخاطر المحتملة الناتجة عن التعامل مع الكهرباء، والغازات المضغوطة، والأدوات الحادة، وعمليات اللحام؛ لذلك يجب الالتزام بإجراءات السلامة الوقائية الآتية أثناء تنفيذ أعمال التركيب؛ لضمان بيئة عمل آمنة وكفاءة تشغيل عالية:

- ارتداء معدات الحماية الشخصية (النظارات، والقفازات، وأحذية الأمان).
- فصل التيار الكهربائي قبل أي توصيل كهربائي.
- العمل في أماكن جيدة التهوية عند شحن أو تفريغ الغاز.
- عدم تسخين الأنابيب بالقرب من أسطوانات الغاز.
- استخدام غازات التبريد الموصى بها فقط.
- تثبيت الوحدة على قاعدة صلبة؛ لتجنب الانزلاق أو الاهتزاز.

دائماً



الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد وطرق استكشافها

(Common Faults and Troubleshooting Methods in Refrigeration Systems)

تُعد أنظمة التبريد من أهم الأنظمة الصناعية والخدمية التي تُسهم في الحفاظ على درجات الحرارة المناسبة للعمليات والمعدات والمنتجات، إلا أنها عُرضة لحدوث أعطال تؤثر على كفاءتها وأدائها، وتتنوع الأعطال في أنظمة التبريد بين أعطال ميكانيكية وكهربائية وحرارية، وتُمثل معرفة الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد واستكشافها مهارة أساسية لكل فني صيانة، حيث تُساعد في تقليل فترة التوقف عن العمل، وتحسين كفاءة النظام.

وتكمن أهمية تحديد الأعطال في أنظمة التبريد في الآتي:



- 1 الحفاظ على كفاءة التشغيل:
يُساعد تحديد الأعطال مبكرًا على ضمان عمل النظام بأعلى أداء ممكن دون انخفاض في القدرة التبريدية.
- 2 تقليل تكاليف الصيانة والإصلاح:
الكشف المبكر يمنع تفاقم المشكلات التي قد تؤدي إلى أعطال كبيرة، أو استبدال مكونات رئيسية.
- 3 إطالة عمر النظام:
يُسهم إصلاح الأعطال في الوقت المناسب في حماية المكونات من التلف، وزيادة العمر التشغيلي للنظام.
- 4 توفير استهلاك الطاقة:
الأنظمة الخالية من الأعطال تعمل بكفاءة أعلى، وتستهلك طاقة أقل.
- 5 منع تسرب غازات التبريد:
التشخيص السليم يقلل من احتمالية تسرب الغازات الضارة بالبيئة.
- 6 ضمان جودة التبريد:
يُساعد في الحفاظ على درجات الحرارة المناسبة في التطبيقات الحساسة، مثل تخزين الأغذية، أو المعدات الطبية.
- 7 تحسين السلامة:
يُقلل من مخاطر التشغيل الناتجة عن الأعطال الكهربائية أو الضغط الزائد في النظام.



الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد

يوضح الجدول الآتي الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد، وأسباب حدوثها والأثر الناتج عنها:

العطل الشائع	الأسباب المحتملة	الأثر أو النتيجة
تسرّب غاز التبريد	تلف الأنابيب أو الوصلات.	ضعف التبريد، وانخفاض الضغط في النظام.
انسداد المرشح أو صمّام التمدد	تراكم الأوساخ أو الشوائب.	ضعف تدفق سائل التبريد، وعدم ثبات الضغط.
تلف الضاغط	نقص الزيت، أو ارتفاع الحرارة، أو الحمل الزائد.	توقف عملية الضغط، وفقدان التبريد بالكامل.
اتساخ المكثف أو المبخر	تراكم الغبار أو الأتربة.	ضعف انتقال الحرارة، وزيادة استهلاك الطاقة.
خلل في المراوح	تلف المحرك، أو تراكم الأوساخ على الشفرات.	ضعف تدفق الهواء، وتجمّد المبخر، أو ارتفاع ضغط المكثف.
مشاكل كهربائية	تلف المرحلات أو ضعف التوصيلات.	توقف النظام، أو التشغيل غير المنتظم.
تجمد المبخر	ضعف تدفق الهواء، أو نقص شحنة الغاز.	انخفاض كفاءة التبريد، وتكوّن الثلج على الأنابيب.
خلل في أجهزة التحكم أو الحساسات	تلف في الحساس (Sensor Damage) أو في الأسلاك، أو الدائرة الإلكترونية.	تشغيل غير دقيق، أو غير منتظم للنظام.
ارتفاع درجة حرارة الضاغط	سوء التهوية أو انسداد في دورة التبريد.	توقف الضاغط، أو احتراق الملفات.
اهتزازات وضوضاء غير طبيعية	تلف المحامل، أو التثبيت غير الجيد للضاغط، أو المراوح أو الأنابيب.	ضجيج مرتفع، واحتمال تلف ميكانيكي لاحق.

أدوات تشخيص الأعطال الشائعة في أنظمة التبريد

تتنوع الأدوات المستخدمة في تشخيص الأعطال داخل أنظمة التبريد، كما يوضحها الجدول الآتي:



الأعطال المراد تشخيصها	الوظيفة	أداة التشخيص
تسرب الغاز، أو انسداد صمام التمدد، أو ضعف الضاغط.	قياس ضغط غاز التبريد في جهتي السحب والطررد.	عداد قياس الضغط/المانيفولد (Manifold Gauge)
التسربات في الأنابيب والوصلات.	تحديد مواقع تسرب غاز التبريد بدقة.	جهاز كشف تسرب الغاز (Leak Detector)
أعطال كهربائية، مثل تلف الملفات، أو ضعف التوصيلات.	قياس الجهد، والتيار، والمقاومة في الدوائر الكهربائية.	المقياس المتعدد/المليمتير (Multimeter)
زيادة الحمل الكهربائي، أو عطل في الضاغط.	قياس شدة التيار أثناء تشغيل الضاغط والمراوح.	جهاز القياس ذو المشبك (Clamp Meter)
ارتفاع درجة حرارة الضاغط، أو ضعف التبريد.	قياس درجة حرارة المكونات دون تلامس.	الكشاف الحراري (Infrared Thermometer/Thermal Camera)
التلوث، أو وجود رطوبة تؤدي إلى انسداد النظام.	تفريغ النظام من الهواء والرطوبة قبل الشحن.	مضخة التفريغ (Vacuum Pump)
الرطوبة التي تسبب تجمد أو انسداد الصمام.	يبين وجود الرطوبة في دورة التبريد.	مقياس الرطوبة (Moisture Indicator)
ضعف تدفق الهواء، أو خلل في المراوح.	قياس سرعة تدفق الهواء عبر المبخر أو المكثف.	مقياس تدفق الهواء (Anemometer)

خطوات استكشاف الأعطال في أنظمة التبريد



تُجرى عملية استكشاف الأعطال في أنظمة التبريد بطريقة منهجية ومنظمة تُساعد الفني على تحديد مصدر الخلل بدقة، وتقليل الوقت المستغرق في الإصلاح، وتشمل الخطوات الأساسية ما يأتي:

1. مراجعة الشكوى أو الملاحظة:

يبدأ الفني بجمع المعلومات من المستخدم حول طبيعة المشكلة، مثل ضعف التبريد، أو توقف النظام، أو الأصوات غير الطبيعية، فهذه الملاحظات تُساعد على توجيه عملية التشخيص في الاتجاه الصحيح.

2. الفحص الظاهري للنظام:

تفقد المكونات الخارجية للنظام، مثل الأنابيب، والوصلات، والمكثف، والمبخر؛ للتحقق من وجود تسربات، أو تلف ميكانيكي، أو تراكم أوساخ قد تُعيق كفاءة التشغيل.

3. التحقق من التغذية الكهربائية:

فحص المنصهرات (Fuses)، والمفاتيح، والتوصيلات الكهربائية؛ للتأكد من وصول التيار وصولاً سليماً لجميع الأجزاء، مثل الضاغط والمراوح وأجهزة التحكم.

4. قياس الضغوط داخل النظام:

قياس ضغط السحب والطرْد باستخدام عدادات الضغط (Manifold Gauge) لتحديد حالة غاز التبريد ومعرفة إن كان هناك تسرب أو انسداد في الدورة.

5. قياس درجات الحرارة:

قياس درجات حرارة الهواء أو الأنابيب عند المبخر والمكثف لتقييم كفاءة عملية التبادل الحراري، وتحديد أي خلل في تدفق الغاز أو الهواء.

6. فحص شحنة غاز التبريد:

التأكد من كمية الغاز داخل النظام باستخدام الميزان الإلكتروني وأجهزة الكشف لأن نقصه أو زيادته يؤدي إلى ضعف الأداء أو تلف المكونات.

7. اختبار الضاغط والمراوح:

إجراء اختبارات تشغيلية لقياس التيار ومراقبة الصوت للتأكد من سلامة عمل الضاغط والمراوح وعدم وجود اهتزازات أو أعطال كهربائية.

8. فحص أجهزة التحكم والحساسات:

التحقق من عمل الترموستات وصمامات التمدد والحساسات بدقة، لأنها تتحكم في تشغيل النظام وتوازن درجات الحرارة.

9. تحليل النتائج وتحديد سبب العطل:

مقارنة القراءات التي حُصل عليها بالقيم التشغيلية الطبيعية لتحديد مصدر المشكلة بدقة قبل تنفيذ أي إصلاح.



تضمن هذه الخطوات المنهجية تشخيصاً دقيقاً وسريعاً للأعطال، وتحافظ على كفاءة أنظمة التبريد واستمرارية عملها دون توقف.

تنفيذ الإصلاح وإعادة الاختبار

بعد الانتهاء من مرحلة استكشاف الأعطال وتحديد سبب الخلل بدقة، تبدأ مرحلة الإصلاح كخطوة تالية تهدف إلى معالجة المشكلة التي حُدِّت، وتُعد هذه المرحلة امتداداً طبيعياً لعملية التشخيص، حيث تُنفَّذ فيها الإجراءات التصحيحية لاستعادة كفاءة النظام قبل الانتقال إلى مرحلة إعادة الاختبار والتأكد من فاعلية الإصلاح وجودة الأداء، ثم إعادة تشغيل النظام للتأكد من أن الأداء عاد إلى الوضع الطبيعي وأن العطل حُلَّ نهائياً.

إجراءات الحفاظ على نظام التبريد بعد الإصلاح

بعد إتمام أعمال الإصلاح، يجب تنفيذ مجموعة من الإجراءات العملية لضمان استقرار النظام وكفاءته التشغيلية، وتشمل ما يأتي:

1. **إعادة التشغيل والفحص الأولي:**
تشغيل النظام تدريجياً مع مراقبة الضغوط ودرجات الحرارة؛ للتأكد من استقرار الأداء وسلامة المكونات.
2. **التحقق من الإحكام والتسرب:**
فحص جميع الوصلات والأنابيب بعد الإصلاح؛ للتأكد من عدم وجود أي تسرب أو ضعف في التثبيت.
3. **تنظيف المكونات الحيوية:**
تنظيف المكثف، والمرشحات، والمبخر؛ للحفاظ على تدفق الهواء والغاز بكفاءة عالية.
4. **فحص أجهزة التحكم والحساسات:**
اختبار الترموستات وصمامات التمدد والحساسات والتأكد من دقة استجابتها.
5. **مراجعة الأداء وتوثيق الصيانة:**
تسجيل القراءات النهائية (الضغط، والحرارة، وتيار تشغيل)، وتوثيق عمليات الإصلاح والفحص ضمن سجلات الصيانة الدورية.



اتباع هذه الإجراءات يضمن استمرارية عمل نظام التبريد بكفاءة عالية، ويقلل من احتمالية حدوث أعطال مستقبلية ويطيل عمر المعدات.

إجراءات السلامة أثناء استكشاف الأعطال والإصلاح في أنظمة التبريد

تُعد السلامة من أهم أولويات الفني أثناء التعامل مع أنظمة التبريد، إذ تجمع هذه الأنظمة بين الكهرباء والغازات المضغوطة والضغط الحراري، وكل ذلك يحمل مخاطر محتملة على الفني، يتطلب منه اتباع إجراءات السلامة الأساسية، التي تتلخص في الآتي:



1. ارتداء معدات الحماية الشخصية (PPE):

مثل القفازات العازلة، والنظارات الواقية، والأحذية الواقية، والملابس المقاومة للمواد الكيميائية أو الحرارة؛ لتجنب الحروق أو الصدمات الكهربائية أو التعرض للغازات الضارة.

2. فصل مصدر الطاقة قبل بدء العمل:

يجب التأكد من إيقاف تشغيل النظام وفصل الكهرباء عن جميع المكونات قبل القيام بأي فحص أو إصلاح؛ لتجنب الصدمات الكهربائية.

