جمهورية العراق
وزارة التربيـــــة
المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

تكييف الهواء والتثليج

الثاني

تأليف

د. عبد الهادي نعمة خليفة م. إحسان كاظم عباس

د. إصبيح وسمي هايد

الطبعة الرابعة 1445هـ - 2023 م

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

استكمالاً لكتاب التدريب العملي - المرحلة الأولى، وضمن الحملة الشاملة لتغيير مناهج التعليم المهني بصورة عامة، ومناهج تخصص قسم تكييف الهواء والتثليج بصورة خاصة، تم إقرار مفردات كتاب التدريب العملي- المرحلة الثانية، وكُلِّفت لجنة متخصصة بإعداده وتأليفه، ليتناغم مع كتاب مادة العلوم الصناعية – المرحلة الثانية.

ونظراً لالتزام العراق باتفاقية فَيّنا وبروتوكول مونتريال من خلال انضمامه لها، تم التأكيد في هذا الكتاب على الممارسات السليمة لمهنة تكييف الهواء والتثليج للحفاظ على البيئة وطبقة الأوزون، التي تتطلب عدم تسريب أية شحنة من موائع التثليج إلى الجو الخارجي لتأثيرها السلبي على طبقة الأوزون والاحترار العالمي، وإعادة استعمال الموائع المسحوبة من الأجهزة بعد استصلاحها، والتأكيد على استعمال الموائع صديقة الأوزون التي تم اعتمادها مؤخراً لتكون بديلة عن الموائع التقليدية التي كانت تستعمل بكثرة سابقاً، فضلاً عن استعمال أجهزة اقتصادية في استهلاك الطاقة وليست ذات آثار سلبية على البيئة.

تضمن الكتاب تمارين وتدريبات عملية على منظومات التثليج التجارية من أعمال الصيانة وتبديل وتركيب الأجزاء، كي يكون الطالب مؤهلاً في المستقبل وله خبرة جيدة في جميع أعمال المهنة من خلال العمل على المنظومات الكبيرة والصغيرة.

احتوى الكتاب تسعة فصول، تناول الفصل الأول تعريف الطالب بأعمال الصيانة وأنواعها وكيفية إجرائها، فضلاً عن تعريفه بالعُدد المناسبة لإجراء أعمال الصيانة حسب متطلبات السلامة المهنية. فيما تضمن الفصل الثاني موضوع أداء منظومة التثليج الانضغاطية وكيفية التدريب على استعمال مخطط الضغط - المحتوى الحراري، في حين تضمن الفصل الثالث أعمال صيانة أجزاء منظومات التثليج التجارية، إذ يتدرب الطالب من خلاله على كيفية فتح وتبديل أجزاء الضواغط المفتوحة والنصف مغلقة وصيانتها، فضلاً عن موضوع صيانة المكثفات وأبراج التبريد والمبخرات.

تناول الفصل الرابع من الكتاب تعريف الطالب بمُعدات التحكم في منظومات التثليج التجارية مثل البادئ المغناطيسي، والقواطع بأنواعها، والصمامات بأنواعها، وتدريب الطالب على كيفية نصب وتبديل وصيانة هذه الأجزاء، بينما تم في الفصل الخامس وضع تمارين لتدريب الطالب على كيفية تركيب وتشغيل منظومات التثليج التجارية، من خلال ربط الدوائر الميكانيكية والكهربائية لهذه المنظومات، فضلاً عن تدريبه على فحص التسرب لموائع التثليج المختلفة ومتطلبات تفريغ وشحن منظومات التثليج وحسب قواعد الممارسات السليمة للمهنة التي تضمنها بروتكول مونتريال والبروتوكولات الملحقة به وتعليمات السلامة المهنية .

تضمن الفصل السادس التعريف والتدريب على صيانة وتصليح أجهزة التثليج في المخازن المبردة والمجمدة، وقد تم ذكر تفاصيل مهمة عن موضوع حفظ الأغذية في كتاب العلوم الصناعية لهذه المرحلة. وأُخذت الثلاجة الامتصاصية كنموذج عن منظومات التثليج الامتصاصية في الفصل السابع من الكتاب لتعريف الطالب على أجزائها، وتدريبه على أعمال الصيانة لهذه الثلاجة، وتصليح واستبدال العاطل منها. في حين تم في الفصل الثامن إعطاء تمارين عملية حول موضوع المحركات الكهربائية أحادية وثلاثية الطور وكيفية صيانتها وتبديل أجزائها العاطلة، وفي الفصل الأخير (الفصل التاسع) تم التطرق إلى موضوع دوائر القدرة والسيطرة للمحركات الحثية ثلاثية الأطوار، وأهم الأجزاء التي تتكون منها، مثل المفاتيح الكهرومغناطيسية والقواطع الحرارية ومفاتيح التشغيل والإيقاف والتدريب على الدوائر الكهربائية وربطها.

وسيتم مستقبلاً تزويد المدارس ببطاقات التقييم لجميع تمرينات الكتاب، مع تأكيدنا على إشراك جميع الطلاب دون استثناء بتأدية جميع التمرينات وكل خطواتها، لمصلحة الطالب ومستقبله.

ندعو الله (عز وجل) أن نكون قد وفقنا بإعداد هذا الكتاب، وسنكون شاكرين لكل الإخوة المعنيين بهذه المادة إذا رفدونا بملاحظاتهم وآرائهم بشأن الكتاب، من أجل تطوير المناهج ومواكبة المستجدات الحديثة في مهنة تكييف الهواء والتثليج، مع شكرنا واعتزازنا بالجميع.

..... والله الموفق

المؤلفون

بغداد / 2011

المحتويات

		ص
الفصل الأول	**الصيانة**	7
	مقدمة	8
	الصيانة	8
	الصيانة الدورية	9
	الصيانة الوقائية	11
	الصيانة الطارئة	11
	إجراءات الصيانة	11
	برامج الصيانة	12
	العُدد المناسبة لإجراء الصيانة	13
	فحص الأداء	18
	السلامة المهنية	23
	أسئلة الفصل الأول	26
الفصل الثاني	**فحص أداء المنظومة الانضغاطية**	27
	مقدمة	28
	أداء المنظومة الانضغاطية	28
	أسئلة الفصل الثاني	34
الفصل الثالث	**صيانة منظومات التثليج التجارية**	35
	صيانة الضواغط النصف مغلقة	36
	مكونات الضاغط النصف مغلق	37
	صيانة الضاغط النصف مغلق	41
	المكثفات المبردة بالهواء	60
	المكثفات المبردة بالماء	65
	أبراج التبريد	72
الفصل الرابع	**مُعدات التحكم في منظومات التثليج**	77
	البادئ المغناطيسي وواقي الحمل	78
	قواطع الوقاية من الضغط	81
	صمام التمدد الحراري	88
	صمام بملف كهربائي	101
	صمامات السيطرة على تدفق الماء	105
	أسئلة الفصل الرابع	113

		ص
الفصل الخامس	**تركيب وتشغيل منظومات التثليج التجارية**	115
	مقدمة	116
	تمارين الدائرة الميكانيكية والكهربائية	116
	فحص التسرب في منظومات التثليج	136
	متطلبات تفريغ منظومة تثليج تجارية	141
	شحن منظومة التثليج	146
	أسئلة الفصل الخامس	154
الفصل السادس	**صيانة المخازن المبردة والمجمدة**	156
	مقدمة	157
	خدمة وصيانة منظومة التثليج لمخزن مبرد	158
	منظومة تثليج لغرفة مبردة أو مجمدة	163
	أسئلة الفصل السادس	189
الفصل السابع	**الثلاجة الامتصاصية**	190
	مقدمة	191
	أجزاء الثلاجة الامتصاصية	191
	تمارين حول صيانة الثلاجة الامتصاصية	194
الفصل الثامن	**المحركات الكهربائية**	199
	مقدمة	200
	تمارين حول المحركات أحادية الطور	200
	صيانة المحركات ثلاثية الطور	210
	أسئلة الفصل الثامن	219
الفصل التاسع	**دوائر القدرة والسيطرة للمحركات الحثية**	220
	مقدمة	221
	المفاتيح الكهرومغناطيسية	221
	القاطع الحراري	224
	مفاتيح الإيقاف والتشغيل	225
	مفاتيح المؤقت الزمني	225
	تطبيقات الدوائر الكهربائية	228
	أسئلة الفصل التاسع	246

الفصل الأول

الصيانة

Maintenance

الصيانة

Maintenance

1-1 مقدمة Introduction

لضمان عمل وحدات التثليج وتكييف الهواء بأقصى كفاءة، وأقل تكلفة، مع تحقيق عنصر الأمان للمنظومة، يجب إجراء أعمال الصيانة Maintenance بشكل دقيق وحسب توجيهات الشركات المصنعة. إن عمل الصيانة هو العمل الذي يضمن اشتغال المعدات بصورة منتظمة، قليلة الأعطال (أو انعدام الأعطال). وكما هو معروف عن منظومات التثليج وتكييف الهواء بانها تتكون من أجزاء ميكانيكية وكهربائية ومعدات سيطرة، مما يتطلب من القائم بأعمال الصيانة ضرورة الإلمام بالجوانب النظرية والعملية لهذه الأجزاء والاستعمال الأمثل لأجهزة القياس والعُدد والأدوات المستخدمة لتحقيق الصيانة المطلوبة، وكذلك أُسس ومبادئ السلامة المهنية.

تم التعرف والتدريب في المرحلة الأولى من خلال مادتي العلوم الصناعية والتدريب العملي على العُدد والأدوات وأجزاء المنظومات وأجهزة القياس الميكانيكية والكهربائية. وفي هذا الفصل سيتم التأكيد على مفهوم الصيانة (استراتيجيات الصيانة) والسلامة المهنية (وسائل وأُسس حماية القائم بأعمال الصيانة).

2-1 الصيانة Maintenance

الصيانة هي عملية إجراء الفحوصات الدورية واتخاذ التدابير اللازمة في فترات زمنية محددة للمحافظة على عمل المنظومة بأعلى كفاءة ممكنة (بكفاءة مساوية أو قريبة من الكفاءة التصميمية المحددة من الجهة المصنعة). وبذلك فأن الصيانة تهدف بشكل أساس إلى:

- ضمان سلامة وأداء مكونات المنظومة من أجزاء ميكانيكية، كهربائية، إلكترونية وغيرها خلال فترات التشغيل والتوقف.
- تقليل الاستهلاك لمكونات المنظومة، ومن خلالها تقليل استهلاك قطع الغيار وتقليل وقت ونفقات الإصلاح.
- الحفاظ على سلامة العاملين والمشغلين والمحيطين بالمنظومات والأجهزة من الناس، وهذا الهدف يُعد من الأهداف الرئيسة والمهمة لأعمال الصيانة.
- زيادة العمر الإفتراضي للجهاز.