3. التحقق من ضغط الغاز قبل الفتح أو التفريغ:

عند التعامل مع دوائر التبريد المغلقة، يجب التأكد من تفريغ الضغط أو استخدام أدوات مناسبة لتجنب الانفجارات أو اندفاع غازات التبريد.

4. استخدام أدوات معتمدة وآمنة:

مثل عدادات الضغط، ومفكات العزل، وأجهزة الكشف عن التسرب؛ لضمان أن عملية الفحص أو الإصلاح تُجرى بأمان ودقة.

5. تجنب التعرض المباشر لغازات التبريد:

بعض الغازات قد تكون سامة أو تسبب تهيج الجلد والعينين، لذا يجب العمل في مناطق جيدة التهوية/وارتداء أقنعة عند الحاجة.

6. الانتباه للحرارة السطحية للمكونات:

المكثف والمبخر وأجزاء الضاغط قد تكون ساخنة جداً أثناء التشغيل، لذا يجب الحذر والانتظار أو استخدام أدوات حماية عند ملامستها.

7. اتباع تعليمات التشغيل والصيانة للمعدات:

الالتزام بالكتيبات الفنية وأدلة المصنع يقلل من احتمالية وقوع الحوادث أثناء استكشاف الأعطال أو إصلاحها.

8. الابتعاد عن مناطق الحركة الميكانيكية:

مثل مراوح الضاغط أو المحركات؛ لتجنب الإصابة نتيجة دوران الأجزاء المتحركة.

9. الحذر عند استخدام مواد التزييت أو التنظيف:

استخدام مواد كيميائية وفق التعليمات، وتجنب ملامسة الجلد أو استنشاق الأبخرة.

10. التأكد من اختبار النظام بعد الإصلاح في ظروف آمنة:

عند إعادة تشغيل النظام، يجب مراقبته عن بُعد أولاً؛ للتأكد من سلامة التشغيل قبل التعامل المباشر مع المكونات.



اتباع هذه الإجراءات يضمن حماية الفني من المخاطر الكهربائية والميكانيكية والكيميائية، ويُعزز سلامة عملية الصيانة ويطيل عمر نظام التبريد.



تركيب أنظمة تكييف الهواء

(Installation of Air Conditioning Systems)



يُعد تكييف الهواء من أهم الأنظمة المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية داخل المباني، إذ يعمل على ضبط درجة الحرارة ونسبة الرطوبة ونقاوة الهواء بما يتناسب مع متطلبات الإنسان والبيئة المحيطة، وهناك العديد من أنظمة التكييف المختلفة من حيث المبدأ وطريقة التشغيل وتوزيع الهواء، مثل النظام المركزي، ونظام الشبّاك، والنظام المنفصل (Split Unit)، ويُعد النظام المنفصل (السبليت) أحد أكثر الأنظمة شيوعاً في الاستخدام المنزلي والتجاري.

ويُعد تركيب أنظمة تكييف الهواء من العمليات الهندسية الأساسية، ويتوقف نجاح تركيب النظام على التخطيط الدقيق وفهم مكوناته المختلفة، بما في ذلك الضاغط، والمبخر، والمكثف، وأنباب التوصيل، بالإضافة إلى وحدات التحكم والمراوح، وتُعد هذه العملية خطوة جوهرية لضمان تشغيل النظام بكفاءة وأمان.

وتكمن أهمية التركيب الصحيح لأنظمة التكييف في الآتي:

- 1 ضمان كفاءة النظام: التركيب السليم يضمن توزيع الهواء البارد أو الساخن توزيعاً متوازناً، ويحقق الأداء الأمثل للوحدات الداخلية والخارجية.
- 2 إطالة عمر المكونات: التركيب الدقيق يُقلل من الضغط على الضاغط والمكونات الأخرى، ويمنع التلف المبكر.
- 3 توفير استهلاك الطاقة: الأنظمة المركبة بطريقة صحيحة تعمل بكفاءة عالية، مما يقلل من استهلاك الكهرباء.
- 4 تحقيق الراحة الداخلية: تركيب النظام تركيباً مناسباً يضمن وصول الهواء إلى جميع مناطق المكان، مع الحفاظ على درجة الحرارة والرطوبة المطلوبة.
- 5 تقليل الأعطال المستقبلية: التركيب الدقيق يُقلل من احتمالية حدوث تسربات في الغاز أو الأعطال الميكانيكية أو الكهربائية.

- 6 الالتزام بمعايير السلامة: التركيب الصحيح يضمن تطبيق قواعد السلامة الكهربائية والميكانيكية، ويقلل من المخاطر أثناء التشغيل.
- 7 سهولة الصيانة المستقبلية: التركيب المنظم يُسهّل الوصول إلى المكونات أثناء أعمال الفحص والصيانة الدورية.

أدوات التركيب الأساسية لأنظمة تكييف الهواء

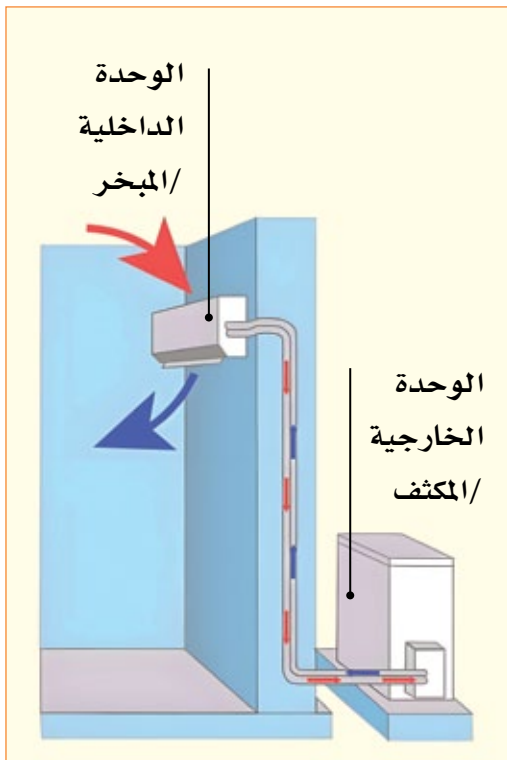
يتطلب تركيب أنظمة تكييف الهواء استخدام مجموعة من الأدوات اليدوية والكهربائية لضمان دقة العمل وسلامة النظام، ومن أهم هذه الأدوات ما يأتي:



الأداة	الوظيفة
مفاتيح الربط والمفكات (Wrenches & Screwdrivers)	تثبيت الوحدات الداخلية والخارجية، وربط الأنابيب والمسامير.
مفاتيح أنابيب النحاس وطقم تمديد الأنابيب (Flare & Swaging Tool Kit & Tube Wrenches)	توصيل أنابيب التبريد، وضمان إحكام الوصلات دون تسرب.
قطّاعة الأنابيب ومسطرة القياس (Pipe Cutter & Measuring Tape)	تقطيع الأنابيب بدقة حسب الأطوال المطلوبة، وضمان تركيبها تركيباً صحيحاً.
مضخة التفريغ (Vacuum Pump)	إزالة الهواء والرطوبة من دورة التبريد قبل شحن غاز التبريد.
عدّادات الضغط (Manifold Gauge Set)	قياس ضغط غاز التبريد في النظام، والتأكد من الشحن الصحيح.
عدة شحن غاز التبريد (Refrigerant Charging Kit)	ملء النظام بغاز التبريد بدقة وفق المتطلبات التشغيلية.

الأداة	الوظيفة
ميزان الماء (Spirit Level)	ضمان تثبيت الوحدات الداخلية والخارجية تثبيتاً أفقياً لتجنب مشاكل التصريف أو الأداء.
المثقاب وكراسي التثبيت (Drill & Mounting Brackets)	تثبيت وحدات التكييف على الجدران أو الأسطح المختلفة تثبيتاً آمناً.
مفاتيح الربط القابلة للتعديل (Adjustable Spanners)	تثبيت الوصلات المختلفة، وضبط شد البراغي والمسامير.
الأنابيب النحاسية وأدوات القطع واللحام (Copper Pipes and Cutting & Brazing Tools)	توصيل دائرة التبريد توصيلاً آمناً ودائماً، مع القدرة على اللحام والقطع حسب الحاجة.
معدات السلامة الشخصية (PPE: Gloves, Goggles, Safety Shoes)	حماية الفني أثناء التركيب من الصدمات الكهربائية، أو الحرارة، أو التعرض للغازات.

اختيار الموقع المناسب لتركيب أنظمة التكييف



يُعد اختيار الموقع الصحيح لتركيب وحدات التكييف، سواء الداخلية أو الخارجية، خطوة أساسية لضمان كفاءة التشغيل وطول عمر النظام، ويشمل ذلك عدة اعتبارات مهمة كما يأتي:

1. الوحدات الداخلية (Indoor Unit):

- تثبيت الوحدة في مكان يسمح بتوزيع الهواء البارد أو الساخن توزيعاً متوازناً في الغرفة.
- تجنب وضعها بجانب مصادر الحرارة المباشرة أو أشعة الشمس القوية.
- الحفاظ على مسافة كافية من السقف والجدران؛ لتسهيل صيانة الوحدة والوصول إلى المرشحات.
- اختيار مكان بعيد عن مناطق الحركة المكثفة أو الأثاث الذي قد يُعيق تدفق الهواء.

2. الوحدات الخارجية (Outdoor Unit):

- وضع الوحدة في مكان جيد التهوية لتسهيل تبادل الحرارة، ومنع ارتفاع الضغط داخل المكثف.
- تجنب الأماكن المغلقة أو التي تتعرض للغبار أو الأوساخ بكثرة.
- تثبيت الوحدة على قاعدة صلبة ومستوية لتقليل الاهتزازات والضوضاء.
- مراعاة المسافة المناسبة عن الحائط والجدران؛ لتسهيل الصيانة وتدفق الهواء.
- حماية الوحدة من الأمطار المباشرة أو الظروف الجوية القاسية إذا لزم الأمر.

3. اعتبارات عامة:

- اختيار أماكن قريبة من مصدر الكهرباء؛ لتقليل طول الأسلاك وضمان السلامة.
- مراعاة سهولة توصيل أنابيب التبريد بين الوحدات الداخلية والخارجية؛ لتقليل فقد الغاز وتحسين الكفاءة.
- أخذ التهوية والصيانة المستقبلية في الاعتبار عند تحديد موقع كل وحدة.



يُسهم الاختيار السليم للموقع في رفع كفاءة النظام، ويُقلل من استهلاك الطاقة، ويُطيل عمر المعدات ويضمن الراحة للمستخدمين.

خطوات تركيب أنظمة تكييف الهواء

تُركَّب أنظمة تكييف الهواء وفق خطوات منهجية لضمان سلامة النظام وكفاءته التشغيلية، وتشمل الآتي:

1. تحديد الموقع المناسب للوحدات:

- اختيار مواقع الوحدات الداخلية والخارجية مع مراعاة التهوية، وسُهولة الصيانة، وتدفق الهواء المناسب.



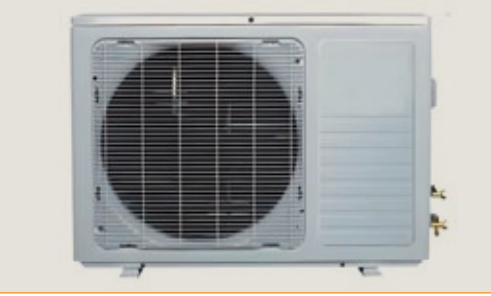
2. تثبيت الوحدة الداخلية:

- تركيب الحامل أو القاعدة على الحائط أو السقف تركيباً أفقياً ومستوياً.
- توصيل مجرى الهواء، والتأكد من عدم وجود عوائق أمام تدفق الهواء.



3. تثبيت الوحدة الخارجية:

- وضع الوحدة على قاعدة صلبة ومستوية؛ لتقليل الاهتزازات.
- ترك مسافات كافية حول الوحدة؛ لتسهيل التهوية والصيانة.



4. توصيل أنابيب التبريد:

- قص الأنابيب بالقياس المناسب، وربطها بين الوحدة الداخلية والخارجية باستخدام أدوات الفلير أو اللحام.
- التأكد من إحكام الوصلات؛ لتجنب التسرب.





5. توصيل الأسلاك الكهربائية:

- ربط الوحدات بمصدر الطاقة وفق الرمز الكهربائي.
- توصيل أجهزة التحكم والحساسات، مثل الترموستات والمفاتيح.

6. تفريغ الهواء والرطوبة من النظام:

- استخدام مضخة التفريغ لإزالة أي هواء أو رطوبة من دورة التبريد قبل شحن الغاز.



7. شحن غاز التبريد:

- معظم وحدات التكييف الحديثة تأتي مُحكمة الإغلاق مع شحنة غاز محددة مسبقاً داخل الوحدة الخارجية، وغالباً ما تكون مطابقة لطول الأنابيب الموصولة، وبعد تركيب الأنابيب وربط الوحدة الداخلية بالوحدة الخارجية وفحص التسريبات، يجب شحن النظام باستخدام عدادات الضغط لضبط الشحنة بدقة.



8. اختبار التشغيل:

- تشغيل النظام ومراقبة الضغط ودرجة الحرارة؛ للتأكد من الأداء السليم.
- التحقق من تدفق الهواء وسلامة المراوح والضغوط.



9. ضبط إعدادات النظام:

- ضبط الترموستات وأجهزة التحكم لتحقيق درجات الحرارة المطلوبة، وضمان التشغيل الأمثل.

10. التأكد من الأمان والسلامة:

- مراجعة جميع الوصلات الكهربائية والميكانيكية، والتأكد من عدم وجود تسريبات أو ضوضاء أو اهتزازات غير طبيعية.

إجراءات السلامة أثناء تركيب أنظمة تكييف الهواء



يتطلب تركيب أنظمة التكييف التعامل مع الكهرباء، وأنابيب الغاز، والوحدات الثقيلة، لذلك يجب اتباع إجراءات السلامة بدقة؛ لتجنب الإصابات، وضمان عمل النظام عملاً سليماً، وتشمل الإجراءات الأساسية ما يأتي:

1. ارتداء معدات الحماية الشخصية (PPE): مثل: القفازات العازلة، والنظارات الواقية، والأحذية الواقية، وخوذة السلامة عند الحاجة لحماية الفني من الصدمات الكهربائية والإصابات الميكانيكية.
2. فصل مصدر الكهرباء قبل البدء بالتركيب: التأكد من أن النظام غير متصل بالكهرباء قبل توصيل الأسلاك أو التعامل مع المكونات الكهربائية.
3. التحقق من سلامة مكان التركيب: التأكد من ثبات الجدران، أو الأسطح التي ستثبت عليها الوحدة، والحذر من الأماكن المرتفعة أو غير المستقرة لتجنب السقوط.
4. استخدام الأدوات المناسبة بطريقة صحيحة: مثل: المفاتيح، والمثاقب، ومضخات التفريغ، وعدّادات الضغط؛ لتجنب الحوادث وضمان التركيب الدقيق.
5. التعامل الحذر مع أنابيب غاز التبريد: عدم ثقب، أو فتح الأنابيب عشوائياً، والعمل دائماً وفق تعليمات المصنع؛ لتجنب تسرب الغازات الضارة، أو الانفجار.
6. تجنب رفع الوحدات الثقيلة رفعاً خاطئاً: استخدام وسائل رفع مناسبة، أو طلب المساعدة عند رفع الوحدة الخارجية؛ لتجنب الإصابات العضلية، أو سقوط الوحدة.
7. الحفاظ على التهوية الجيدة: عند العمل في أماكن مغلقة يجب التحقق من وجود تهوية جيدة؛ لضمان عدم استنشاق أي غازات أو أبخرة ناتجة عن اللحام أو شحن الغاز.
8. مراقبة الحرارة والأسطح الساخنة: بعض المكونات قد تكون ساخنة بعد التشغيل، أو أثناء اللحام، لذلك يجب تجنب ملامستها مباشرة.
9. تثبيت الوحدات تثبيتاً آمناً: استخدام حوامل ومسامير مناسبة، والتأكد من استواء الوحدة؛ لتقليل الاهتزازات والضوضاء أثناء التشغيل.
10. فحص جميع الوصلات قبل التشغيل: فحص التوصيلات الكهربائية والميكانيكية والغازية؛ للتأكد من سلامتها قبل تشغيل النظام لأول مرة.

دائماً



اتباع هذه الإجراءات يضمن سلامة الفني، ويحافظ على كفاءة المكيف، ويطيل عمره التشغيلي، كما يُقلل من المخاطر أثناء التركيب.



الأعطال الشائعة في أنظمة التكييف وطرق استكشافها

(Common Faults and Troubleshooting Methods in Air Conditioning Systems)

تُعد أنظمة التكييف من أكثر الأنظمة استخدامًا في المباني السكنية والتجارية والصناعية: نظرًا لدورها الحيوي في توفير بيئة مريحة من خلال التحكم في درجة الحرارة والرطوبة وجودة الهواء، ومع الاستخدام المستمر، قد تتعرض هذه الأنظمة لأعطال مختلفة تؤثر في أدائها وكفاءتها، مثل: ضعف التبريد، أو تسرب غاز التبريد، أو توقف الضاغط عن العمل، أو صدور أصوات غير طبيعية من الوحدة، ويُعد فهم الأعطال الشائعة وطُرق استكشافها وإصلاحها من المهارات الأساسية للفني المختص؛ إذ يتيح له تحديد المشكلة بدقة، وتقليل زمن التعطل وتكاليف الصيانة.

وتكمن أهمية تحديد الأعطال في أنظمة التكييف في النقاط الآتية:



- ضمان كفاءة التشغيل:
يُساعد اكتشاف الأعطال مبكرًا على بقاء النظام يعمل بأعلى أداء ممكن.
- تقليل استهلاك الطاقة:
الأعطال غير المكتشفة تؤدي إلى زيادة الجهد على المكونات، مما يؤدي إلى ارتفاع استهلاك الكهرباء.
- خفض تكاليف الصيانة والإصلاح:
الكشف المبكر عن الأعطال يمنع تفاقمها وتلف المكونات الرئيسية.
- إطالة عمر النظام:
الصيانة الدورية واستكشاف الأعطال يحافظان على مكونات النظام لفترة أطول.
- تحسين مستوى الراحة:
إصلاح الأعطال يضمن الحفاظ على درجة حرارة مناسبة وثابتة للمستخدمين.
- ضمان السلامة:
بعض الأعطال قد تشكل خطرًا كهربائيًا أو ميكانيكيًا، لذلك تحديدها ومعالجتها يُقلل من المخاطر.
- الحفاظ على جودة الهواء:
يُسهم اكتشاف الأعطال في المراوح أو المرشحات في بقاء الهواء نقيًا وصحيًا داخل المكان.



الأعطال الشائعة في أنظمة التكييف

يوضح الجدول الآتي الأعطال الشائعة في أنظمة التكييف ومؤشراتها والأسباب المحتملة لحدوثها:

نوع العطل	المؤشرات	الأسباب المحتملة
ضعف التبريد أو عدم كفاءته	- الهواء الخارج من الوحدة الداخلية غير بارد. - طول فترة التشغيل دون انخفاض الحرارة.	- نقص في غاز التبريد. - انسداد في مرشح الهواء. - اتساخ المكثف أو المبخر. - ضعف في الضاغط.
تسرب غاز التبريد (الفيرون)	- ضعف التبريد التدريجي. - تكون ثلج على الأنابيب. - صوت تسريب (فحيح).	- تسرب من اللحامات أو الصمامات. - تآكل الأنابيب.
توقف الضاغط عن العمل	- المكيف لا يعمل رغم وجود الكهرباء. - لا يوجد صوت تشغيل.	- عطل في المكثف الكهربائي. - تلف في ملف التشغيل. - ضغط مرتفع جداً. - ارتفاع درجة حرارة الضاغط.
تكون الثلج على المبخر	- انسداد تدفق الهواء. - ضعف التبريد.	- انسداد مرشح الهواء. - توقف مروحة المبخر. - انخفاض غاز التبريد.
تسرب الماء من الوحدة الداخلية	قطرات ماء على الجدار أو الأرض.	- انسداد أنبوب تصريف المياه. - تركيب غير صحيح للوحدة الداخلية.
صدور أصوات أو اهتزازات	صوت مرتفع أثناء التشغيل.	- ارتخاء في المسامير. - تلف في المروحة، أو محرك المروحة. - عدم توازن المروحة.
زيادة استهلاك الكهرباء	- ارتفاع فاتورة الكهرباء. - سخونة الأسلاك.	- اتساخ الملفات. - تشغيل غير متقطع. - عطل في الحساس، أو الثرموستات.

خطوات استكشاف الأعطال في أنظمة التكييف

تُعد عملية استكشاف الأعطال في أنظمة التكييف خطوة أساسية في أعمال الصيانة والفحص، إذ تُسهم في تحديد سبب الخلل بدقة قبل البدء بعمليات الإصلاح، وتمكن هذه العملية الفني من تجنب الاستبدال غير الضروري للأجزاء، وتُقلل من وقت التوقف عن التشغيل، وتُساعد في تحسين كفاءة النظام وضمان عمله بأمان وفعالية، ولتحقيق تشخيص دقيق، يجب اتباع خطوات منهجية تشمل الآتي:



1. الملاحظة الأولية (Initial Observation):

- الاستماع لأي أصوات غير طبيعية أو اهتزازات.
- ملاحظة أداء النظام، ودرجة حرارة الهواء الخارج من الوحدة الداخلية.
- التحقق من وجود تسربات للماء، أو الزيت أو تكون الثلج.

2. جمع المعلومات

(Information Gathering):

- سؤال المستخدم عن طبيعة العطل ووقت ظهوره.
- معرفة ما إذا كان العطل يحدث باستمرار أم متقطعاً.
- تحديد آخر مرة أجريت فيها الصيانة، أو شحن غاز التبريد.

3. الفحص البصري (Visual Inspection):

- التحقق من حالة الأسلاك الكهربائية والتوصيلات.
- التأكد من نظافة المرشحات والمكثف والمبخر.
- فحص أنابيب النحاس واللحامات بحثاً عن تسربات.
- التأكد من عدم انسداد أنبوب تصريف المياه.

4. الاختبار باستخدام الأدوات

(Testing with Instruments):

- عدادات الضغط: لقياس ضغط السحب والطرْد، وتحديد كمية غاز التبريد.
- جهاز كشف التسرب: لتحديد موقع فقدان غاز الفريون.
- الملتيميتر: لقياس الجهد والمقاومة والتيار في المكونات الكهربائية، مثل: الضاغط والمكثف.
- الترمومتر الرقمي: لقياس فرق درجات الحرارة بين دخول الهواء وخروجه.

5. تحليل النتائج (Analysis):

- مقارنة القراءات بالقيم المرجعية المحددة من الشركة المصنعة.
- تحديد سبب العطل بناءً على المؤشرات والبيانات المقاسة.
- تشغيل النظام بعد الإصلاح، ومراقبة أدائه.
- التأكد من أن درجة التبريد عادت إلى المستوى الطبيعي.
- التحقق من خلو النظام من أي تسربات أو أصوات غير طبيعية.

6. تنفيذ الإصلاح (Repair and Replacement):

- إصلاح الخلل، أو استبدال الأجزاء التالفة، مثل: المكثف، أو المرشح، أو الأنابيب.
- إعادة شحن النظام بكمية غاز التبريد المناسبة إن لزم الأمر.
- توثيق العمل (Documentation):
- تسجيل نوع العطل والإصلاح الذي نُفذ.
- تسجيل القراءات النهائية وملاحظات الأداء في سجل الصيانة.

إجراءات السلامة أثناء استكشاف الأعطال وإصلاح أنظمة التكييف



تُعد السلامة أثناء استكشاف الأعطال وإصلاح أنظمة التكييف أمراً ضرورياً؛ لحماية الفنيين والمستخدمين، والالتزام بإجراءات السلامة يُقلل من مخاطر الصدمات الكهربائية، وتسرب الغازات، والحوادث أثناء الصيانة، ومن هذه الإجراءات ما يأتي:

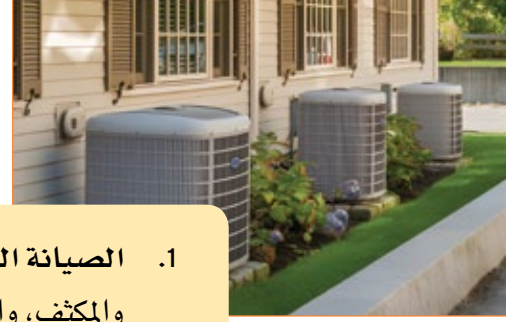
1. فصل التيار الكهربائي قبل البدء بأي عمل صيانة، أو فحص.
2. ارتداء معدات الوقاية الشخصية، مثل: القفازات، والنظارات الواقية، وأحذية العزل.
3. استخدام الأدوات المعزولة كهربائياً؛ لتجنب الصدمات الكهربائية.
4. تفريغ الضغط من النظام قبل فك أي جزء من دائرة التبريد.
5. تجنب ملامسة غاز التبريد مباشرة؛ لأنه قد يسبب حروقاً باردة أو اختناقاً في الأماكن المغلقة.
6. العمل في مكان جيد التهوية عند فحص أو تعبئة غاز التبريد.
7. عدم التدخين أو إشعال اللهب بالقرب من الدائرة أثناء عمليات الشحن أو التفريغ.
8. التأكد من سلامة التوصيلات الكهربائية، وعدم وجود أسلاك مكشوفة أو تالفة.
9. استخدام أجهزة القياس استخداماً صحيحاً وفق تعليمات الشركة المصنعة.
10. إعادة فحص النظام بعد الإصلاح؛ للتأكد من خلوه من التسربات، وعمل المكونات بأمان.