إن أهمية وضع ومتابعة أعمال الصيانة تظهر من خلال:

1- اكتشاف نقاط الضعف في الأجهزة قبل وقوع العطل.
2- تقليل الأضرار الناتجة من عطب جزء معين من الجهاز، الذي قد يسبب سلسلة أعطال أخرى تصيب أجزاء صالحة في الجهاز، أي إن العثور المبكر على الجزء المتوقع عطبه وإبداله يقلل من الأضرار الناتجة عن العطب.
3- تقليل عامل الاندثار وإطالة عمر الأجهزة والمحافظة على رأس المال.
4- المحافظة على الكفاءة والسعة التصميمية للأجهزة.
5- الاقتراب من التشغيل الأمثل ومنع وقوع الحوادث، وبذلك تتوفر متطلبات السلامة الصناعية.

يعتقد البعض إن الصيانة Maintenance هي الإصلاح Repairing، إلا إن هذا الاعتقاد خاطئ لأن الصيانة هي ذلك العمل الذي يضمن الاشتغال للأجهزة بصورة منتظمة وخالية من الأعطال، وبعمر تشغيلي كامل بدون توقفات خلال العمل، ويضمن استمرار العمل بالكفاءة التصميمية، كما أن الصيانة تتم خلال فترة التوقفات. إذاً من المهم التذكر دائما بأن الصيانة لا تعني عملية الإصلاح Repairing للمنظومة التي تتم بعد أن يحدث العطل، بل هي عملية وقائية هدفها منع حدوث العطل وما ينتج عنه.

وعلى العموم يمكن أن تقسم الصيانة على عدة أنواع هي: الصيانة الدورية، الصيانة الوقائية، والصيانة الطارئة (الصيانة العلاجية)، كما إن أعمال الصيانة تشمل أعمالاً يومية، أسبوعية، شهرية، وسنوية، مما يتطلب وجوب تهيئة منهاج مسبق، واستخدام بطاقات وجداول مُعدة لأغراض المتابعة للأعمال التي تجرى على الأجهزة وتوقيتاتها.

1-2-1 الصيانة الدورية Periodical Maintenance

إن الصيانة الدورية هي الصيانة المخطط لها بجداول وبطاقات خاصة لأعمال الصيانة، وتشمل نوعين من الأعمال، الأول: لإزالة مخلفات التشغيل من المنظومة وتحديث الأجزاء المستهلكة بالاندثار واسترجاع كفاءتها التصميمية، أما النوع الثاني فهو عملية المراقبة للمنظومة في حالة الاشتغال من أجل الحصول على حالة اشتغال طبيعية. وتتم الصيانة الدورية بحسب توصيات الشركة المصنعة، وقد تكون أسبوعية أو شهرية، أو موسمية أو سنوية. كما إن الأعمال المطلوب إجراؤها في الصيانة تختلف بحسب نوع المنظومات. إن منظومات التثليج وتكييف الهواء ذات السعات العالية تتطلب وجود مشغل أو أكثر للقيام بمتابعة يومية لعمل الوحدات وتسجيل قراءات أجهزة القياس بجداول نظامية مثل درجات الحرارة، الضغط، مستوى الزيت، التيار المسحوب، وغيرها من الملاحظات لتكون قاعدة بيانات للقائم بأعمال الصيانة لمعرفة حالة المنظومة في الوقت الذي يسبق وقت الصيانة.

كمثال لأعمال الصيانة الدورية لمنظومة متكاملة لتكييف هواء ما يأتي:

- **الصيانة اليومية Daily Maintenance**

أ- مراقبة عمل الجهاز اليومي وتسجيل القراءات اللازمة لدرجات الحرارة والضغط وشدة التيار الكهربائي وفرق الجهد.

ب- مراقبة ظاهرة ظهور أصوات غير طبيعية أو اشتغال الدائرة الكهربائية بصورة غير طبيعية.

ت- مراقبة مرور الموائع المستعملة لنقل الحرارة من وإلى المنظومة، وخصوصاً مراقبة موائع التثليج داخل المنظومة والتأكد من عدم تسربها إلى خارج المنظومة، للحفاظ على طبقة الأوزون والبيئة .

- **الصيانة الأسبوعية Weekly Maintenance**

أ- تنظيف مرشحات الهواء (Filters).

ب- مراقبة تدفق مائع التثليج من خلال زجاجة البيان.

ت- مراقبة زيت التزييت في الضاغط ودرجة حرارته.

ث- مراقبة نضوح (تسرب) الماء من المضخات وأبراج التبريد.

ج- مراقبة تصريف الماء المتكثف على ملف التبريد.

- **الصيانة الشهرية Monthly Maintenance**

أ- مراقبة تدفق مائع التثليج من خلال زجاجة البيان والتأكد من كفاية كميته ونوعيته.

ب- التأكد من حزام دوران المروحة (القايش) وحالة الشد الذي هو عليه.

ت- التأكد من عدم ارتخاء التوصيلات الكهربائية.

ث- التأكد من مرشحات المياه وتنظيفها عند الحاجة.

ج- التأكد من حالة تسرب الماء من المضخات.

ح- فحص أبراج التبريد من حيث صلاحية مجموعة المروحة ونضوح الماء وتطاير الرذاذ.

- **الصيانة السنوية Annual Maintenance**

أ- إزالة مخلفات تشغيل الموسم الماضي، مثل تنظيف المكثف من الأملاح والترسبات وإزالة الأوساخ والأملاح من أبراج التبريد.

ب- تزييت وصيانة كراسي محاور الدوران لوحدة التكثيف وتبديل أو صيانة وصلات الربط المرنة Coupling بين المحرك والمضخة.

ت- يُضاف لجدول الصيانة السنوية جميع أعمال الصيانة الشهرية.

2-2-1 الصيانة الوقائية Preventive Maintenance

وهي عملية صيانة بعض الأجزاء لتجنب التأثير الأكثر ضرراً للأجزاء الأخرى من المنظومة. مثال ذلك عند سماع صوت بكرسي التحميل لإحدى المراوح نتيجة زيادة الخلوص بمحمل عمود الدوران (الجلبة) فيجب تغيير هذا المحمل لتفادي تآكله، الذي يسبب تآكل عمود الدوران وربما يحطم المروحة بالكامل.

3-2-1 الصيانة الطارئة Emergency Maintenance

تُسمى أحياناً بالصيانة العلاجية لتميَزها عن الصيانة الدورية التي هي أقرب لأعمال الإصلاح منها لأعمال الصيانة، وهي عملية اضطرارية عند انخفاض أداء المنظومة أو عطل بعض أجزائها، ويعتمد هذا النوع من الصيانة على نوع العطل والذي بدوره يحدد الإجراءات المطلوبة.

3-1 إجراءات الصيانة Maintenance Procedure

إن إجراءات الصيانة يمكن تقسيمها إلى:

- أعمال روتينية Routine يتم فيها مراجعة أداء المنظومة حسب فقرات الصيانة وبموجب جدول زمني محدد مسبقاً، اعتماداً على سجل القراءات للمنظومة.
- تشغيل إبتدائي Initial Startup يتم للمنظومات الجديدة ويتطلب مراجعة كاملة لجميع أجزاء المنظومة وضبطها ومتابعة ذلك لفترة زمنية محددة.
- تشغيل نهائي Final Operation يتم ذلك عند بدء كل موسم (صيف – شتاء) حيث يتم ضبط أداء المنظومة لتعمل في أثناء الفترة المطلوبة بأقل الأعطال.
- صيانة شاملة Overhaul وتشمل إصلاح المنظومة بشكل كامل موقعياً أو بالورش الخاصة. وتشمل الأجزاء أو القطع التالفة والمستهلكة والتي قارب عمرها التشغيلي على الإنتهاء بموجب ساعات العمل الفعلية حتى وإن كانت غير تالفة ظاهرياً.

4-1 برامج الصيانة Maintenance Program

إن تعدد المنظومات بموقع واحد حتى بالنسبة للمنظومة الواحدة، يتطلب تحديد تتابع إجراءات الصيانة بجدول خاص والجدول (1-1) يبين أنموذج لهذا النوع من الجداول. كما يمثل الجدول (1-2) أنموذج للأعمال المطلوب صيانتها للمنظومات والمقترحة من إحدى شركات الصيانة.

جدول 1-1 تتابع إجراءات الصيانة

	الشهر											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
مكيفات منفصلة 1-4												
مكيفات منفصلة 5-8												
مثلجات المياه 1-4												
مثلجات المياه 5-8												
مناولة هواء البناية												
مناولة هواء الورش												

جدول 1-2 الأعمال المطلوبة لصيانة الوحدات المجمعة في فترات مختلفة

رقم	الوصف	كل			
		شهر	3 شهر	6 شهر	عام
1	مراجعة وتسجيل درجة حرارة الغرفة				
2	تنظيف أو تغيير مرشحات الهواء				
3	مراجعة فرق الجهد والتيار للضاغط				
4	مراجعة عزل ملفات المحرك الكهربائي				
5	تنظيف المكثف				
6	مراجعة التسرب				
7	مراجعة وضبط حالة العناصر المساعدة				
8	مراجعة أداء صمام التمدد وضبط التحميص				
9	تزييت محركات المراوح عند الحاجة				
10	مراجعة حالة السيور وتبديلها عند الحاجة				
11	تنظيف غرفة التحكم				
12	مراجعة وضبط عناصر التحكم				
13	مراجعة وإعادة ضبط الوصلات الكهربائية				
14	تنظيف ملف التبريد ومراجعة التكاثف وتصريفه				
15	مراجعة نظام التدفئة إن وجد				
16	مراجعة حالة العازل الحراري للوحدة				
17	مراجعة وخفض الضوضاء والاهتزازات				

5-1 العُدد المناسبة لإجراء الصيانة Maintenance Tools

بالنظر لتعدد أنواع منظومات التثليج والتكييف، واختلاف مكوناتها الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية، فضلاً عن تنوع الموائع المستعملة وخصوصية بعض الأجزاء، فهنالك عُدد محددة لتنفيذ الصيانة (راجع كتاب التدريب العملي للمرحلة الأولى الذي يوضح العُدد في الورش الخاصة بأعمال التثليج والتكييف) ومنها:

1- العُدد الميكانيكية

يبين الشكل (1-1) بعض العُدد الميكانيكية من مفاتيح لربط وفك اللوالب والصامولات وبأنواع ومقاسات مختلفة. فضلاً عن المفكات والمبارد.

شكل 1-1 بعض العُدد الميكانيكية

2- العُدد الكهربائية

الشكل (1-2) يوضح بعض عُدد الأعمال الكهربائية وأجهزة القياس لفرق الجهد، والتيار، والمقاومة، والعزل الكهربائي.

شكل 1-2 بعض العُدد الكهربائية

3- عُدد عمليات صيانة منظومات التثليج

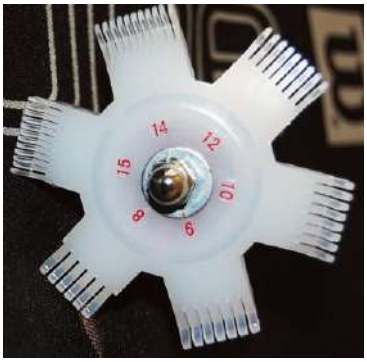
تتكون عُدد صيانة منظومات التثليج مما يأتي:

- مجموعة الكشف عن التسرب، وتشمل أسطوانة النيتروجين مع المنظم، ووصلات الشحن المركبة Test manifold، شُعلة الهاليد، الكشاف الإلكتروني كما في الشكل (1-3)، شمعة الكبريت، وفقاعات الصابون.