دائماً



إجراءات للحفاظ على نظام التكييف بعد الإصلاح

بعد إجراء الإصلاحات اللازمة، يتطلب الحفاظ على كفاءة نظام التكييف اتباع مجموعة من الإجراءات الوقائية؛ لضمان عمله بسلاسة، وطول عمره الافتراضي، ومنها ما يأتي:



1. الصيانة الدورية: فحص النظام بانتظام، وتنظيف المرشحات، والمكثف، والمبخر.
2. مراقبة الأداء: متابعة درجة الحرارة وتدفق الهواء؛ للتأكد من كفاءة التشغيل.
3. تجنب التشغيل المستمر: استخدام مؤقت، أو التحكم الحراري؛ لتقليل الضغط على النظام.
4. التأكد من التوصيلات: مراجعة جميع الوصلات الكهربائية والأنابيب بعد الإصلاح.
5. التأكد من عدم انسداد الفتحات: الحفاظ على نظافة فتحات الهواء، وعدم وضع عوائق أمامها.
6. إعادة شحن الغاز عند الحاجة: متابعة مستوى غاز التبريد، وصيانته وفق تعليمات الشركة المصنعة.
7. التحقق من سلامة الصمامات: التأكد من عدم وجود تسربات، أو تلف في المكونات.
8. تدوين سجل الصيانة: تسجيل جميع عمليات الفحص والإصلاح؛ لمتابعة تاريخ النظام وأي مشاكل متكررة.

صيانة أنظمة التبريد وتكييف الهواء

(Refrigeration and Air Conditioning System Maintenance)



تُعد الصيانة الدورية لأنظمة التبريد وتكييف الهواء من العوامل الأساسية؛ لضمان عملها بكفاءة وأمان، إذ تُساعد الصيانة على تقليل الأعطال، وتوفير الطاقة، وإطالة عمر المكونات الرئيسية للنظام، وتشمل الصيانة إجراءات الفحص، والتنظيف، واستبدال القطع التالفة، وضبط مستويات غاز التبريد والأداء الكهربائي، سواء كانت الصيانة وقائية لمنع الأعطال، أو تصحيحية لإصلاح الأعطال بعد حدوثها، وتكمن أهمية الصيانة في الآتي:

- الحفاظ على كفاءة التبريد أو التدفئة المطلوبة.
- تقليل استهلاك الطاقة وزيادة عمر المكونات.
- تقليل الأعطال المفاجئة، وخفض تكاليف الإصلاح.
- ضمان سلامة المستخدمين، ومنع تسرب غازات التبريد.



الصيانة (Maintenance)

هي العملية التي تهدف إلى الحفاظ على أداء النظام بكفاءة عالية من خلال الفحص، والتنظيف، والضبط، والاستبدال الدوري للأجزاء المتآكلة.

أنواع الصيانة في أنظمة التبريد

تُقسم الصيانة في أنظمة التبريد إلى أنواع رئيسية كالآتي:

نوع الصيانة	الشرح	أمثلة تطبيقية في التبريد والتكييف
الصيانة الوقائية (Preventive)	تُجرى بانتظام؛ لمنع الأعطال قبل حدوثها.	■ تنظيف المكثف والمبخر. ■ فحص ضغط غاز التبريد. ■ فحص الوصلات الكهربائية.
الصيانة التصحيحية (Corrective)	تُنفَّذ بعد ظهور العطل لإصلاحه.	■ تغيير الضاغط التالف. ■ تغيير صمام التمدد المعطل.
الصيانة التنبؤية (Predictive)	تعتمد على مراقبة الأداء باستخدام أجهزة تحليل.	■ مراقبة تيار الضاغط ودرجات حرارة الدائرة؛ لاكتشاف تراجع الكفاءة مبكرًا.
الصيانة الطارئة (Emergency)	تُجرى عند حدوث توقف مفاجئ للنظام.	■ إصلاح تسرب مفاجئ في دائرة الفريون.

أعمال الصيانة الشائعة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

تتضمن أعمال الصيانة الشائعة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء مجموعة من الإجراءات الوقائية التي تضمن كفاءة النظام وسلامته، وتشمل الآتي:

1. فحص وتنظيف المرشحات:

- إزالة الأتربة والشوائب من مرشحات الهواء دوريًا.
- استبدال المرشحات التالفة أو الممزقة للحفاظ على جودة الهواء وكفاءة التبريد.



2. تنظيف المبخر والمكثف:

- إزالة الأوساخ والغبار من زعانف المبخر والمكثف.
- التأكد من عدم انسداد فتحات الهواء لتسهيل تدفق الهواء وتحسين الكفاءة.

3. فحص مستويات غاز التبريد (الفريون):

- قياس ضغط غاز التبريد باستخدام عدادات الضغط.
- إعادة شحن الغاز عند نقصه وفق تعليمات الشركة المصنعة.

4. فحص المراوح والمحركات:

- التأكد من سلامة عمل مروحة المبخر والمكثف.
- فحص المحركات الكهربائية وعمل المحامل؛ للتأكد من خلوها من الاهتزازات أو الضوضاء.

5. الفحص الكهربائي:

- التحقق من الأسلاك، والتوصيلات الكهربائية، والمكثفات، والملفات الكهربائية.
- التأكد من عمل الحساسات والثرموستات.

6. فحص الصمامات والمحابس:

- التأكد من عدم وجود تسريبات في صمامات التمدد، أو المحابس.
- فحص وصلات الأنابيب، والتأكد من إحكامها.

7. فحص أنبوب التصريف وأنابيب المياه:

- التأكد من عدم انسداد أنبوب تصريف التكاثف.
- تنظيف المجاري؛ لمنع تراكم المياه، ومنع تكون العفن، أو الروائح الكريهة.

8. اختبار الأداء العام للنظام:

- قياس درجة الحرارة والضغط أثناء دخول الهواء وخروجه.
- مراقبة استهلاك الكهرباء أثناء التشغيل؛ للتأكد من كفاءة النظام.

ويوضح الجدول الآتي أعمال الصيانة الدورية لأنظمة التبريد، وتكييف الهواء مع تحديد زمن تكرار كل إجراء:

المكون	الإجراءات	زمن التكرار
المرشحات	تنظيف أو استبدال المرشحات لإزالة الغبار والأتربة.	شهرياً أو حسب الاستخدام.
المبخر والمكثف	تنظيف زعانف المبخر والمكثف وإزالة الأوساخ.	كل (3) أشهر.
غاز التبريد	قياس ضغط غاز الفريون، وإعادة شحنه عند الحاجة.	نصف سنوي، أو عند انخفاض الأداء.
المراوح والمحركات	فحص المراوح والمحركات، والتأكد من عدم وجود اهتزازات، أو أصوات غير طبيعية.	كل (3) أشهر.
الفحص الكهربائي	التحقق من الأسلاك، والمكثفات، والحساسات، والثرموستات.	نصف سنوي.
الصمامات والمحابس	فحص الصمامات والمحابس؛ للتأكد من عدم وجود تسريبات.	نصف سنوي.
أنابيب التصريف والمياه	تنظيف أنبوب التصريف والمجاري، ومنع انسدادها.	كل (3) أشهر.
اختبار الأداء العام	قياس درجة الحرارة والضغط ومراقبة استهلاك الكهرباء.	نصف سنوي.
التوثيق والمتابعة	تسجيل جميع أعمال الصيانة والفحوصات؛ لإعداد سجل الصيانة.	بعد كل صيانة.

العلاقة بين الصيانة واستكشاف الأعطال

تُسهم الصيانة المنتظمة، واستكشاف الأعطال في ضمان استمرارية عمل أنظمة التبريد والتكييف بكفاءة عالية، وكلاهما جزء من إدارة الأداء الكاملة، ويضمنان استمرارية التشغيل والكفاءة كالآتي:

- الصيانة الوقائية تقلل من احتمال حدوث أعطال مفاجئة في النظام.
- استكشاف الأعطال المنهجي يُساعد في تحسين خطط الصيانة الوقائية، وتجنب تكرار المشاكل.

الاختبارات ونتائج الأداء

(Testing and Performance Results)



بعد الانتهاء من تنفيذ أعمال الصيانة، أو التركيب لأنظمة التبريد وتكييف الهواء، تأتي مرحلة الاختبارات وقياس الأداء؛ للتأكد من أن النظام يعمل بكفاءة وفق المواصفات المطلوبة، وتهدف هذه المرحلة إلى التحقق من جودة العمل المنفّذ، وضمان تحقيق الأداء الأمثل من حيث القدرة التبريدية، واستهلاك الطاقة، ومستوى الضجيج، والسلامة التشغيلية.

وتُعد الاختبارات جزءاً لا يتجزأ من عملية الصيانة الوقائية والتصحيحية، ولها أهداف عديدة، من أبرزها ما يأتي:

- 1 التحقق من سلامة التشغيل:
التأكد من أن جميع المكونات تعمل بطريقة صحيحة وآمنة.
- 2 تقييم كفاءة النظام:
قياس الأداء الحراري والميكانيكي؛ لتحديد مدى مطابقة النظام للمواصفات.
- 3 اكتشاف الأعطال المحتملة:
تحديد الأجزاء الضعيفة، أو التالفة قبل أن تتسبب في توقف النظام.
- 4 تحسين استهلاك الطاقة:
التأكد من أن النظام لا يستهلك طاقة أكثر من اللازم؛ بسبب ضعف الكفاءة.
- 5 توثيق جودة الصيانة:
تقديم تقارير فنية دقيقة توضح حالة النظام بعد الصيانة.

أنواع الاختبارات في أنظمة التبريد والتكييف

تُجرى الاختبارات في أنظمة التبريد والتكييف؛ للتأكد من كفاءة الأداء وسلامة التشغيل بعد التركيب، أو أثناء الصيانة، وهي تُسهم في الكشف المبكر عن الأعطال، وضمان مطابقة النظام للمعايير الفنية، وتنقسم هذه الاختبارات إلى عدة أنواع رئيسية، تشمل الآتي:



نوع الاختبار	الوصف
اختبار الضغط (Pressure Test)	يُستخدم للتأكد من تحمل الأنابيب والمكونات للضغط التشغيلي دون حدوث تسرب أو تلف، ويُستخدم النيتروجين الجاف؛ للتحقق من عدم وجود تسربات في الأنابيب والوصلات قبل شحن النظام بالغاز.
اختبار التسرب (Leak Test)	يُستخدم للتحقق من عدم وجود تسرب في خطوط الأنابيب، أو الوصلات التي تحمل وسيط التبريد، ويُستخدم كاشف التسرب الإلكتروني أو الصابون؛ لفحص خطوط الغاز والتوصيلات.
اختبار التفريغ (Vacuum Test)	يهدف إلى إزالة الرطوبة والهواء من الدائرة قبل شحنها بمادة التبريد؛ لضمان التشغيل السليم.
اختبار التشغيل (Operation Test)	يُجرى بعد الانتهاء من التركيب أو الصيانة؛ للتأكد من أن النظام يعمل بكفاءة بجميع أوضاع التشغيل، ويُشغل النظام لمراقبة أداء الضواغط، والمراوح، والصمامات، ودرجات الحرارة والضغط أثناء التشغيل.
اختبار الأداء الحراري (Performance Test)	يُستخدم لقياس كفاءة النظام في التبريد أو التكييف، ومقارنة النتائج بالقيم التصميمية، أو المواصفات القياسية، وقياس كفاءة التبريد، ومعدل تدفق الهواء، وفرق درجات الحرارة بين مدخل ومخرج الهواء.
اختبار الكهرباء والتحكم (Electrical Test)	يشمل فحص الجهد والتيار والمقاومة؛ للتأكد من سلامة التوصيلات، والأجهزة الكهربائية، ووحدات التحكم.
اختبار تدفق الهواء (Airflow Test)	يُستخدم لقياس كمية وسرعة الهواء الخارج من وحدات التكييف، وضبط توازن التوزيع في مجاري الهواء؛ لضمان راحة المستخدم وكفاءة النظام.

أجهزة وأدوات الاختبار في أنظمة التبريد والتكييف



تُستخدم أجهزة وأدوات الاختبار في أنظمة التبريد والتكييف؛ لفحص الأداء، والكشف عن الأعطال، وضمان عمل المكونات بكفاءة وأمان، وتتنوع هذه الأدوات حسب نوع الاختبار والغرض منه، وتشمل الآتي:

الموظيفة	شكل توضيحي	الجهاز/الأداة
قياس ضغط وسيط التبريد في الجانبين العالي والمنخفض للنظام أثناء التشغيل، أو الشحن.		عدادات الضغط (Manifold Gauge Set)
إزالة الهواء والرطوبة من النظام قبل تعبئته بوسيط التبريد.		مضخة التفريغ (Vacuum Pump)
الكشف عن أماكن تسرب وسيط التبريد.		جهاز كشف التسرب الإلكتروني (Leak Detector)
قياس درجة حرارة الهواء، أو الأنابيب؛ للتحقق من أداء التبريد، أو التسخين.		مقياس الحرارة (Thermometer/ Thermocouple)

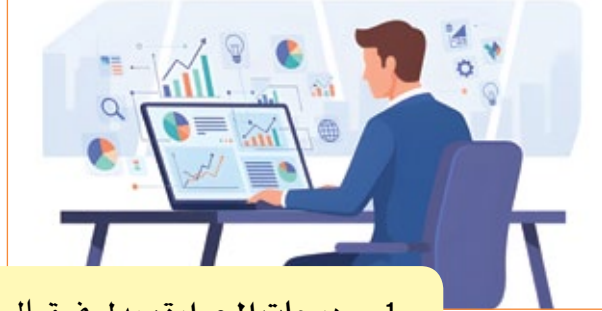
الوظيفة	شكل توضيحي	الجهاز/الأداة
قياس الجهد والتيار والمقاومة وفحص المكونات الكهربائية ووحدات التحكم.		المقياس المتعدد/ الملتيميتر (Multimeter)
قياس سرعة وكمية تدفق الهواء داخل مجاري الهواء.		مقياس تدفق الهواء (Anemometer)
قياس كمية وسيط التبريد أثناء الشحن بدقة؛ لضمان مطابقة القيم للمواصفات.		ميزان الشحن الإلكتروني (Refrigerant Charging Scale)
اختبار مقاومة العزل في الضواغط والموتورات؛ لضمان سلامتها الكهربائية.		جهاز قياس العزل الكهربائي (Insulation Tester/Megger)
قياس التيار الكهربائي دون فصل الأسلاك أثناء التشغيل.		جهاز قياس التيار ذو المشبك (Clamp Meter)
تُساعد في اكتشاف الفروق الحرارية في الأنابيب، أو المكونات؛ لتحديد الأعطال، أو التسربات الحرارية.		الكاميرات الحرارية (Thermal Camera)



تُساعد هذه الأدوات الفنيين على تحليل أداء النظام بدقة، وتحديد أي خلل محتمل في التشغيل.

تحليل نتائج الأداء في أنظمة التبريد والتكييف

بعد إجراء الاختبارات، تُجمَع البيانات وتُحلَّل لاستخلاص نتائج الأداء الفعلية، التي تُقارَن بالقيم المرجعية المحددة من الشركة المصنِّعة، وتشمل المؤشرات الأساسية التي تُحلَّل الآتي:



1. درجات الحرارة: يدل فرق الحرارة بين دخول الهواء وخروجه على كفاءة التبريد.
2. ضغط التشغيل: قد تُشير القيم غير الطبيعية إلى نقص الغاز، أو انسداد في النظام.
3. استهلاك الطاقة: يُقاس لمراقبة الكفاءة الكهربائية للنظام.
4. مستوى الضجيج والاهتزاز: يُستخدم لتقييم الحالة الميكانيكية للمكونات.
5. معدل تدفق الهواء: يُساعد في التأكد من توزيع الهواء توزيعاً متوازناً داخل النظام.

متابعة نتائج الأداء بانتظام في أنظمة التبريد والتكييف

تُعد متابعة نتائج الأداء بانتظام في أنظمة التبريد والتكييف من الممارسات الأساسية؛ لضمان تشغيل النظام بكفاءة وأمان، ولها أهمية كبيرة تتضح في النقاط الآتية:

1. الكشف المبكر عن الأعطال: متابعة المؤشرات، مثل: الضغط، ودرجة الحرارة، وتدفق الهواء تُساعد في اكتشاف أي خلل قبل أن يتحول إلى أعطال كبيرة.
2. الحفاظ على كفاءة الطاقة: التأكد من أن النظام يعمل ضمن القيم التصميمية يقلل استهلاك الكهرباء ويحافظ على الأداء الأمثل.
3. إطالة عمر المكونات: الصيانة المبكرة وتصحيح الانحرافات تُقلل من تلف الضواغط، والمحركات، والمبادلات الحرارية؛ مما يطيل عمر النظام.
4. ضمان راحة المستخدم: الحفاظ على درجة حرارة ورطوبة مناسبة في الأماكن المكيفة يعزز راحة المستخدم، ويمنع المشاكل البيئية، أو الصحية.
5. توثيق الأداء والتحسين المستمر: تسجيل نتائج الأداء يوفر قاعدة بيانات تُساعد على التخطيط للصيانة الوقائية، واتخاذ قرارات مستنيرة؛ لتحسين النظام مستقبلاً.
6. تقليل التكاليف التشغيلية: الاكتشاف المبكر للأعطال يمنع التوقف المفاجئ للنظام، ويُقلل من تكاليف الإصلاح الطارئ، والاستبدال المبكر للمكونات.

إعداد تقرير الأداء في أنظمة التبريد والتكييف

بعد انتهاء الاختبارات وتحليل النتائج، يُعد تقرير فني مفصل يتضمن الآتي:

- ملخص الأعمال المنفّذة.
- قراءات الاختبار، وملاحظات الأداء.
- الأعطال المكتشفة، والإجراءات التصحيحية المتخذة.
- التوصيات المستقبلية للصيانة.
- توقيع الفني والمشرف، وتاريخ الإنجاز.



يُعد التقرير وثيقة رسمية تُستخدم؛
لتأكيد جودة العمل، وضمان المتابعة
المستمرة للنظام.

طلب خدمة SERVICE REQUEST	
REQUESTOR	INSTRUMENT
Dept: اسم الجهة	Device Name: اسم الجهاز
Location: الموقع	Device Model: موديل الجهاز
Requested By: باسم العميل	Serial Number: الرقم التسلسلي
Date: التاريخ	
وصف المشكلة / الغرض من الخدمة المطلوبة	ملاحظة على الخدمة
تاريخ البدء: ١٩/٠٩/٢٠٢٠	تاريخ الانتهاء: ٢٠/٠٩/٢٠٢٠
تاريخ: ١٩/٠٩/٢٠٢٠	تاريخ: ٢٠/٠٩/٢٠٢٠
Problem: وصف الخطأ	Date/Time Started: تاريخ / وقت البدء
Corrective Action: الإجراء التصحيحي	Date/Time Completed: تاريخ / وقت الانتهاء
Comments: ملاحظات	Work Count: ساعة العمل
	Date Stopped: تاريخ الإيقاف
	Date Returned: تاريخ الإرجاع
Spare Parts List: قائمة قطع الغيار	
الوصف	الكمية
Engineer Name: اسم المهندس	Name: اسم العميل
Signature: التوقيع	Signature: التوقيع

السلامة أثناء الاختبار في أنظمة التبريد والتكييف

تُعد السلامة أثناء الاختبار في أنظمة التبريد والتكييف أمراً بالغ الأهمية؛ لحماية الفني والمعدات، ومنع الحوادث الكهربائية، أو تسربات وسيط التبريد، وتشمل أهم إجراءات السلامة ما يأتي:



1. ارتداء معدات الوقاية الشخصية (PPE):

- النظارات الواقية لحماية العينين.
- القفازات العازلة والمقاومة للحرارة.
- أحذية الأمان للحماية من الانزلاق والصدمات الكهربائية.

2. التأكد من حالة الأدوات والمعدات:

- فحص الأجهزة الكهربائية قبل الاستخدام.
- التأكد من خلو الأنابيب، والوصلات من التلف، أو الشقوق.

3. اتباع تعليمات التشغيل:

- قراءة وفهم دليل التشغيل لكل جهاز اختبار.
- ضبط الضغط والجهد ضمن الحدود المسموح بها.

4. الحذر عند التعامل مع وسيط التبريد:

- تجنب التعرض المباشر للغازات المبردة، فقد تسبب حروقًا باردة، أو تجمدًا موضعيًا للجلد.
- العمل في مكان جيد التهوية؛ لتجنب تراكم الغازات.

5. فصل الطاقة عند الحاجة:

- التأكد من فصل الطاقة قبل توصيل الأسلاك الكهربائية، أو فحصها؛ لمنع الصدمات الكهربائية.

6. الحفاظ على النظام أثناء الاختبار:

- مراقبة مؤشرات الضغط والحرارة أثناء التشغيل.
- عدم تجاوز حدود التصميم؛ لتجنب تلف المكونات، أو حدوث انفجار.

7. توثيق الاختبارات والنتائج:

- تسجيل جميع القراءات والتعديلات لضمان متابعة الأداء، واتباع إجراءات السلامة المستقبلية.



الحروق الباردة
(Cold Burns)

هي إصابات جلدية تحدث نتيجة التعرض المباشر للبرودة الشديدة، أو للمواد شديدة الانخفاض في درجة الحرارة، مثل: الغازات المبردة، أو المعادن المجمدة؛ مما يؤدي إلى تجمد الأنسجة الجلدية، وتلف الخلايا فيها.

دائمًا



الإصلاحات المنزلية وتوصيلات الأجهزة

(Domestic Repairs and Appliance Connections)



تُعد أجهزة التكييف من أهم الأجهزة المنزلية في سلطنة عُمان؛ نظراً لارتفاع درجات الحرارة في معظم فصول السنة، ومع الاستخدام المستمر، قد تتعرض هذه الأجهزة لأعطال تتطلب فحصاً وصيانة دورية؛ لضمان استمرار كفاءتها، وتجنب تكاليف الصيانة العالية، وتشمل الإصلاحات المنزلية التعامل مع أنواع مختلفة من أنظمة التكييف، مثل: وحدات التكييف المنفصلة (Split Units)، أو وحدات الشباك (Window AC)، وتشمل الإصلاحات التنظيف، أو الفحص، أو استبدال الأجزاء التالفة أو غير الفعالة، ويُعد فهم توصيلات الكهرباء والغاز من أساسيات الصيانة الآمنة التي تضمن الأداء السليم والعمر الأطول للجهاز.

خطوات الفحص والصيانة المنزلية

تُعد عملية الفحص والصيانة المنزلية لأجهزة التكييف خطوة أساسية لضمان الأداء الأمثل للأجهزة واستمرارية عمله بكفاءة عالية، إذ تُساعد هذه الخطوات المنتظمة في اكتشاف الأعطال مبكراً، وتقليل تكاليف الإصلاح، وتتمثل هذه الخطوات في الآتي:

1. الفحص المبدئي:

- فصل التيار الكهربائي عن الجهاز تماماً.
- فحص حالة الوحدة الداخلية والخارجية بصرياً؛ للتأكد من عدم وجود تلف ظاهر، أو تسرب.
- التحقق من نظافة المرشحات والملفات الهوائية.



الفحص المبدئي لجهاز التكييف



تنظيف المرشحات لجهاز التكييف

2. تنظيف المكونات الأساسية:

- إزالة الغطاء الأمامي وتنظيف المرشحات بالماء والصابون، ثم تجفيفها جيداً.
- تنظيف ملف المبخر (Evaporator Coil) باستخدام هواء مضغوط، أو منظف خاص.
- إزالة الأتربة من المكثف الخارجي باستخدام فرشاة، أو ماء مضغوط منخفض.



فحص التوصيلات الكهربائية لجهاز التكييف

3. فحص التوصيلات الكهربائية:

- استخدام جهاز القياس المتعدد لقياس الجهد، والتيار عند نقاط الدخول.
- التأكد من سلامة الأسلاك وعدم وجود احتراق، أو تلف في العوازل.
- فحص نقاط التأريض، والتأكد من اتصالها الجيد.

4. فحص دائرة التبريد:



فحص الضغط لجهاز التكييف

- تركيب جهاز قياس الضغط على منافذ الخدمة.
- قياس ضغط الغاز أثناء التشغيل ومقارنته بالقيم القياسية لنوع الغاز المستخدم.
- إذا كان الضغط منخفضاً، يُستخدم جهاز كشف التسرب للبحث عن التسرب.
- بعد الإصلاح، يُعاد شحن الغاز بكمية محددة حسب لوحة المواصفات.

5. اختبار الأداء بعد الإصلاح:



اختبار الأداء لجهاز التكييف

- تشغيل الوحدة ومراقبة درجة حرارة الهواء الخارج من الفتحات.
- التأكد من ثبات التشغيل وسرعة المروحة، وعدم وجود اهتزاز.
- قياس فرق درجة الحرارة بين الهواء الداخل والخارج، ويجب أن يكون عادة (10-15°C).
- تسجيل القراءات في تقرير الصيانة.