- مجموعة التوصيل والربط للأنابيب، وتشمل عُدة لحام الأوكسي- أستيلين من أسطوانة ومنظمات، المبينة في الشكل (1-3). فضلاً عن مجموعة عمل التفليج (الفلير) والثني والقطع للأنابيب، كما مبين بالشكل (1-4).
- مجموعة الإخواء وإزالة الرطوبة، وتشمل مضخة الإخواء Vacuum Pump، مقياس ضغط الخواء، ويبين الشكل (1-5) بعض أجزاء هذه المجموعة.
- مجموعة الشحن، وتشمل أسطوانة مائع التثليج والوصلات الخاصة بذلك، أسطوانة شحن مائع التثليج المُدرَجة، وحدة استعادة مائع التثليج بالإضافة إلى عُدة الشحن Test Manifold، والشكل (1-6) يبين مُعدات المجموعة. فضلاً عن مضخة شحن الزيت المبينة بالشكل (1-7).

شكل 1-3 مجموعة اللحام والكشف عن التسرب

عُدة حني الأنابيب



مشط الزعانف

عُدة التفليج (الفلير)

شكل (1-4) مجموعة تشغيل الأنابيب

شكل 1-5 بعض من أدوات التفريغ وإزالة الرطوبة

شكل 1-6 مجموعة الشحن ووحدة استرجاع مائع التثليج

شكل 1-7 مضخة شحن الزيت اليدوية

4- أجهزة القياس وتشمل الآتي:

- أجهزة قياس درجة حرارة البصلة الجافة والرطبة، وتكون عبارة عن محارير زجاجية أو رقمية.
- أجهزة قياس الضغط.
- أجهزة قياس سرعة الهواء.
- أجهزة قياس حموضة الماء.
- أجهزة قياس حموضة الزيت.
- أجهزة قياس الأبعاد.

5- المواد المستهلكة وتشمل الآتي:

- أسطوانات موائع التثليج.
- أنابيب ووصلاتها.
- أسلاك كهربائية ووصلاتها.
- زيوت وشحوم تزييت.

6- عُدد التنظيف وتشمل الآتي:

- أسطوانة غاز النيتروجين أو قناني الموائع الخاصة المستعملة في التنظيف مع وصلات التنظيف.
- مضخة الغسل بالماء، فرشاة، منفاخ هواء، مواد مذيبة للترسبات، محلول صابون، الخ.....

6-1 فحص الأداء Performance Test

لفحص أداء منظومات التثليج والتكييف، يتم الاعتماد على سجل الأداء الذي تسجل فيه قراءات أجهزة القياس الملحقة بالمنظومة أو المستعملة من قبل مشغل المنظومة في أثناء عملها. إن سجل الأداء يصمم من قبل شركات الصيانة ويختلف حسب نوع وسعة المنظومة. الجدول (1-3 أ) يبين أنموذج باللغة العربية في حين أن الجدول (1-3 ب) يبين أنموذج باللغة الإنكليزية، ويحتوي السجل على معلومات لفترات مختلفة لكل مما يأتي:

- درجات حرارة وضغط خطي السحب والتصريف.
- مقادير ضبط أجهزة السيطرة.
- درجات حرارة التحميص والتبريد الفائق (أو التبريد التحتي).
- نتائج الكشف عن تسرب مائع التثليج.
- حالة زيت الضاغط، وتشمل المستوى- اللون ....إلخ.
- فرق الجهد والتيار ومقاومة عزل ملفات المحرك الكهربائي.
- تدقيق تتابع أجهزة التحكم.
- نظافة المبخر والمكثف.

ومن خلال مراجعة سجل الأداء للمنظومة وتحليل القراءات، يمكن للمتخصص اتخاذ القرار المناسب والحكم على أداء المنظومة، وتحديد الأجزاء التي تتطلب أعمال صيانة. فمثلاً في حالة المكثفات المبردة بالماء، إذا كان ضغط التصريف للضاغط عالياً ودرجة حرارة الماء الخارج من المكثف والمستعمل لتبريد المكثف أقل من المقادير التصميمية، فهذا يدل على أن المكثف بحاجة للتنظيف، ويجب أجراء أعمال الصيانة اللازمة لإزالة الترسبات من أنابيب المكثف، التي أدت إلى انخفاض التبادل الحراري.

ومن الضروري جداً أن يسترشد القائم بأعمال الصيانة لمنظومات التثليج والتكييف بجداول تشخيص الأعطال Troubleshooting Chart المُعدة من قبل الشركات المصنعة، التي تدون فيها الظاهرة التي قد تحدث Symptom والأسباب المحتملة لحدوث هذه الظاهرة Probable Causes وماهية الإجراءات الواجب اتخاذها Recommended Actions.

جدول 1-3- أ أنموذج سجل الأداء لإحدى الشركات

اسم الشخص المستفيد:						العنوان		رقم العمل:			
فحص التوقف	رقم الجهاز					البصلة الجافة		التاريخ:			
الحالة الرئيسة	الطراز					البصلة الرطبة		الفاحص:			
التشغيل الروتيني	الرقم التسلسلي										
التشغيل النهائي	تسلسل الجزء						تسلسل الجزء				
الحالة الابتدائية											
الوقت						الوقت					
درجة حرارة ماء المكثف °C	دخول					فرق الجهد	L1				
	خروج						L2				
درجة حرارة المحلول الملحي °C	دخول						L3				
	خروج					التيار حسب المصنع	L1				
درجة حرارة المكثف	°C						L2				
ضغط المكثف	بار						L3				
درجة حرارة السحب	°C					قراء العزل الكهربائي للأطوار الثلاثة	L1				
ضغط السحب	بار						L2				
الضغط العالي	بار						L3				
الضغط الواطئ	بار					تدقيق بدء الحركة	√				
درجة حرارة القطع	°C					مفتاح الجريان-مكثف	√				
التحميص	°C					مفتاح الجريان برج التبريد	√				
التبريد التحتي	°C					تدقيق المسيطر الثانوي	√				
حالة المجفف	√					تدقيق اللاحمل	√				
تبديل المجفف	√					تنظيف المكثف-فرشاة	√				
اضافة وسيط التثليج	غرام					تنضيف المبخر-فرشاة	√				
فحص التسرب	√					درجة حرارة الهواء قبل المبخر	°C				
درجة حرارة الزيت	°C					بعد المبخر	°C				
مستوى الزيت	ملم					تجهيز	°C				
لون الزيت	√					تبديل المرشح	√				
اضافة الزيت	غرام										
تبديل الزيت	غرام										
تيار المروحة	امبير										

جدول 1-3- ب أنموذج سجل الأداء لإحدى الشركات

CUSTOMER | ADDRESS | JOB NO.

☐ STOP INSPECTION
☐ MAJOR OPERATIONAL
☐ ROUTINE OPERATIONAL
☐ FINAL OPERATIONAL
☐ INITIAL START UP

MACH. NO. | MODEL | SN | DEPT NO. | DRY BULB IN/OUT | WET BULB IN/OUT | DATE | BY

MACHINE OR COMPONENT NO.					MACHINE OR COMPONENT NO.					
TIME					TIME					
CONDENSING WATER °F	IN				VOLTAGE	L1				
	OUT					L2				
BRINE °F	IN					L3				
	OUT				AMPS NAMEPLATE FLA	L1				
COND TEMPERATURE DISCH. PRESSURE	°F / #G					L2				
SUCT TEMPERATURE PRESSURE	°F / #G					L3				
HI-LO C. O. PRESSURE	HI / LO				MEGGER READING	L1				
REFRIG. SAFETY CUTOUT	°F					L2				
OIL PRESSURE SAFETY	PSI					L3				
SUPERHEAT	°F				STARTERS CHECK	√				
SUBCOOLING	°F				FLOW SWITCH CHECK	COND				
CONDITION OF DRYEYE	√					CLR				
REFRIG. FILTER CHANGED	√				CHECK SEQUENCE CONTROLLER	√				
AMOUNT OF REFRIG. ADDED	#				CHECK UNLOADERS	√				
LEAK TEST	√				BRUSH COND TUBES	√				
OIL TEMPERATURE	°F				BRUSH COOLER TUBES	√				
OIL LEVEL	IN.				AIR TEMP BEFORE COIL	°F				
OIL COLOR	√				AIR TEMP AFTER COIL	°F				
AMOUNT OIL ADDED	QTS.				AIR TEMP DISCHARGE GRILL	°F				
OIL CHANGED	√				AIR TEMP FILTERS CHANGED	√				
FAN AMPS Rated / Actual	√									

REMARKS

CUSTOMER SIGNATURE

©Carrier Corporation 1972 G-5026 (1-79) (907-1941)
White - Customer; Canary - Branch Office; Pink - Utility

يبين الجدول (1-4) أنموذج لجدول تشخيص الأعطال لضاغط مثلج ماء. ويبين العمود الأول الظاهرة التي قد تحدث، بينما يبين العمود الثاني الأسباب المحتملة لحدوث الظاهرة، في حين يحدد العمود الثالث الإجراءات الموصى بها.

وخلاصة القول، أن الصيانة تتطلب من القائم بها اتباع خطوات مبرمجة تتابعية وليست عشوائية، ويمكن تحديد قسم من هذه الخطوات بما يأتي:

1- **تتبع حالة (أداء) المنظومة من مخطط تسجيل حالتيها السابقة والحالية.**
2- **الرجوع إلى (كتلوكات) الشركات المصنعة وتنفيذ متطلباتها بكل دقة.**
3- **استعمال العُدد المناسبة لكل إجراء صيانة يتم تنفيذه.**
4- **تحليل الأداء للمنظومة من خلال دراسة سجل الأداء والرجوع إلى جداول تتبع الأعطال.**
5- **يحدد الإجراء المناسب لأعمال الصيانة ويتخذ القرار العلمي بالتنفيذ.**

جدول 1-4 أنموذج لجدول تشخيص الأعطال

الحالة	السبب المحتمل	العلاج
عدم إمكانية الوصول بدرجة حرارة الحيز إلى الدرجة التصميمية	وجود حمل كبير داخل الحيز(قد يكون كثرة فتح الأبواب تؤدي إلى تسرب الهواء الخارجي أو سوء العازل الحراري)	تخفيف الحمل الحراري أو أجراء الإصلاحات المطلوبة
	حركة الهواء غير جيدة داخل الحيز	يعاد ترتيب وضع الحمل
	تراكم الأتربة والأوساخ على المبخر والمكثف	تنظيف المكثفات والمبخرات
	إرتخاء سيور نقل الحركة في الضاغط أو المراوح	إعادة شد السيور وإبدالها إذا كانت تالفة
إنخفاض ضغط السحب مع بقاء ضغط الدفع ضمن الحد المناسب	تجمد الرطوبة داخل صمام التمدد	تدفئة الصمام وإبدال المجفف
	وجود عائق في المجفف	إبدال المجفف
	وجود عائق في خط السائل عند وعاء الإستلام.	يفحص خط السائل حيث انخفاض درجة الحرارة بعد أي جزء يعني وجود عائق
	وجود نقص في الشحنة	يحدد مكان التسرب وتستكمل الشحنة
	تلف صمام التمدد	إبدال الصمام
	إنجماد المبخر	يتم إزالة الجليد من المبخر