نموذج تقرير صيانة منزلية لأجهزة التكييف

يُستخدم تقرير الصيانة المنزلية لأجهزة التكييف؛ لتوثيق حالة الجهاز والعمليات التي أجريت أثناء الفحص والإصلاح؛ مما يُساعد في متابعة أداء الجهاز وضمان استمرارية عمله بكفاءة وأمان، ويوضح الجدول الآتي أحد تقارير الصيانة البسيطة:

البند	التفاصيل
نوع الجهاز	وحدة تكييف سبليت (1.5) طن.
الشركة المصنّعة	—
رقم الموديل	—
نوع الغاز المستخدم	R-410a
المؤشرات	ضعف في التبريد وتسرب مياه.
الإجراءات المنفذة	تنظيف المرشحات، وفحص الغاز، وإصلاح أنبوب التصريف.
ضغط التشغيل بعد الصيانة	110 psi
درجة حرارة الهواء الداخلي	16°C
ملحوظات إضافية	الجهاز يعمل بكفاءة بعد اختباره.

احتياطات السلامة أثناء الإصلاح

تُعد احتياطات السلامة أثناء إصلاح أجهزة التكييف عنصرًا أساسيًا لحماية الفني والمستخدم والمعدات من المخاطر المحتملة، إذ تضمن هذه الإجراءات تنفيذ أعمال الصيانة بكفاءة وأمان دون التسبب في أضرار كهربائية أو بيئية، ومن أهم احتياطات السلامة الآتي:

- التأكد من فصل الكهرباء بالكامل قبل بدء أي أعمال صيانة.
- يُنصح بتجنب استخدام الأدوات المعدنية المكشوفة بالقرب من خطوط الغاز.
- يُفضل عدم تفريغ غاز التبريد في الهواء مباشرة، واستخدام أجهزة استرجاع الغاز المناسبة.
- يُستحسن ارتداء نظارات وقفازات واقية أثناء العمل؛ لحماية العينين.
- من المهم ضمان التهوية الجيدة أثناء عملية الشحن، أو اختبار الجهاز.

دائمًا





أسئلة الوحدة

- 1 لماذا يجب فحص الأنابيب بعد التوصيل؟
- 2 اذكر عملية واحدة تمنع انسداد الأنابيب أثناء التشغيل.
- 3 ما المخاطر المحتملة عند عدم اتباع قواعد السلامة أثناء العمل على الأنابيب؟
- 4 اذكر المكونات الأساسية لنظام التبريد، ووظيفة كل منها.
- 5 ما الأدوات المستخدمة في عملية تركيب النظام؟
- 6 وضح الخطوات الرئيسية لتركيب نظام تبريد كامل.
- 7 ما الأدوات الأساسية المستخدمة في تشخيص الأعطال؟
- 8 وضح خطوات استكشاف الأعطال خطوة بخطوة.
- 9 لماذا يُعد اختبار الضغط ودرجة الحرارة بعد الإصلاح مهمًا؟
- 10 ما أدوات التوصيل الكهربائي الضرورية لتركيب الوحدة؟
- 11 لماذا يجب فحص الضغط ودرجة الحرارة بعد التركيب؟
- 12 ما الأخطاء الشائعة أثناء تركيب نظام تكييف الهواء؟
- 13 كيف يكون التأكد من سلامة تدفق الهواء في الوحدة الداخلية؟
- 14 ما هي الأسباب المحتملة لانخفاض كفاءة التبريد في النظام؟
- 15 كيف يمكن اكتشاف تسرب غاز التبريد؟

- 16 ما الأدوات التي تُستخدم لفحص الضاغط؟
- 17 لماذا يتكون الجليد على أنابيب المبخر؟
- 18 ما إجراءات السلامة الواجب اتباعها أثناء الصيانة؟
- 19 كيف تُساعد الصيانة الوقائية على إطالة عمر النظام؟
- 20 ما المشكلات التي يمكن اكتشافها أثناء الفحص الدوري؟
- 21 ما الأدوات المستخدمة لفحص الدائرة الكهربائية؟
- 22 اذكر خمسة مكونات يجب فحصها أثناء الصيانة الدورية.
- 23 أعطِ مثالاً على عطل شائع في التكييف المنزلي.
- 24 لماذا يُعد استكشاف الأعطال مهماً قبل الإصلاح؟
- 25 لماذا يُعد تسجيل جميع أعمال الصيانة أمراً مهماً؟
- 26 ما أهمية إجراء اختبارات الأداء بعد الصيانة؟
- 27 اذكر ثلاثة أنواع من الاختبارات المستخدمة في أنظمة التبريد والتكييف.
- 28 ما العناصر التي يجب تضمينها في تقرير نتائج الاختبار؟
- 29 كيف يمكن اختبار الجهاز بعد الصيانة للتأكد من سلامة التشغيل؟
- 30 ما الإجراءات التي يجب اتباعها عند تسرب المياه من الوحدة الداخلية؟

ضمان الجودة والامتثال في أنظمة التبريد والتكييف

Quality Assurance and Compliance in
Refrigeration and Air Conditioning Systems



محتويات الوحدة الثالثة

الدرس الأول

104 نطاق العمل (Scope of Work)

الدرس الثاني

108 ضمان الجودة والامتثال
(Quality Assurance and Compliance)

الدرس الثالث

112 مقاييس الجودة (Quality Measures)

الدرس الرابع

117 لوائح وتشريعات أنظمة التبريد والتكييف
(Refrigeration and Air Conditioning Regulations)

122 أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يوضح أهمية تحديد نطاق عمل فني الصيانة في أنظمة التبريد والتكييف.
- يحدد دور الفني في تحديد وتطبيق نطاق العمل.
- يتعرف مفهوم ضمان الجودة في أعمال الصيانة والتركيب.
- يوضح أهمية الالتزام بالمعايير الفنية والمواصفات المحلية والدولية.
- يشرح العلاقة بين ضمان الجودة والامتثال للأنظمة القانونية والتنظيمية.
- يحدد مقاييس الجودة المرتبطة بصيانة أنظمة التبريد والتكييف.
- يطبق أدوات قياس الجودة المرتبطة بصيانة أنظمة التبريد والتكييف.
- يتعرف اللوائح المحلية والدولية الخاصة بتركيب وتشغيل وصيانة أنظمة التبريد والتكييف.
- يشرح القوانين واللوائح المعمول بها في مجال التبريد والتكييف.
- يطبق إجراءات السلامة وفق التشريعات؛ لتجنب المخاطر الكهربائية والميكانيكية.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تعريف الطلبة بمفاهيم ضمان الجودة، ورفع كفاءة الأداء، والالتزام بالمعايير الفنية، وتتناول الوحدة نطاق العمل في مشاريع التبريد والتكييف، وتركز الوحدة على ضمان الجودة والامتثال، وتوضح أهمية تطبيق مقاييس الجودة في أعمال التركيب والصيانة؛ لتحقيق الكفاءة والاستدامة، وتستعرض الوحدة كذلك اللوائح والتشريعات المنظمة لأنظمة التبريد والتكييف؛ لضمان السلامة البيئية والتشغيلية، وتركز على تمكين الطلبة من تطبيق المعايير الفنية والجودة في أعمال الصيانة والتشغيل، وتعزيز الوعي بالسلامة والمسؤولية المهنية في قطاع التبريد والتكييف.

نطاق العمل

(Scope of Work)

يُعد تحديد نطاق العمل خطوة جوهرية في مشاريع صيانة وتركيب أنظمة التبريد وتكييف الهواء، وهي تسبق التنفيذ الفعلي لأي مهمة، ويمثل نطاق العمل الوثيقة التي تُحدد بوضوح ما يجب القيام به، ومن المسؤول عن كل جزء من أجزاء العمل، ويُسهّم وضع نطاق عمل دقيق ومنظم في ضمان إنجاز الصيانة، أو التركيب بكفاءة وجودة عالية، مع الالتزام بالوقت والميزانية المحددين.

ويُعد تحديد نطاق العمل خطوة أساسية لنجاح أعمال الصيانة والتركيب، وذلك للأسباب الآتية:



- وضوح المهام والمسؤوليات: يمنع التداخل بين فرق العمل، ويُحدد دور كل فني، أو جهة مشاركة.
- ضمان جودة التنفيذ: يضمن أن جميع الأنشطة تُنفذ وفق المواصفات الفنية والمعايير القياسية.
- ضبط الوقت والتكلفة: يُساعد على تقدير الموارد والزمن اللازم بدقة؛ مما يمنع التأخير، أو الإنفاق الزائد.
- سهولة المتابعة والتقييم: يوفر مرجعاً لتقييم تقدم العمل وجودته.
- تعزيز السلامة المهنية: من خلال إدراج تعليمات السلامة والإجراءات الوقائية ضمن نطاق العمل.



نطاق العمل

(Scope of Work)

الوصف التفصيلي لجميع الأنشطة والأعمال التي ستُنفذ ضمن مشروع الصيانة أو التركيب، ويشمل ذلك تحديد الأهداف الفنية، والمهام المطلوبة، والمعايير الواجب اتباعها، بالإضافة إلى تحديد المسؤوليات والأدوات والمعدات المستخدمة.

محتويات نطاق العمل في صيانة أنظمة التبريد والتكييف

يتضمن نطاق العمل مجموعة من العناصر الأساسية التي يجب أن تُوضح بدقة في وثيقة الصيانة أو التركيب، وتشمل الآتي:



1. بيانات المشروع:

- اسم المشروع وموقعه.
- نوع النظام (تكييف مركزي، أو تكييف منفصل، أو وحدات شُبَّاك، أو تبريد صناعي، أو غيره).
- حالة النظام الحالية، ومشكلاته إن وجدت.

2. الأعمال المطلوبة:

- فحص شامل للمكونات الميكانيكية والكهربائية.
- تنظيف الملفات والمكثفات والمبخرات.
- فحص مستويات غاز التبريد، وإعادة شحنه عند الحاجة.
- اختبار الضغوط والحرارة؛ للتأكد من كفاءة التشغيل.
- استبدال القطع التالفة، مثل: الضواغط، أو المراوح، أو المرشحات.

3. المعايير والمواصفات الفنية:

- الالتزام بتعليمات الشركة المصنّعة.
- تطبيق معايير الجودة والسلامة المعتمدة.
- استخدام الأدوات والمواد المصرح بها فقط.

4. المدة الزمنية للتنفيذ:

- تحديد مدة كل مرحلة من مراحل العمل.
- تحديد تواريخ البدء والانهاء.

5. الموارد المطلوبة:

- قائمة بالأدوات والمعدات.
- المواد الاستهلاكية، وقطع الغيار.
- العدد المطلوب من الفنيين ومؤهلاتهم.

6. إجراءات التوثيق والتسليم:

- توثيق جميع الأعمال المنفّذة في تقارير فنية.
- فحص النظام بعد الصيانة؛ للتأكد من كفاءته.
- تسليم النظام للعميل بعد التأكد من جاهزيته للعمل.

الاعتبارات الفنية في تحديد نطاق العمل

عند إعداد نطاق العمل، يجب مراعاة مجموعة من الاعتبارات الفنية لضمان الدقة والفاعلية، كالآتي:

- تقييم حالة النظام قبل بدء الصيانة؛ لتحديد حجم الأعمال المطلوبة.
- مراجعة الرسومات والمخططات الفنية؛ لفهم التوصيلات الكهربائية والميكانيكية.
- التأكد من توافر المعدات وقطع الغيار قبل البدء في التنفيذ.
- تضمين تعليمات السلامة والوقاية من المخاطر المتعلقة بأنظمة التبريد والتكييف.

دور الفني في تحديد وتنفيذ نطاق العمل

يؤدي الفني دورًا محوريًا في تحديد وتنفيذ نطاق العمل من خلال الآتي:

- قراءة وفهم أوامر العمل (Work Orders).
- تحديد المهام المطلوبة بدقة قبل البدء.
- استخدام أدوات القياس والاختبار المناسبة.
- التنسيق مع فرق الكهرباء والميكانيكا عند الحاجة.
- توثيق مراحل العمل في تقارير الصيانة.

مثال تطبيقي مبسط لنطاق عمل صيانة نظام تكييف



صيانة وحدة تكييف مركزي

يُوضح المثال الآتي نموذجاً عملياً لنطاق عمل صيانة وحدة تكييف مركزي في أحد المباني الإدارية، ويتضمن الجدول الآتي تفاصيل المشروع من حيث المكونات، والأعمال المطلوبة، ومدة التنفيذ، والفريق الفني، ونتيجة العمل:

مكونات المشروع	التفاصيل
المشروع	صيانة وحدة تكييف مركزي في مبنى إداري.
الأعمال المطلوبة	■ تنظيف المكثفات والمبخرات بالهواء المضغوط. ■ فحص مستويات غاز التبريد وضبطها. ■ فحص الضواغط والأسلاك الكهربائية. ■ استبدال المرشحات وتنظيف فتحات التهوية.
مدة التنفيذ	(3) أيام.
الفريق الفني	(3) فنيين تبريد وتكييف تحت إشراف مهندس صيانة.
نتيجة العمل	يعمل النظام بكفاءة بعد الصيانة، وتسليمه للعميل مع تقرير فني موثق.

ضمان الجودة والامتثال

(Quality Assurance and Compliance)

تُعد الجودة والامتثال من أهم العناصر في مجال صيانة أنظمة التبريد وتكييف الهواء، حيث لا يقتصر النجاح على إتمام الأعمال الفنية فقط، بل يشمل التأكد من مطابقة جميع الإجراءات للمعايير والمواصفات المعتمدة، والالتزام بالأنظمة والقوانين المحلية والدولية المتعلقة بالسلامة والأداء البيئي، إضافة إلى أن الاهتمام بالجودة والامتثال يضمن كفاءة النظام وأمان تشغيله واستدامته، ويُعد هذا الالتزام الأساس الذي يدعم الاحترافية والموثوقية في أعمال الصيانة، ويحقق مستويات عالية من الكفاءة والتميز المهني.



ضمان الجودة والامتثال

تتمثل الغاية من تطبيق هذين المفهومين في تحقيق أداء مستقر وآمن للنظام، وضمان رضا العميل، وتقليل الأعطال والأخطاء في المستقبل، ويُعرف كل منهما كالاتي:

■ **ضمان الجودة (Quality Assurance):** هو مجموعة من الإجراءات المنظمةة التي تُطبق أثناء تنفيذ العمل؛ للتأكد من أن نتائج الصيانة، أو التركيب تُطابق المعايير المطلوبة من حيث الأداء، والكفاءة، والأمان.

■ **الامتثال (Compliance):** هو التزام المنشأة أو الفريق الفني بجميع اللوائح والمعايير الفنية والقانونية المعمول بها، مثل: معايير السلامة المهنية، ومعايير البيئة، والمواصفات الهندسية لأنظمة التبريد والتكييف.

وفي أنظمة التبريد وتكييف الهواء، لا يمكن فصل الجودة عن الالتزام بالمعايير لارتباطهما الوثيق، إذ إن:

- **ضمان الجودة يُركز على كفاءة التنفيذ ودقته.**
- **الامتثال يضمن أن يكون العمل وفقاً للقوانين والمعايير.**
- **الجمع بينهما يؤدي إلى تحسين الأداء العام، وتقليل الأعطال، وزيادة رضا العملاء.**

أهمية ضمان الجودة في الصيانة والفوائد العملية لتطبيقها

تُعد أنظمة ضمان الجودة ضرورة أساسية في صيانة أنظمة التبريد والتكييف؛ لضمان كفاءة المنتجات والعمليات وتحقيق رضا المستفيدين، وعند تطبيق مبادئ الجودة والامتثال بشكل صحيح، تتحقق عدة فوائد عملية، منها ما يأتي:

- تحسين كفاءة النظام والأداء الحراري: التحقق من الأداء الأمثل لجميع المكونات، وتعزيز كفاءة الطاقة في النظام.
- تقليل الأعطال المستقبلية والانقطاع غير المخطط له: من خلال الفحص الشامل والاختبارات الدقيقة بعد الصيانة.
- ضمان سلامة المستخدمين والعاملين: يُسهم الالتزام بإجراءات الجودة في حماية الأفراد من المخاطر المحتملة.
- رفع مستوى الثقة والرضا لدى العملاء: يشعر العميل بالأمان تجاه جودة الخدمة، ويستمر في بناء علاقة مهنية مستقرة.
- تخفيض التكاليف: من خلال الحد من إعادة العمل، أو الإصلاحات المتكررة.
- تعزيز السمعة المهنية والمسؤولية البيئية: نتيجة التزام المؤسسات بضمن الجودة، ودعم الممارسات الآمنة في الحفاظ على البيئة.

مراحل تطبيق نظام ضمان الجودة في أنظمة التبريد والتكييف

يتكون نظام ضمان الجودة من عدة مراحل مترابطة، من أهمها ما يأتي:

1. التخطيط المسبق للجودة:

- تحديد أهداف الجودة ومعايير الأداء قبل بدء العمل.
- وضع خطة تفصيلية لتنفيذ الصيانة ومراقبة النتائج.



2. فحص المواد والمعدات:

- التأكد من أن جميع المواد وقطع الغيار مطابقة للمواصفات القياسية.
- فحص أدوات وأجهزة القياس قبل الاستخدام؛ لضمان دقتها.

3. مراقبة العمليات أثناء التنفيذ:

- التحقق من التزام الفنيين بالإجراءات الصحيحة وخطط العمل المعتمدة.
- متابعة جودة الأعمال اليومية وتوثيقها.

4. الاختبار والتحقق النهائي:

- إجراء الاختبارات الفنية بعد الانتهاء؛ للتأكد من أن النظام يعمل بكفاءة وأمان.
- مقارنة الأداء بالمعايير المحددة مسبقاً.

5. توثيق الأعمال وإعداد التقارير:

- تسجيل البيانات الفنية ونتائج الفحوصات في سجلات رسمية.
- إعداد تقارير الجودة النهائية لتسليمها للجهة المشرفة؛ أو العميل.

الامتثال للمعايير والأنظمة

يتطلب تنفيذ أعمال الصيانة والتركيب في أنظمة التبريد والتكييف الالتزام بمجموعة من المعايير المحلية والدولية، من أبرزها ما يأتي:

1. المعايير البيئية:

- الالتزام باستخدام غازات تبريد صديقة للبيئة، مثل: (R-32)، و(R-410A).
- التخلص الآمن من غازات التبريد التالفة والمواد الخطرة.

2. معايير السلامة المهنية:

- تطبيق تعليمات منظمة العمل الدولية (International Labour Organization (ILO)) ومعايير السلامة المحلية.
- الالتزام بإجراءات السلامة أثناء العمل على الأنظمة الكهربائية والميكانيكية.

3. المواصفات الفنية:

- اتباع تعليمات الشركات المصنعة في عمليات التركيب والصيانة.

4. الأنظمة القانونية والتنظيمية:

- الحصول على التصاريح المطلوبة قبل تنفيذ العمل.
- توثيق الأعمال الفنية والالتزام بإجراءات التفيتش والمراجعة.



- استخدام أدوات ومواد مطابقة للمواصفات القياسية الدولية، مثل: الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)) والمنظمة الدولية للمعايير القياسية (International Organization for Standardization (ISO)).

إجراءات التحقق من الجودة والامتثال



لضمان نجاح نظام الجودة والامتثال، يجب تنفيذ مجموعة من الإجراءات الرقابية، كالآتي:

1. إجراء التدقيق الفني (Technical Audit):
مراجعة جميع مراحل العمل؛ للتأكد من الالتزام بالإجراءات والمعايير.
2. التفتيش الميداني (Site Inspection):
يقوم المشرفون بفحص مواقع العمل فحصاً دورياً؛ للتأكد من تطبيق متطلبات الجودة.
3. التحقق من الوثائق والسجلات (Document and Record Verification):
التأكد من اكتمال التقارير، ونماذج الفحص، وسجلات الاختبار.
4. التقييم الدوري للأداء (Periodic Performance Evaluation):
قياس أداء الفرق الفنية، وتحليل نتائج العمل؛ لتحسين العمليات المستقبلية.

الوثائق والتقارير في نظام الجودة



تُوفر هذه الوثائق أدلة رسمية على أن جميع الإجراءات كانت وفق المعايير المحددة، وأن النظام آمن وفعال.

التوثيق هو عنصر أساسي في ضمان الجودة، إذ يُمثل الدليل العملي على الامتثال، وتشمل الوثائق المهمة ما يأتي:

- تقارير الفحص والاختبار.
- سجلات الصيانة الدورية.
- شهادات المطابقة للمعدات والمواد.
- نماذج التسليم والاستلام.
- تقارير السلامة والبيئة.

مقاييس الجودة

(Quality Measure)

في مجال صيانة أنظمة التبريد وتكييف الهواء، لا يُعد إنجاز العمل الفني وحده كافياً، بل يجب أن يُقاس مستوى جودة الأداء بدقة؛ لضمان تحقيق النتائج المطلوبة، وهنا تأتي أهمية مقاييس الجودة (Quality Metrics)، وهي مؤشرات كمية ونوعية تُستخدم لتقييم مدى كفاءة وجودة أعمال الصيانة والتركيب.

وتهدف هذه المقاييس إلى الإجابة عن أسئلة، مثل:

- هل جرى تنفيذ العمل وفق المواصفات الفنية؟
- هل يعمل النظام بكفاءة كما هو متوقع؟
- ما مدى رضا العميل عن الخدمة المقدمة؟



مقاييس الجودة (Quality Metrics)
هي مؤشرات قابلة للقياس تُستخدم لمراقبة وتقييم أداء عمليات الصيانة، أو التركيب ومخرجاتها.

أهمية استخدام مقاييس الجودة

تُعد أنظمة ضمان الجودة وتطبيق المقاييس الفنية ضرورة أساسية في صيانة وتركيب أنظمة التبريد والتكييف؛ لما لها من تأثير مباشر في كفاءة الأداء ورضا العملاء واستدامة العمليات، وتتلخص أهميتها في الآتي:

- تحسين الأداء العام: من خلال تحليل البيانات واكتشاف نقاط الضعف في العمل الفني، وضمان عمل جميع المكونات بأفضل كفاءة ممكنة.
- التحكم في العمليات التشغيلية: تُساعد المقاييس على مراقبة جودة كل مرحلة من مراحل الصيانة أو التركيب، والتأكد من التزام الفنيين بالإجراءات الصحيحة.
- اتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة: تُمكن الإدارة من تحسين التخطيط، وتوزيع الموارد بفاعلية، وتحسين الإجراءات التشغيلية المستقبلية.

- ضمان رضا العملاء: عبر قياس استجابتهم وجودة الخدمة المقدمة؛ مما يعزز الثقة والاستمرار في بناء علاقات مهنية مستقرة.
- الامتثال للمعايير الفنية والتنظيمية: من خلال مقارنة النتائج بالمتطلبات المعتمدة؛ مما يساهم في تقليل الأخطاء والأعطال المتكررة.
- تعزيز الكفاءة والتكلفة: تساهم المقاييس في الحد من إعادة العمل، أو الإصلاحات المتكررة، وتحقيق أداء آمن ومستدام للنظام.

أنواع مقاييس الجودة في صيانة أنظمة التبريد والتكييف

تتنوع مقاييس الجودة وفقاً لطبيعة النظام ونوع الخدمة المقدمة، ويمكن تصنيفها إلى أربعة أنواع رئيسية كالآتي:

1. مقاييس الأداء الفني (Technical Performance Metrics):

تُستخدم لتقييم كفاءة تشغيل النظام بعد الصيانة، وتشمل ما يأتي:

- فرق درجات الحرارة بين مدخل ومخرج الهواء.
- الضغط العالي والمنخفض داخل النظام.
- كفاءة الضاغط (Compressor Efficiency).

■ معدل تدفق الهواء (Air Flow Rate).

■ استقرار التشغيل وعدم حدوث اهتزازات، أو ضوضاء.

2. مقاييس الجودة التشغيلية (Operational Quality Metrics):

تُركز على جودة تنفيذ عمليات الصيانة نفسها، وتشمل ما يأتي:

- مدى الالتزام بخطة الصيانة المجدولة.
- دقة أعمال الفحص والاختبار.
- نظافة مكان العمل بعد الصيانة.
- سلامة استخدام الأدوات والمعدات.



3. مقاييس رضا العملاء

(Customer Satisfaction Metrics):

تُقاس من خلال تقييم العميل للخدمة المقدمة، وتشمل ما يأتي:

- سرعة الاستجابة لبلاغات الصيانة.
- وضوح التواصل مع الفنيين.
- جودة الخدمة بعد الصيانة.
- مدى التزام الفريق بالوقت المتفق عليه.



4. مقاييس الجودة الإدارية (Administrative Quality Metrics):

تُستخدم على مستوى الإدارة لتقييم كفاءة النظام كله، وتشمل ما يأتي:

- عدد الأعطال المتكررة بعد الصيانة.
- نسبة الالتزام بإجراءات السلامة والجودة.
- عدد التقارير المكتملة والمعتمدة دون أخطاء.
- مدة إنجاز العمل مقارنة بالخطوة الزمنية.

طرق جمع وتحليل بيانات الجودة

لتحقيق دقة في قياس الجودة، يجب جمع البيانات وتحليلها بأسلوب منهجي، وتشمل الطرق الآتية:

1. الملاحظة المباشرة: من خلال متابعة أداء الفنيين أثناء العمل.
2. الاختبارات الفنية: باستخدام أجهزة القياس الخاصة بالضغط والحرارة والكهرباء.
3. استطلاع رضا العملاء: للحصول على تقييمات مباشرة بعد إنجاز العمل.
4. مراجعة التقارير الفنية: وتحليل نتائج الأداء المسجلة في سجلات الصيانة.
5. استخدام مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs): مثل: نسبة الأعطال، ووقت الاستجابة، ومعدل الإنتاجية.



بعد جمع البيانات، تُقارن النتائج بالقيم المرجعية، أو بالمعايير المطلوبة؛ لتحديد مدى تحقيق الجودة المستهدفة.