ملحق جدول 1-4 أنموذج لجدول تشخيص الأعطال

إنخفاض ضغط السحب وعدم حدوث تبريد مع بقاء ضغط الدفع ضمن الحد المطلوب	وجود كمية كبيرة من الزيت داخل المبخر	يفحص مستوى الزيت في الضاغط ويسحب الزائد منه
	تسرب شحنة بصلة صمام التمدد	فحص صمام التمدد عن طريق تدفئة البصلة وملاحظة عمل الضاغط، ويبدل صمام التمدد
	إنسداد صمام التمدد الحراري أو عطل في الصمام ذو الملف اللولبي، صمام التمدد غير مناسب (Solenoid)	ينظف الصمام أو يبدل
ارتفاع ضغط السحب بسرعة عند توقف الوحدة وانخفاض سعة التبريد	رخاوة أو كسر صمام الدفع في الضاغط	تستبدل صمامات الدفع
ارتفاع ضغط الدفع مع بقاء ضغط السحب ضمن الحد المقرر	وجود هواء داخل منظومة التثليج ويتم فحص درجة الحرارة ومقارنتها بضغط التشبع	سحب الشحنة ضمن منظومة إعادة التأهيل ويعاد شحنها بمائع تثليج نظيف
ارتفاع ضغط الدفع، وفصل الدورة عن طريق مفتاح الضغط العالي	وجود عائق في خط الدفع أو خلال المكثف أو غلق صمامات الخدمة	إزالة العائق أو فتح الصمامات
ارتفاع ضغط الدفع مع بقاء كل من درجة حرارة الحيز وضغط السحب ضمن المدى التصميمي	وجود هواء داخل منظومة التثليج	سحب الشحنة ضمن منظومة إعادة التأهيل ويعاد شحنها بمائع تثليج نظيف بعد إجراء عملية الإخواء
	زيادة شحنة مائع التثليج	تفحص كمية الشحنة وتسحب ضمن منظومة إعادة التأهيل عند الحاجة
	رخاوة أو انزلاق سيور مروحة المكثف	شد السيور أو إبدالها
	اتساخ المكثف	تنظيف المكثف
تكثف بخار الماء على خط السحب وقد يصاحبه انخفاض درجة حرارة جسم الضاغط	عدم استجابة صمام التمدد الحراري أو رخاوة في منطقة اتصال بصلة الصمام بالأنبوب	إصلاح صمام التمدد أو إعادة ربط البصلة بالأنبوب
	احتمال رجوع سائل مائع التثليج إلى الضاغط	يعالج صمام التمدد والتأكد من ربط بصلة الصمام
	انجماد المبخر	إزالة الجليد من على المبخر
جزء من المبخر وخط السحب دافئ	نقص في شحنة مائع التثليج	فحص التسرب وإضافة شحنة مناسبة
	غلق جزئي لصمام التمدد أو المجفف	فحص الصمام والمجفف وإصلاحه أو إبداله
خط السائل بارد عند صمام مخرج وعاء الاستلام	غلق الصمام أو اتساخ المجفف	فتح الصمام أو إبدال المجفف

ملحق جدول 1-4 أنموذج لخارطة تشخيص الأعطال

وجود صوت مرتفع في الضاغط	زيادة في كمية الزيت	فحص الزيت وسحب الزائد منه
	تآكل حوامل العمود المرفقي	صيانة الضاغط
	ارتخاء لوالب ربط الضاغط بالقاعدة	إعادة ضبط اللوالب
	عدم اتزان الضاغط	تعاد موازنة الضاغط
	تلف بكرة الضاغط	تستبدل البكرة
	تآكل مكبس الضاغط	إبدال المكابس
	كسر صمامات الدفع والسحب	إبدال الصمامات
صوت مرتفع في الضاغط وارتفاع ضغط الطرد	زيادة شحنة مائع التثليج	فحص الشحنة وسحب الكمية الزائدة من خلال منظومة إعادة التأهيل
	وجود هواء في الشحنة	سحب الشحنة من خلال منظومة إعادة التأهيل وإعادة الشحنة
ارتفاع صوت الضاغط مع انجماد خط السحب	عدم تثبيت بصلة الصمام على خط السحب بشكل جيد	ضبط ربط بصلة الصمام
	انخفاض درجة تحميص بخار مائع التثليج	إعادة ضبط درجة التحميص
	رجوع سائل مائع التثليج إلى الضاغط	فحص مجمع سائل مائع التثليج وإبداله عند الحاجة
هروب الزيت من صندوق العمود المرفقي إلى الدورة	تآكل المكابس	إبدال المكابس
	التشغيل على حمل جزئي لمدة طويلة	اعادة تصميم المنظومة بحيث تعمل لحمل كلي معظم الوقت

7-1 السلامة المهنية

تُعرف السلامة المهنية على أنها العلم الذي يهدف إلى توعية العاملين بالمخاطر التي تحيط بهم، وطرائق الحماية الواجب اتباعها من خلال توفير بيئة عمل صحية وآمنة، بهدف الحفاظ على الإنسان وعناصر الإنتاج الصناعية وكذلك الممتلكات العامة والخاصة من التلف.

1-7-1 أسباب حوادث العمل

وتقسم الأسباب المؤدية للحوادث إلى:

1- أسباب متعلقة بالعاملين ومن أهم هذه الأسباب ما يلي:

أ- إهمال العاملين لقواعد السلامة المهنية، لأن عدم اتباع أنظمة الأمان والسلامة من قبل العاملين يكون من أكثر الأسباب المؤدية لوقوع الحوادث.

ب- الاستخدام الخاطئ للأدوات، إذ إن كل أداة قد صُممت لغرض معين ولاستعمال محدد ويجب عدم استعمالها لغير الغرض الذي صُممت من أجله.

ت- عدم الاهتمام بنظافة مكان العمل وترتيبه مما يؤدي إلى تراكم المخالفات في موقع العمل وقد يكون ذلك سبباً لوقوع الحوادث.

ث- عدم القيام بصيانة أدوات العمل بشكل مستمر.

ج- الأخطاء الشخصية من خلال الحديث والفكاهة في أثناء العمل.

2- أسباب متعلقة ببيئة العمل وتشمل ما يأتي:

أ- كثرة الآلات وازدحام مكان العمل، التي تسبب الازدحام والتصادم بين العاملين، نتيجة لضيق الممرات واختناق الحركة.

ب- عدم وضع الحواجز الواقية حول الأجزاء المتحركة، مما يؤدي إلى تعرض الإنسان إلى هذه الأجزاء المتحركة بشكل مباشر، أو تعرضه للشظايا المتكسرة أو الأجزاء المتطايرة.

ت- الضوضاء الشديدة، التي تؤدي إلى التأثير على تركيز العاملين مما يزيد نسبة الحوادث، وكذلك فإنها تمنع أو تقلل من سماع العاملين للتحذيرات التي يُراد بها تنبيه العاملين من وقوع المخاطر.

ث- الإضاءة الرديئة، إن زيادة أو نقصان شدة الإضاءة تؤديان إلى عدم راحة العاملين وفقدانهم التركيز أثناء العمل.

3- أسباب متعلقة بالإدارة ومنها:

أ- تشغيل عاملين لديهم عيوب حسية، لأن بعض الأعمال تتطلب من العامل أن يتمتع بقوة البصر وقوة السمع.

ب- اختيار وتكليف العامل بعمل يفوق قدراته الشخصية، وهنا يتطلب من الإدارة أن تحسن اختيار العامل المناسب للعمل المناسب.

ت- تكليف العاملين بأعمال إضافية مرهقة.

ث- تكليف العاملين بأعمال تدعوهم للاستعجال والتخلي عن وسائل الأمان، التي قد تحد من سرعتهم.

2-7-1 مستلزمات الوقاية

لحماية القائم بأعمال الصيانة لمنظومات التثليج وتكييف الهواء يجب ارتداء الملابس والمُعدات اللازمة لحمايته من مخاطر العمل، لاحظ الشكل (1-8) ومنها:

- بدلة عمل بقطعة واحدة لتسهيل العمل والحركة.
- الحذاء الخاص للتثبيت ومنع الانزلاق والحماية وعزل الجسم عن التوصيل الأرضي للتيار الكهربائي.
- القفازات لحماية الأيدي من المعادن الحادة الأطراف واللحام والمواد الكيمياوية والتماس الكهربائي.
- غطاء الراس الواقي من الصدمات الخارجية.
- النظارات الواقية للعين في أثناء التثقيب، واللحام، والشحن، والإخواء.

شكل 1-8 ملبس القائم بالصيانة

على القائم بأعمال الصيانة لمنظومات التثليج والتكييف أن يتبع الإرشادات التالية:

1. لا تتجاوز ضغوط الاختبار عن الضغوط التصميمية (المبينة في دليل الجهاز) لأية منظومة عند الكشف عن التسرب.
2. لا تستعمل الأوكسجين إطلاقاً لضغط المنظومة للكشف عن التسرب، لأنه يسبب انفجاراً عند تلامسه مع الزيت، بل استعمل النيتروجين لضغط المنظومة للضغط المطلوب.
3. لا تستعمل أسطوانة النيتروجين من دون منظم إطلاقاً.
4. لا تستنشق الغازات الناتجة عن لحام الفضة التي تحتوي على نسبة من الكادميوم لأنها غازات سامة.
5. لا تستعمل اللهب أو التسخين لمنظومة لم يتم تفريغها من مائع التثليج تماماً، وخصوصاً الموائع الحديثة من نوع الهايدروكربون، كي لا يزيد الضغط وينتج عنه الانفجار.
6. لا تستعمل حواسك للقياس بل استعمل أجهزة القياس.
7. لا تطرد مائع التثليج الزائد أو غير المرغوب فيه للجو مطلقاً، بل استعمل وحدة استرجاع موائع التثليج.
8. لا تستعمل اللهب المباشر أو التسخين الكهربائي لتسخين أسطوانة مائع التثليج عند الشحن، بل استعمل الماء الدافئ، ولا تتعدى درجات الحرارة المثبتة على الأسطوانة.
9. لا تعد ملء أسطوانة مائع التثليج الصغيرة، لأنها غير مُعدة لذلك، بل استعمل الأسطوانات الكبيرة فقط.
10. لا تعمل في جو خانق، بل تأكد من التهوية والإضاءة الكافية لمكان العمل قبل الشروع بالعمل.
11. لا تستعمل العُدد الرطبة، بل احتفظ بها دائما جافة ومرتبة بعد الاستعمال.

أسئلة الفصل الأول

س1) ما المقصود بالصيانة ؟ وماهي أنواعها؟

س2) عدد بعض العُدد اللازمة لصيانة منظومات التثليج والتكييف واشرح وظائفها.