مؤشرات الأداء الرئيسية في الجودة (Key Performance Indicators (KPIs))

تمثل مؤشرات الأداء أدوات أساسية لقياس الجودة قياسًا دقيقًا، ومن أهمها في أنظمة التبريد والتكييف ما يأتي:

المؤشر	الوصف	الهدف
زمن الاستجابة	الوقت المستغرق لبدء الصيانة بعد البلاغ.	تقليل التأخير.
زمن إنجاز العمل	المدة الكلية لإتمام المهمة.	تحسين الكفاءة.
نسبة الأعطال المتكررة	عدد الأعطال المتكررة خلال فترة محددة.	تقليل التكرار.
كفاءة الطاقة	استهلاك الطاقة مقارنة بالأداء.	خفض الهدر.
رضا العملاء	تقييم العملاء للخدمة المقدمة.	رفع مستوى الثقة.

تحسين الجودة بناءً على نتائج المقاييس

بمجرد تحليل مقاييس الجودة، يجب اتخاذ خطوات تصحيحية أو تطويرية؛ لتحسين الأداء المستقبلي، وتشمل الآتي:

- 1 تدريب الفنيين لتطوير مهاراتهم الفنية والإجرائية.
- 2 تحديث أدوات الصيانة؛ لضمان دقة القياسات وكفاءة التنفيذ.
- 3 مراجعة إجراءات العمل لتبسيط الخطوات، وتحسين التنسيق بين الفرق.
- 4 تحليل أسباب الأعطال المتكررة، ووضع حلول جذرية لمنع تكرارها.
- 5 مكافأة الأداء المتميز لتحفيز الالتزام بمعايير الجودة.

التوثيق وإعداد تقارير الجودة

تُعد التقارير جزءاً أساسياً من عملية تقييم الجودة، حيث توفر سجلاً دقيقاً للأداء يمكن الرجوع إليه عند الحاجة، ويجب أن تتضمن هذه التقارير ما يأتي:

- نتائج الفحوصات والاختبارات.
- مؤشرات الأداء المحققة.
- الملاحظات الفنية.
- الإجراءات التصحيحية المقترحة.
- توقيع الفني والمشرف وتاريخ الإنجاز.



The image shows a sample HVAC Air Balance Report form. It includes sections for Project Name, Location, Date, Technician(s), System Overview, Objective, Instrumentation Used, Measurements (Supply Air and Return Air), System Adjustments, Recommendations, and Technician's Comments. The form is designed to be filled out with specific data for each project.

لوائح وتشريعات أنظمة التبريد والتكييف

(Refrigeration and Air Conditioning Regulations)

تُعد أنظمة التبريد والتكييف من الركائز الأساسية في الحياة اليومية والصناعية، خاصة في المناطق الحارة، مثل سلطنة عُمان، حيث يؤدي التحكم في درجة الحرارة وجودة الهواء دوراً حيوياً في حماية الإنسان والممتلكات، ومع كثرة استخدام هذه الأنظمة في المنازل، والمكاتب، والمستشفيات، والمصانع، أصبحت الحاجة إلى التشريعات واللوائح الصارمة ضرورة؛ لضمان السلامة، والكفاءة وحماية البيئة، وتسعى هذه اللوائح إلى تنظيم عملية تركيب وصيانة وتشغيل أنظمة التبريد والتكييف بما يضمن الالتزام بالمعايير الفنية، والوقاية من المخاطر، والحفاظ على الموارد الطبيعية، وتؤكد سلطنة عُمان من خلال تشريعاتها ولوائحها على أن الالتزام بالمعايير الفنية، والبيئية، والصحية ليس خياراً بل ضرورة؛ لضمان سلامة الأفراد والممتلكات.



وتكمن أهمية الالتزام باللوائح والتشريعات في أنظمة التبريد والتكييف في الآتي:

- حماية الأفراد والمستخدمين من الحوادث والإصابات أثناء التشغيل والصيانة.
- الحفاظ على المعدات والممتلكات وتقليل الأعطال المفاجئة.
- حماية البيئة من التلوث الناتج عن الغازات والمبردات والمواد الكيميائية.
- الامتثال القانوني، وتجنب الغرامات والمساءلة القانونية.
- تحسين كفاءة أداء الأنظمة وجودة الخدمة المقدمة.
- إطالة عمر الأجهزة، وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة على المدى الطويل.
- تعزيز رضا العملاء، وضمان بيئة تشغيل آمنة وصحية.



اللوائح الإدارية والتنظيمية

تشمل الجوانب الإدارية والتنظيمية في هذا المجال ما يأتي:

- ترخيص المنشآت والفنيين: لا يُسمح بمزاولة أعمال التبريد والتكييف إلا بعد الحصول على التراخيص اللازمة وشهادات الكفاءة المهنية.
- تسجيل المعدات: بعض الجهات تطلب تسجيل الأجهزة والمعدات التي تحتوي على غازات تبريد محددة لتسهيل مراقبتها.
- إجراءات التفتيش والمراجعة الدورية: تُنفذها الهيئات التنظيمية للتحقق من الالتزام بالمعايير والقوانين البيئية والفنية.
- التوثيق والتقارير: إلزام الشركات بحفظ سجلات الصيانة والاستهلاك، وإبلاغ الجهات المختصة بأي حوادث أو تسريبات كبيرة.

اللوائح البيئية الخاصة بمواد التبريد

تُعد غازات التبريد من أهم العناصر التي تخضع لتنظيم بيئي صارم بسبب تأثيرها في طبقة الأوزون والمناخ، وهي كالاتي:

■ على المستوى الدولي:

بروتوكول مونتريال واتفاقية كيغالي لتنظيم استخدام الغازات الضارة (الكلوروفلوروكربون (CFCs)، والهيدروكلوروفلوروكربون (HCFCs)، والهيدروفلوروكربون (HFCs))، واستبدالها لما لها من تأثير ضار في البيئة.

■ على المستوى المحلي:

■ هيئة البيئة:

تطبق اللوائح الخاصة بالمواد المستنفدة لطبقة الأوزون وفق القرار الوزاري رقم (2010/107) بشأن تنظيم استيراد واستخدام مركبات الكلوروفلوروكربون، والهيدروكلوروفلوروكربون.

■ يُحظر استيراد أو تداول بعض أنواع الغازات الضارة، مثل (R-22)،

ويُشجع استخدام البدائل الآمنة بيئياً، مثل: (R-32)، و(R410A).

■ إلزام الشركات المتخصصة في الصيانة بامتلاك أجهزة استرجاع، وإعادة تدوير غازات التبريد؛ لتقليل الانبعاثات.



اتفاقية كيغالي (Kigali Amendment)

تنص على تقليل استخدام مركبات الهيدروفلوروكربون (HFCs) ذات التأثير العالي في الاحتباس الحراري.

لوائح السلامة والصحة المهنية في سلطنة عُمان

تُظلم وزارة العمل في سلطنة عُمان اشتراطات السلامة في أماكن العمل، ومنها ورش وأعمال التبريد والتكييف، وفق القرار الوزاري رقم (2008/286) بشأن لائحة تنظيم السلامة والصحة المهنية، التي تنص على الآتي:

1. استخدام معدات الوقاية الشخصية، مثل: القفازات، والنظارات الواقية، وأجهزة التنفس.
2. فصل مصادر الطاقة قبل إجراء أي أعمال صيانة أو فحص.
3. ضمان التهوية الجيدة أثناء التعامل مع الغازات.
4. توفير التدريب المستمر للعاملين على التعامل الآمن مع الغازات والمعدات المضغوطة.
5. الالتزام بإجراءات الطوارئ والإسعافات الأولية في حالات التسرب أو الحريق.

دائماً



المعايير الفنية المعتمدة في سلطنة عُمان

تُولي سلطنة عُمان اهتماماً كبيراً بوضع وتنفيذ المعايير الفنية المتعلقة بأنظمة التبريد والتكييف؛ نظراً لدورها الحيوي في ضمان السلامة العامة، وكفاءة الطاقة وجودة الأداء، ومع تزايد الاعتماد على هذه الأنظمة في مختلف القطاعات السكنية والصناعية والتجارية، أصبح من الضرورة الالتزام بالمواصفات الفنية الوطنية والخليجية والدولية المعتمدة، وتعمل الجهات المختصة في السلطنة على تطوير هذه المعايير بشكل مستمر، لضمان توافق الأجهزة والأنظمة مع متطلبات السلامة البيئية والفنية، وتحقيق الاستدامة في استهلاك الطاقة، والمحافظة على الموارد الطبيعية.



ويوضح الجدول الآتي أهم المواصفات العمانية والخليجية والدولية المعتمدة في هذا المجال:

التصنيف	المعيار/ المنظمة	العنوان	ملاحظات
المواصفات العمانية القياسية (OS)	OS 1653:2022	الثلاجات والثلاجات مع مجمد والمجمدات - متطلبات أداء الطاقة والاختبار وبطاقات بيان كفاءة الطاقة.	معتمدة في سلطنة عُمان (DGSM)
المواصفات الخليجية الموحدة (GSO)	GSO 2530:2016	وضع العلامات للطاقة ومتطلبات الحد الأدنى لأداء وحدات التكييف.	اعتمدتها سلطنة عُمان عبر القرار الوزاري رقم 2018/107 (CPRC)
المعايير الدولية	الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء (ASHRAE)	معايير كفاءة الطاقة وجودة الهواء الداخلي.	معيار دولي مهم يُستخدم مرجعاً للتصميم والتنفيذ.
	المنظمة الدولية للمعايير القياسية (ISO)	معايير الجودة والسلامة في تصنيع وتركيب وصيانة الأنظمة.	معيار دولي عام ومعتمد.
	اللجنة الكهروتقنية الدولية (IEC)	معايير الأجهزة والمعدات الكهربائية المستخدمة في أنظمة التبريد والتكييف.	معيار دولي للأجهزة الكهربائية والمكونات.



تعتمد العديد من الجهات المحلية على
المعايير الدولية عند إعداد لوائحها
الوطنية؛ لضمان التوافق الدولي في
الأداء والسلامة.

اشتراطات الترخيص والتنفيذ

تتشرط الجهات الحكومية (وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه، ووزارة الإسكان والتخطيط العمراني، ووزارة الطاقة والمعادن) ما يأتي:

- تصميم أنظمة التبريد وتكييف الهواء وتركيبها وصيانتها من قبل شركات وفنيين معتمدين.
- إلزام المنشآت بالحصول على شهادة مطابقة للمواصفات قبل تشغيل أنظمة التبريد وتكييف الهواء في المشاريع السكنية أو التجارية.

التحديات المرتبطة بالامتثال للوائح المتعلقة بالتبريد والتكييف

رغم وجود اللوائح الخاصة بأنظمة التبريد والتكييف، يواجه الفنيون في سلطنة عُمان بعض التحديات، كالآتي:

- نقص التدريب المتخصص لبعض الفنيين في التعامل مع غازات التبريد الحديثة الصديقة للبيئة.
- الحاجة إلى تطوير أنظمة مراجعة دورية أكثر فاعلية؛ لضمان الامتثال المستمر.
- استخدام معدات غير مطابقة للمواصفات والمعايير الدولية.
- الحاجة إلى مزيد من التدريب على الصيانة المستدامة، والتعامل الآمن مع المواد البديلة.



أسئلة الوحدة

- 1 ما المقصود بنطاق العمل في صيانة أنظمة التبريد والتكييف؟
- 2 لماذا يُعد تحديد النطاق بدقة عاملاً مهماً في جودة الصيانة؟
- 3 صف دور الفني في تنفيذ نطاق العمل بنجاح.
- 4 عرف ضمان الجودة في أعمال الصيانة.
- 5 ما الفرق بين ضمان الجودة والامتثال؟
- 6 اذكر ثلاثة عناصر أساسية من نظام ضمان الجودة.
- 7 لماذا يُعد التوثيق جزءاً مهماً من عملية ضمان الجودة؟
- 8 اذكر ثلاث أدوات من أدوات قياس الجودة ووظيفتها.
- 9 صف بإيجاز كيفية إعداد خطة قياس الجودة في ورشة صيانة.
- 10 ما التحديات التي تواجه تطبيق مقاييس الجودة، وكيف يمكن التغلب عليها؟
- 11 اذكر أهم المعايير البيئية المتعلقة بأنظمة التبريد والتكييف في سلطنة عُمان.
- 12 ما أهمية تطبيق لوائح البيئة في أنظمة التبريد والتكييف؟
- 13 كيف تساعد اللوائح في حماية المستخدمين والفنيين؟
- 14 ما التحديات التي يواجهها الفنيون في الامتثال للمعايير العمانية؟
- 15 كيف يمكن تحسين الالتزام باللوائح لضمان جودة وكفاءة أنظمة التبريد والتكييف؟

www.moe.gov.om



صيانة المنشآت الصلبة

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الثاني