س3) ما الإرشادات الواجب أن يتبعها القائم بأعمال الصيانة ؟

س4) ما محتويات ومدلولات:

أ- سجل الأداء للمنظومة؟

ب- جداول تشخيص الأعطال؟

س5) ما المقصود بالسلامة المهنية؟

س6) ما الملابس التي يجب أن يرتديها القائم بأعمال الصيانة؟ ولماذا؟

س7) ما أسباب الحوادث المتعلقة:

أ- بالعاملين؟

ب- ببيئة العمل؟

ت- بالإدارة؟

س8) لماذا لا يجوز مطلقاً طرد موائع التثليج إلى الجو؟

س9) ما سبب تفريغ مائع التثليج من نوع الهايدروكربون تفريغاً تاماً من المنظومة قبل البدء بعمليات التصليح واللحام؟

س10) لماذا يحذر من استنشاق الغازات الناتجة من اللحام؟

س11) صنَفْ أهم العُدد المستعملة في عمليات الصيانة.

س12) ما طرائق كشف تسرب موائع التثليج من المنظومات والأجهزة؟

س13) خطط جدول من صفحة واحدة لأعمال صيانة يومية يمثل أداء منظومة تكييف هواء صغيرة.

الفصل الثاني

فحص أداء المنظومة الإنضغاطية

Compression Refrigeration System Performance Test

فحص أداء المنظومة الإنضغاطية

Compression Refrigeration System Performance Test

1-2 مقدمة Introduction

تتكون المنظومة الانضغاطية من أجزاء ميكانيكية أساسية هي الضاغط، والمكثف، وأداة التمدد، والمبخر فضلاً عن أجزاء أخرى ميكانيكية وكهربائية وإليكترونية لتشغيل المنظومة وتحسين أدائها وكذلك للسيطرة على عملها.

في هذا الفصل سيتم التدريب على كيفية تحديد فاعلية التثليج للمنظومة الانضغاطية، والتحقق من أدائها باستعمال مخطط ضغط - محتوى حراري (P-h)، فضلاً عن بعض الأسئلة الاختبارية.

2-2 أداء المنظومة الانضغاطية Compression System Performance

تمرين 2-1

تمثيل الدورة الانضغاطية على مخطط ضغط - محتوى حراري

الهدف من التمرين

أن يتم رسم الدورة الانضغاطية (الإجراءات التي تتم على مائع التثليج داخل الأجزاء الميكانيكية للمنظومة الانضغاطية) على مخطط ضغط – محتوى حراري (مخطط موليير) للمائع المستخدم في المنظومة. ومن خلال الرسم تتم دراسة فاعلية وأداء المنظومة.

الأجهزة والأدوات والمواد المطلوبة

- وحدة تثليج انضغاطية.
- مقياس شحن Gage Manifold.
- مقياس درجات الحرارة.
- مقياس التيار والفولتية.
- مخطط ضغط – محتوى حراري.

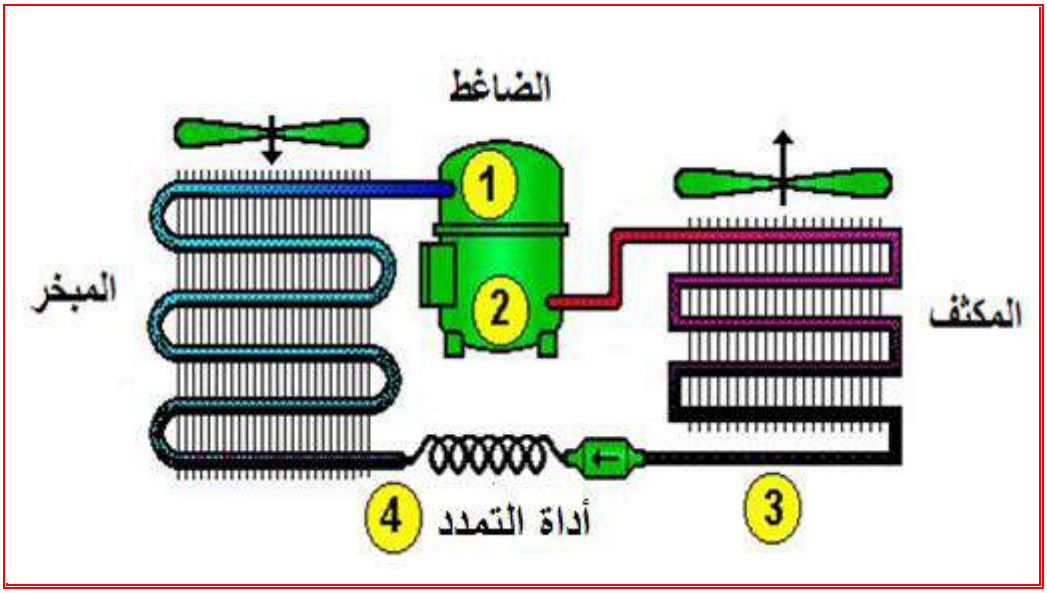
نظرية التجربة

من خلال الدراسة النظرية لدورة انضغاط البخار لاحظنا أجزاءها الأساسية، كما مبين بالشكل (2-1)، وإمكانية تمثيل الإجراءات التي تتم على مائع التثليج داخل هذه الأجزاء على مخطط الضغط ـ المحتوى الحراري، كما في الشكل (2-2).

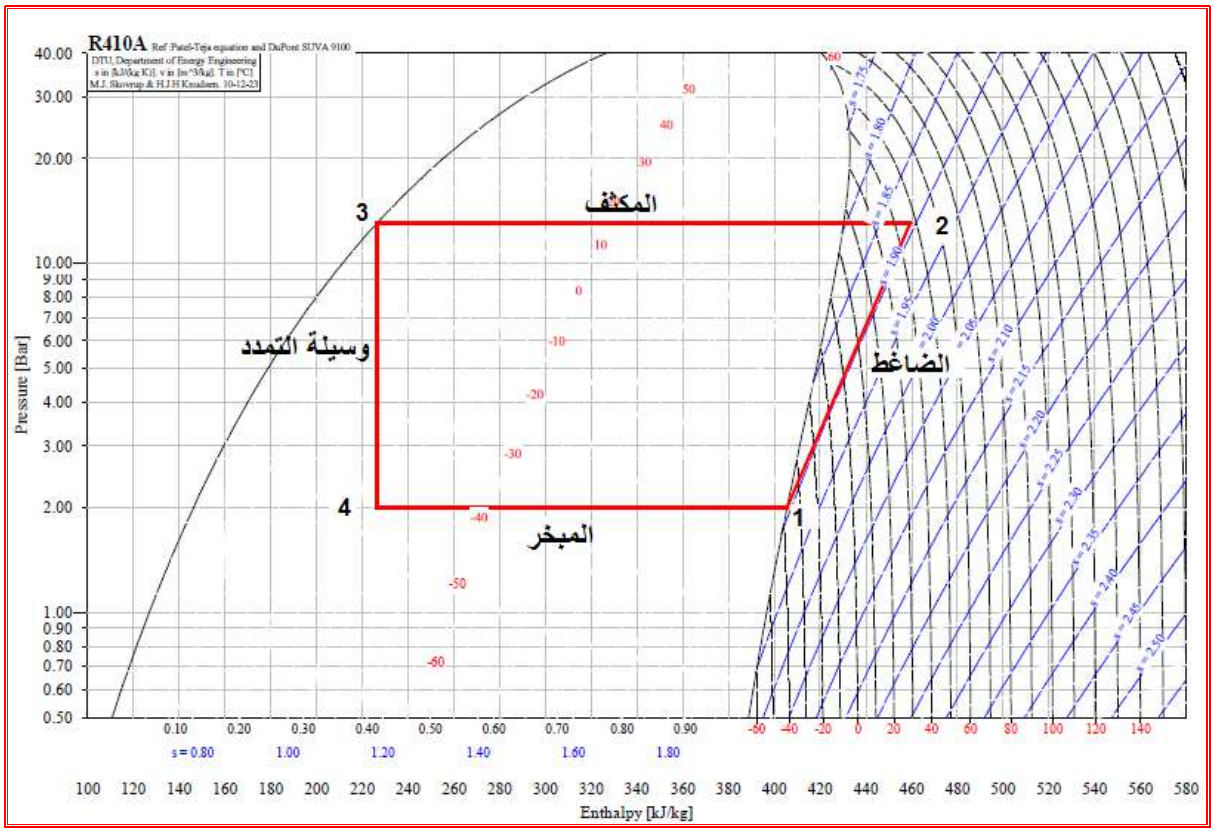
ومن الشكل (2-2) نلاحظ بان عملية تمثيل الدورة على مخطط ضغط - محتوى حراري تتطلب معرفة ما يأتي:

1- قيمة الضغط في المكثف.
2- قيمة الضغط في المبخر.
3- درجة حرارة المائع الداخل للضاغط.
4- درجة حرارة المائع الخارج من الضاغط.
5- درجة حرارة المائع الداخل لأداة التمدد.

وهذه القيم المطلوبة تكون على افتراض أنَ الانضغاط خلال الضاغط يكون بثبوت الانتروبي (Isentropic) (أي إهمال للحرارة المفقودة من الضاغط إلى المحيط الخارجي)، وكذلك إهمال فقدان الضغط خلال كل من المكثف والمبخر، وصمامات الدخول والخروج من الضاغط، وهذه الحالة هي الحالة المثالية فقط.



شكل 2-1 الأجزاء الأساسية للمنظومة الانضغاطية



شكل 2-2 تمثيل الدورة الانضغاطية على مخطط ضغط – محتوى حراري

خطوات العمل

أولاً: إن إجراء التجربة يمكن أن يتم على منظومة مختبرية مُعدَة للغرض أعلاه، وهنالك كثير من هذه المنظومات، ويمثل الشكل (2-3) إحداها. إذ تكون أجهزة القياس للضغوط ودرجات الحرارة مربوطة عليها، ويمكن اعتماد المواصفات الفنية المرفقة مع الجهاز (كتلوك) لإنجاز المهمة.

وفي حالة عدم توفر الجهاز المختبري، يتم العمل على الجهاز المتوفر من خلال ربط أجهزة القياس عليه وكما يأتي:

- ربط مقاييس الضغط العالي والواطئ على خطي التصريف والسحب للضاغط من خلال الصمامات المتوفرة في الوحدة أو من خلال صمامات خدمة تربط لهذ الغرض .
- ربط مقاييس درجات حرارة مناسبة عند مخرج ومدخل الضاغط، وكذلك عند مدخل صمام التمدد.

شكل 2-3 نموذج لمنظومة تثليج مختبرية

ثانياً: تُشغل المنظومة لفترة لا تقل عن نصف ساعة، وملاحظة مدى التغير في قراءات الضغط ودرجة الحرارة، وعند الوصول لحالة الاستقرار وعدم تغير أو التغير بنسبة قليلة يمكن إهمالها في قيم درجات الحرارة والضغط تثبت القيم كما يأتي:

القيمة المقاسة	مقدارها	وحداتها
درجة حرارة خط السحب		^{o}C
درجة حرارة خط التصريف		^{o}C
درجة حرارة المائع الداخل لصمام التمدد		^{o}C
ضغط السحب المقاس مضافاً إليه الضغط الجوي		Bar
ضغط التصريف المقاس مضافاً إليه الضغط الجوي		Bar

ثالثاً: تسقط القيم المقاسة على مخطط ضغط – محتوى حراري للمائع المستخدم في المنظومة التي يتم اختبارها، اعتمادا على الشكل (2-2)، وكما يأتي:

- **أ-** رسم خط أفقي يمثل ضغط المبخر المطلق (P_e) المستقيم (4-1).
- **ب-** رسم خط أفقي يمثل ضغط المكثف المطلق (P_c) المستقيم (2-3).
- **ت-** تحديد حالة المائع الداخل للضاغط من خلال تقاطع خط ضغط المبخر مع خط قيمة درجة حرارته عند مدخل الضاغط، النقطة (1).

ث- تحديد حالة المائع الداخل لصمام التمدد من خلال تقاطع خط ضغط التكثيف مع خط درجة الحرارة عند مدخل الصمام، النقطة (3).

ج- يستخدم خط ثابت الانتروبي (s) المار بالنقطة (1) لتحديد النقطة (2) من خلال تقاطعه مع خط ضغط المكثف.

ح- تحدد حالة مائع التثليج الداخل للمبخر، النقطة (4)، اعتماداً على تقاطع خط ثابت المحتوى الحراري (h) المار بالنقطة (3) مع خط ضغط المبخر.

رابعاً: دراسة حالة لمكيف هواء يعمل على مائع التثليج R-410A وقد تم الحصول على النتائج الآتية:

القيمة المُقاسة	مقدارها	وحداتها
درجة حرارة خط السحب	-32	$^{\circ}C$
درجة حرارة خط التصريف	52	$^{\circ}C$
درجة حرارة المائع الداخل لصمام التمدد	14	$^{\circ}C$
ضغط السحب المقاس مضافاً إليه الضغط الجوي	1+1	Bar
ضغط التصريف المقاس مضافاً إليه الضغط الجوي	1+12	Bar

1. رسم خط أفقي عند 2 بار يمثل الضغط الواطئ للمنظومة.
2. رسم خط أفقي عند الضغط 13 بار يمثل الضغط العالي للمنظومة.
3. من درجة حرارة مقدارها (−32°C) رسم منحن موازٍ لمنحني درجة الحرارة حتى يقطع خط الضغط الواطئ، وتمثل نقطة التقاطع النقطة 1.
4. رسم منحن موازٍ لمنحنى درجات الحرارة التي تساوي (52°C) حتى يتقاطع مع الخط الأفقي للضغط العالي، تمثل هذه النقطة النقطة 2.
5. رسم خط أفقي من نقطة 2 إلى أن يتقاطع مع خط منحني التشبع للسائل وتمثل نقطة التقاطع النقطة 3.
6. من النقطة 3 رسم خط عمودي إلى الأسفل حتى يتقاطع مع خط الضغط الواطئ وتمثل نقطة التقاطع النقطة 4.

عند الانتهاء من رسم الدورة نقرأ قيم المحتوى الحراري لكل نقطة، وكما يأتي:

h_4	h_3	h_2	h_1
kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
222	222	464	409

- حاصل التثليج Refrigeration Effect (RE)، الذي يمثل مقدار الحرارة الممتصة لكل 1كغم من مائع التثليج عند مروره خلال المبخر، أي عند مروره بالأجراء (4 ← 1) هو:

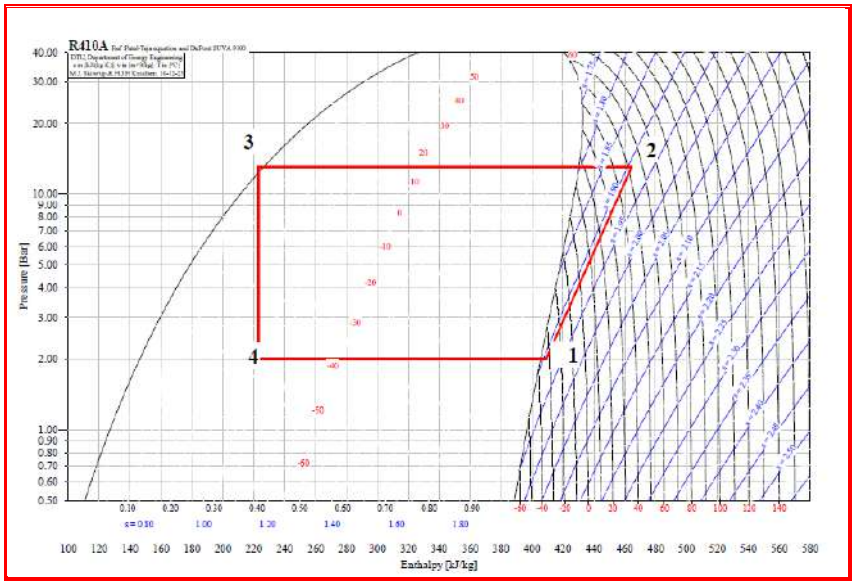
$$RE = h_1 - h_4 = 409 - 222 = 187 \text{ kJ/kg}$$

- شغل الانضغاط لوحدة الكتلة W

$$W = h_2 - h_1 = 464 - 409 = 55 \text{ kJ/kg}$$

- معامل أداء المنظومة COP

$$COP = \frac{RE}{w} = \frac{187}{55} = 3.4$$



شكل 2-4 دورة التثليج الفعلية على مخطط ضغط - محتوى حراري

تحليل النتائج

من مخطط ضغط – محتوى حراري ومقارنته بذلك الذي اعتمد لتصميم المنظومة (حسب كتلوكات الشركة المصنعة)، يمكن الاسترشاد إلى بعض مشاكل منظومات التثليج الانضغاطية، ومنها على سبيل المثال:

إذا كان ضغط المكثف المقاس قد تجاوز الضغط التصميمي، فذلك يعود للأسباب الآتية بحسب نوع المكثف:

- **المكثفات المبردة بالهواء**

1. رجوع الهواء الخارج من المكثف ليدخله مرة أخرى .
2. ارتفاع درجة حرارة الهواء.
3. كمية الهواء المارة خلال المكثف غير كافية (أقل من القيمة التصميمية).
4. عطل في مروحة المكثف او عدم كفاءة عملها.

- **المكثفات المبردة بالماء**

1. نقص كمية الماء المستعمل لتبريد المكثف،(مشاكل في مضخة الماء)
2. ارتفاع درجة حرارة الماء الداخل للمكثف،(مشاكل في برج التبريد)

- **المكثفات بصورة عامة (مبردة بالماء أو الهواء)**

1. وجود إوساخ أو بعض الانسدادات في المكثف.
2. وجود هواء أو بعض الغازات غير المتكثفة مع مائع التثليج بالمنظومة.

أسئلة الفصل الثاني

س1)

كيف يتم تحديد درجة التحميص في الدورة الانضغاطية الفعلية؟

س2)

وضح طريقة عمل المنظومة الانضغاطية، معتمداً على قيم الضغوط ودرجات الحرارة التي حصلت عليها؟

س3)

من خلال مخطط ضغط - محتوى حراري، ما الفرق بين الدورة الإنضغاطية النظرية والفعلية؟

س4)

ناقش من خلال مخطط ضغط – محتوى حراري

- إنخفاض ضغط المبخر عن القيمة التصميمية.

1. بسبب نقص شحنة المائع بالمنظومة.
2. بسبب قلة التبادل الحراري في المبخر.
3. بسبب نقص الشحنة المارة خلال صمام التمدد.

- إرتفاع ضغط المبخر عن القيمة التصميمية.

1. بسبب ارتفاع الحمل التبريدي.
2. بسبب تلف صمام السحب للضاغط.

الفصل الثالث

صيانة منظومات التثليج التجارية

Maintenance of Commercial Refrigeration Systems

صيانة منظومات التثليج التجارية

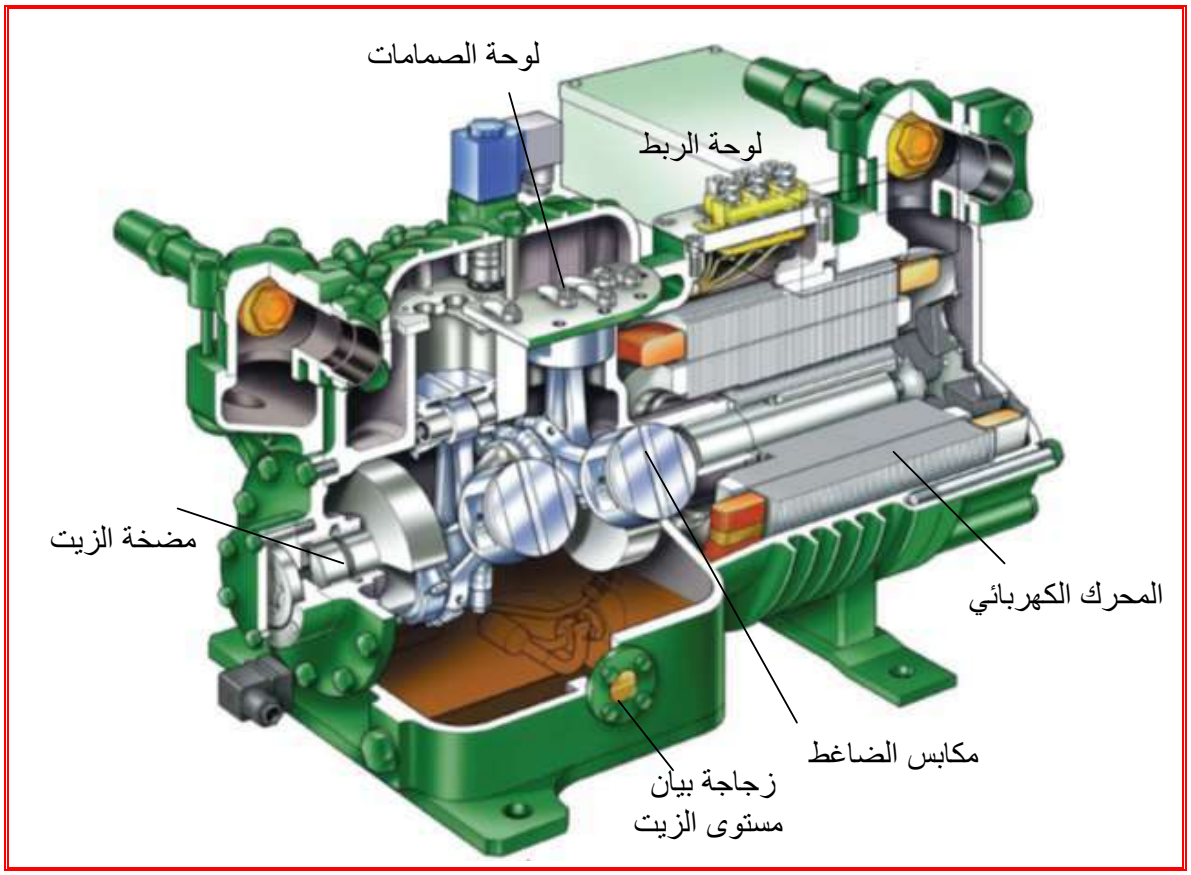
Maintenance of Commercial Refrigeration Systems

1-3 صيانة الضواغط النصف مغلقة

Semi-Hermetic Compressors Maintenance

مقدمة Introduction

يسمى الضاغط بالنصف مغلق Semi-Hermetic Compressor إذا تم ربط المحرك الكهربائي بالضاغط مباشرة وبشكل يمكن من خلاله فتح كل من المحرك الكهربائي والضاغط لأغراض الصيانة والتصليح، ويختلف عن الضاغط المغلق Hermetic Compressor بأن الضاغط المغلق لا يمكن فتحه إلا عن طريق قطع غلاف الضاغط. ويبين الشكل (3-1) تفاصيل الضاغط النصف مغلق.



شكل 3-1 مقطع في الضاغط النصف مغلق

2-3 مكونات الضاغط نصف مغلق Semi-Hermetic Compressor Components

يتكون الضاغط النصف مغلق من جزئين رئيسين هما الضاغط والمحرك الكهربائي للضاغط، وكما يلي:

1- الضاغط Compressor

يتكون الضاغط باختصار مما يأتي:

أ- **العمود المرفقي Crank Shaft**: يحتوي الضاغط على العمود المرفقي والذي تُربط عليه مكابس الضغط والتي يتراوح عددها من مكبس واحد إلى ستة مكابس أو أكثر في بعض الأحيان، ويربط العمود المرفقي إلى الجسم الدوار للمحرك الكهربائي وكما مبين في الشكل(3-2).

شكل 3-2 ربط العمود المرفقي بالجزء الدوار للمحرك الكهربائي

ب- **المكابس pistons**: تصنع المكابس من معادن خفيفة مقاومة للحرارة مثل سبائك الألمنيوم وتحتوي على ذراع المكبس الذي يربط بالعمود المرفقي، وتحتوي أيضاً على حلقة مانع التسرب Ring وحلقة الضغط، والذي يوضع ضمن أخدودين محفورين في المكبس وكما مبين في الشكل(3-3).

شكل 3-3 مكبس الضاغط الترددي

ت- الصمامات Valves: يحتوي الضاغط على صمامات دفع وصمامات سحب، ويصنع الصمام من صفائح معدنية رقيقة لها مقاومة ومرونة (نابضيه) عاليتين، ويثبت على لوحة الصمامات لسان يقوم بغلق فتحة الدفع أو السحب تفتح وتغلق بفعل فرق الضغط. الشكل (3-4) يبين أنواع مختلفة من الصمامات.

شكل 3-4 لوحة الصمامات

ث- غطاء المكابس Pistons Cover: ويصنع من سبائك معدنية ذات مقاومة عالية لغرض تحمل الضغط العالي لمائع التثليج، وقد يحتوي غطاء المكبس على فجوات منفصلة مخصصة لمرور بخار مائع التثليج الى خطي السحب والدفع، وتثبت بعدد من اللوالب، ويوضع حاكم تسرب بين جسم الضاغط وغطاء المكابس لمنع تسرب بخار مائع التثليج، ويبين الشكل (3-5) ضاغط نصف مغلق مؤشراً عليه غطاء المكابس.

شكل 3-5 ضاغط نصف مغلق موضح فيه غطاء المكابس ومضخة الزيت

ج- مضخة الزيت Oil Pump : تقوم مضخة الزيت بتزييت الأجزاء الميكانيكية المتحركة للضاغط باستمرار لتقليل الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة وتقليل التآكل الميكانيكي (السوفان) لهذه الأجزاء وتحديد الضوضاء. وعادة ما تنصب مضخة الزيت في النهاية الامامية للضاغط .

تتكون مضخة الزيت من التفاصيل الموضحة في الشكل (3-6) مما يأتي:

1- جسم المضخة، 2- تروس من أنواع مختلفة تقوم بدفع الزيت، 3 - غطاء المضخة 4- محور الدوران للمضخة.

أ- مضخة الزيت

ب- تروس المضخة

شكل 3-6 مضخة الزيت

2- المحرك الكهربائي Electrical Motor

يتصل عمود المرفق بمحور الجزء الدوار (Rotor) للمحرك الكهربائي، كما تم ذكره سابقاً، ويتكون المحرك الكهربائي من الأجزاء التالية وكما مبين في الشكل (3-7):

أ- الملف الكهربائي.

ب- الجزء الدوار.

ت- لوحة الربط الكهربائي، وكما في الشكل (3-8).

شكل 3-7 مكونات المحرك الكهربائي

شكل 3-8 لوحة الربط الكهربائي

3-3 صيانة الضاغط النصف مغلق Semi-Hermetic Compressor Maintenance

تمرين 3-1 صيانة الملف الكهربائي لمحرك الضاغط النصف مغلق

الهدف من التمرين: صيانة الضاغط النصف مغلق والتدريب على فتح وتفكيك أجزاءه ثم فتح الملف الكهربائي وإخراج الملف من جسم الضاغط.

الأجهزة والأدوات والمواد المطلوبة

- ضاغط نصف مغلق.
- مجموعة إعادة استرجاع وتأهيل موائع التثليج.
- بكرات متحركة وركائز وسلسلة فولاذية (رافعة أجسام ثقيلة يدوية).
- عُدة عمل ميكانيكية.
- مشعل الهاليد

خطوات العمل: يعتبر المحرك الكهربائي للضاغط النصف مغلق من أكثر الأجزاء عطباً، ويتم التأكد من سلامة الملفات كما تعلمت في المرحلة الأولى، وفي حال احتراق الملفات نتبع الخطوات التالية، والمبينة في الشكل (3-9) لغرض إبدال ملفات المحرك الكهربائي:

1- افصل التيار الكهربائي وأفصل الأسلاك الكهربائية عن الضاغط.
2- أفتح الضاغط من الدورة وكما تعلمت من الصف الأول ويراعى فيه أستخدام منظومة أعادة التأهيل لغرض سحب مائع التثليج وعدم تسريبه الى الجو لما له من تأثير سلبي على البيئة، وكما مبين في الشكل 3-9-1.
3- أرفع الضاغط باستخدام البكرات المتحركة وضعه على منضدة العمل، وكما مبين في الشكل 3-9-2
4- تأكد من استقرار الضاغط بشكل تام على منضدة العمل لغرض البدء بفتح الضاغط، وكما مبين في الشكل 3-9-3 .
5- أفتح اللوالب التي تثبت غطاء المحرك الكهربائي في جسم الضاغط، وكما مبين في الشكل 3-9-4.
6- أرفع غطاء المحرك الكهربائي، مع التأكد من ابدال مانع التسرب عند أعادة الغطاء الى مكانه مرة أخرى، وكما مبين في الشكل 3-9-5.
7- يمكن مشاهدة مصفي الزيت Strainer في غطاء الضاغط والتي من خلالها يتم ترشيح الزيت قبل دفعه الى مكونات الضاغط الميكانيكية، وكما مبين في الشكل (3-9-6).
8- يتكون مرشح الزيت من اربعة ثقوب مغطاة بمشبك معدني دقيق لمنه مرور الشوائب والزيت المتجمد الى جسم الضاغط، وكما مبين في الشكل(3-9-7).

9- يبين الشكل 3-9-8 الملف الكهربائي ويلاحظ فيه احتراق اسلاك الملف.

10- الخطوة التالية رفع لوحة الربط الكهربائي اعلى جسم الضاغط، وكما مبين في الشكل 3-9-9.

11- افتح اللوالب التي تثبت لوحة الربط الكهربائي في جسم الضاغط، وكما مبين في الشكل 3-9-10.

12- أفتح اسلاك المحرك الكهربائي للضاغط لغرض سحب الملف الكهربائي من الضاغط، وكما مبين في الشكل 3-9-11.

13- يتم تثبيت الملف الكهربائي للضاغط بخابور واحد أو خابوريين، ويمكن أزالة الخابور عن طريق أدخال مفك اللوالب بثقب يوجد اسفل محيط اللوالب ودفعه بقوة وكما مبين في الشكل 3-9-12.

14- أسحب الخابور الرابط بين الملف الكهربائي وجسم الضاغط، وكما مبين في الشكل 3-9-13.

15- يثبت محور الدوران للضاغط بمنضدة العمل، لمنع دورانه، وكما مبين في الشكل 3-9- 14 استعدادا لفتحة الحلقة التي تثبت ملفات المحرك الكهربائي بالعمود المرفقي.

16- أرفع الحلقة المعدنية التي تثبت الملف الكهربائي بالعمود المرفقي، وكما مبين في الشكل 3-9-15.

17- بعد رفع الحلقة المعدنية، نبداء برفع الجزء الدوار الذي يقوم بقطع المجال المغناطيسي للملف الكهربائي، وكما مبين في الشكل 3-9-16.

18- رفع الجزء الدوار للمحرك الكهربائي، وكما مبين في الشكل 3-9-17.

19- قد يكون الملف الكهربائي حاشرا في جسم الضاغط، في هذه الحالة نستعمل مشعل الهاليد لغرض تسخين جسم الضاغط لغرض تمدد وتحرير الملف الكهربائي، وكما مبين في الشكل 3-9-18.

20- أستخدم أداة السحب وتثبت وكما مبين في الشكل 3-9-19 ونبداء بلف لولب اداة السحب الى أن يخرج الملف الكهربائي من جسم الضاغط.

21- يبين الشكل 3-9-20 نهاية عملية سحب الملف الكهربائي من جسم الضاغط.

1- الضاغط بعد فصله من منظومة التثليج

2 - رفع الضاغط بواسطة البكرات المركبة

3- وضع الضاغط على منضدة العمل

4 - فتح غطاء الملفات الكهربائية

5- إزالة الغطاء

6 - الغطاء ويبين فيه مرشحات الزيت

7- مرشحات الزيت في الضاغط

8-الملف الكهربائي لمحرك الضاغط

9- فتح لوحة الربط الكهربائي

10- رفع لوحة الربط الكهربائي

11- فتح الربط الكهربائي لملفات الضاغط بلوحة الربط

12- إزالة الخابور الذي يثبت الملف الكهربائي بجسم الضاغط

13- رفع الخابور

14- فتح اللولب الذي يثبت الملف بالعمود المرفقي

15- رفع اللولب

16- البدء بإزالة الجزء الدوار

17- رفع الجزء الدوار

18- تسخين جسم الضاغط في حال حشر الملف الكهربائي

19- استخدام أداة السحب مع استمرار التسخين

20- إخراج الملف الكهربائي

شكل 3-9 إزالة ملفات المحرك الكهربائي للضاغط النصف مغلق

تمرين 3-2 فتح ضاغط ترددي من النوع النصف مغلق

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية فتح غِطاء المكابس والمكابس والأجزاء الأخرى لضاغط نصف مغلق.

المواد والعُدد المطلوبة

- ضاغط نصف مغلق.
- عُدة ولباس السلامة المهنية.
- بكرات متحركة وركائز وسلسلة فولاذية (رافعة أجسام ثقيلة يدوية).
- عُدة عمل ميكانيكية.

خطوات العمل:

نتبع الخطوات المبينة في الشكل (3-10) التي توضح كيفية فتح رأس ضاغط ترددي نصف مغلق ذي أسطوانتين، سعة 4 طن تثليج.

1. استعمل البكرات لغرض رفع الضاغط ووضعه على منضدة العمل وكما تعلمت في التمرين السابق.
2. اِفتحْ صمامي السحب والدفع قبل البدء بفتح الضاغط، وكما مبين في الشكل (3-10- 2).
3. الشروع بعملية فتح الضاغط، وكما مبين في الشكل (3-10-3).
4. اِفتحْ اللوالب التي تثبيت راس المكابس، وكما مبين في الشكل (3-10-4).
5. استعمل مفك اللوالب لفتح رأس المكابس، ثم اِرفعْ رأس الضاغط ستلاحظ وجود تجويفين أحدهما للدفع والآخر للسحب، بعد ذلك اِرفعْ مانع التسرب والذي غالباً ما يكون ملتصقاً بجسم ورأس الضاغط، ويمكن إزالته بشفره حادة مع الحذر من تلف سطح تلامس جسم الضاغط برأس الضاغط، وكما مبين في الشكل (3-10-5).
6. اِرفعْ لوحة الصمامات ورأس المكابس، وكما مبين في الشكل (3-10-6).
7. افصل لوحة الصمامات عن رأس المكابس، وكما مبين في الشكل (3-10-7).
8. يبين الشكل (3-10-8) لسان الصمام مثبت أعلى أسطوانة المكبس، اِستخدمْ مفك لوالب صغير ثم اِرفعْ اللسان بحذر.
9. بعد رفع لسان الصمام، يمكنك مشاهدة سطح المكبسين، وكما مبين في الشكل (3-10-9).
10. اِبدأ في المرحلة التالية بفتح غطاء منظومة التزييت ورفعه، وكما مبين في الشكل (3-10-10).
11. اِرفعْ غطاء منظومة التزييت، وكما مبين في الشكل (3-10-11).

12. يبين الشكل (3-10-12) نهاية محور العمود المرفقي بعد رفع الغطاء.
13. إفتحْ الغطاء الخلفي للضاغط، وكما مبين في الشكل (3-10-13).
14. إرفعْ الغطاء الخلفي للضاغط ويجب إزالة مانع التسرب بحذر، كونه ملتصق على سطح التماس بين الضاغط والغطاء.وكما مبين في الشكل (3-10-14)
15. يبين الشكل (3-10-15) حذافة العمود المرفقي والتي تستخدم لتزييت العمود المرفقي.
16. لغرض فتح العمود المرفقي نعمل على فتح قاعدة الضاغط (أسفل الضاغط والتي تمثل خزان الزيت)، ويجب قلب الضاغط، وكما مبين في الشكل (3-10-16)، والقيام بفتح اللوالب.
17. إرفعْ الغطاء وابدل مانع التسرب، وكما مبين في الشكل (3-10-17).
18. لغرض إتمام رفع العمود المرفقي، إفتح الغطاء الأمامي للضاغط، وكما هو مبين في الشكل (3-10-18).
19. إرفعْ الغطاء الأمامي باستخدام مفك اللوالب، وكما مبين في الشكل (3-10-19).
20. بعد رفع الغطاء ستشاهد الصامولة التي تثبت الجزء الدوار بالعمود المرفقي، وكما مبين في الشكل (3-10-20).
21. إفتحْ الصامولة التي تثبت الجزء الدوار بجسم الضاغط، وكما مبين في الشكل (3-10-21).
22. إستخدمْ محور صغير للطرق على نهاية العمود المرفق، وكما مبين في الشكل (3-10-22).
23. ستشاهد انزلاق العمود المرفقي وخروجه من جسم الضاغط، وكما مبين في الشكل (3-10-25).
24. إسحبْ العمود المرفقي بعد تحرير ذراع التوصيل منه، وكما مبين في الشكل (3-10-24).
25. الشكل (3-10-25) يبين خروج العمود المرفقي من جسم الضاغط.
26. بعد تحرر عمود المرفق ابدأ بسحب المكبس وذراع التوصيل، وكما مبين في الشكل (3-10-26).
27. الشكل (3-10-27) يبين خروج المكبس من أسطوانة المكبس، في حين أن الشكل (3-10-28) يبين المكبس وذراع التوصيل بعد خروجه من الضاغط.
28. يبين الشكل (3-10-29) المكبس بعد فتح رأس المكبس وإخراج العمود المرفقي منه.
29. يبين الشكل (3-10-30) أجزاء الضاغط الترددي بعد انتهاء عملية فتحه.

1- ضاغط ترددي نصف مغلق ذو أسطوانتين

2- فتح صمامي السحب والدفع

3- الشروع في فتح راس المكابس

4- فتح لوالب رأس المكابس

5- استخدام مفك اللوالب في رفع راس المكابس

6- لوحة الصمامات

7- فتح لوحة الصمامات ويبين فيه حجرتي الدفع والسحب

8- لسان الصمامات أعلى المكابس

9- مشاهدة سطح المكبسين بعد رفع لسان الصمامات

10- غطاء مضخة الزيت

11- فتح غطاء أداة التزييت

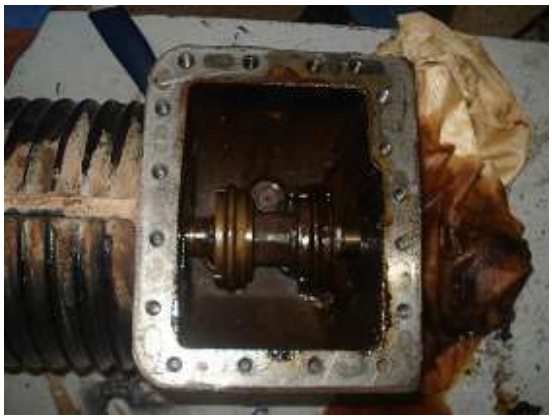
12- نهاية العمود المرفقي ومنطقة التزييت

13- فتح الغطاء الخلفي للضاغط

14- رفع الغطاء الخلفي ويبين فيه نهاية محور العمود المرفقي

15- حذافة العمود المرفقي والتي تستخدم في تزييت الضاغط

16- فتح قاعدة الضاغط



17- العمود المرفقي واتصال ذراع التوصيل للمكبس

18- فتح الغطاء الأمامي للضاغط لسحب العمود

المرفقي

19- رفع الغطاء الأمامي للضاغط

20- صامولة تثبيت الجزء الدوار بالعمود المرفقي

21- اِفتحْ الصامولة التي تثبت الجزء الدوار بالعمود المرفقي

22- فك ارتباط الجزء الدوار بالعمود المرفقي

23- خروج العمود المرفقي

24- تحرير العمود المرفقي من الجزء الدوار

25- سحب العمود المرفقي والجزء الدوار

26- إخراج الجزء الدوار وتحرر ذراع التوصيل للمكبس

27- سحب المكبس من الأسطوانة

28- المكبس وذراع التوصيل

29- الضاغط بعد سحب الجزء الدوار والعمود المرفقي

30- أجزاء الضاغط

شكل 3-10 فتح رأس ضاغط ترددي نصف مغلق ذي أسطوانتين سعة 4 طن تثليج

تمرين 3-3 فتح مكبس ضاغط ترددي من ذراع التوصيل.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تحرير المكبس من ذراع التوصيل.

الأدوات المطلوبة: 1- مفتاح حاكم ميكانيكي، 2- عُدة عمل كاملة، 3- مكبس وذراع توصيل.

خطوات العمل: يبين الشكل (3-11) عملية تحرير المكبس من ذراع التوصيل.

1. يوضح الشكل (3-11-1) المكبس وذراع التوصيل الذي سيتم فتحه.
2. إستخدمْ فرشاة صغيرة وكمية من النفط لإزالة الترسبات الزيتية من على المحور الذي يربط المكبس بذراع التوصيل، وكما مبين في الشكل (3-11-2).
3. إستخدمْ مفتاح لإزالة حلقة الحاكم الذي يُربط على الأسطوانة، وكما مبين في الشكل (3-11-3).
4. يبين الشكل (3-11-4) إخراج الحاكم الأول في حين أن الشكل (3-11-5) يبين إخراج الحاكم الثاني.
5. إدفعْ محور التثبيت أو إطرقْ عليه برفق لإخراجه من المكبس، وكما مبين في الشكل (3-11-6).
6. يبين الشكل (3-11-7) خروج المحور كلياً من المكبس.
7. إسحبْ ذراع التوصيل بعد تحرره من المكبس، وكما مبين في الشكل (3-11-8).
8. يبين الشكل (3-11-9) أجزاء المكبس وذراع التوصيل.

1- المكبس وذراع التوصيل

2- نظف منطقة الاتصال بالنفط

3- إستخدمْ المفتاح لإزالة حلقة حاكم التثبيت

4- خروج الحلقة الذي يثبت المحور بذراع التوصيل

5- سحب حلقة الحاكم الثاني للمحور

6- دفع محور التثبيت أو الطرق عليه

7- إخراج محور التثبيت من المكبس

8- تحرر ذراع التوصيل

9- المكبس وذراع التوصيل

شكل 3-11 تحرير مكبس من ذراع توصيل لضاغط ترددي

تمرين 3-4 سحب الزيت من ضاغط نصف مغلق ضمن منظومة التثليج غير مجهز بصمام تفريغ الزيت

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تفريغ الزيت من ضاغط غير مجهز بصمام تفريغ الزيت.

الأدوات والمواد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- لباس وعُدة السلامة المهنية، 3- ضاغط نصف مغلق، 4- أنبوب شحن.

خطوات العمل: لاحظ الشكل (3-12).

1- اربط مقياس الشحن إلى خطي السحب والدفع في صمامات الخدمة للضاغط.

2- إغلقْ صمام السحب وشغل الضاغط.

3- إستمرْ في تشغيل الضاغط إلى أن يقارب الضغط في خزان العمود المرفقي إلى الصفر.

4- إفصلْ الكهرباء عن الضاغط.

5- إغلقْ صمام الدفع للضاغط.

6- إفتحْ صمام تجهيز الزيت في الضاغط، وكما مبين في الشكل (3-12-1).

7- إحضرْ أنبوب نحاسي بقطر ¼ إنج مجهز بصمام، كما مبين في الشكل (3-12-2)، إغلقْ الصمام وادخل الأنبوب خلال فتحة تجهيز الزيت بحيث تنغمر نهاية الأنبوب بالزيت، في هذه الحالة ستكون النهاية السفلى للأنبوب مغمورة في الزيت الطرف العلوي خارج الضاغط.

8- ضع مانع للتسرب بين محيط الأنبوب وفتحة خزان العمود المرفقي، لاحظ الشكل (3-12-3).

9- إستخدمْ النيتروجين الجاف لزيادة الضغط داخل خزان العمود المرفقي عن طريق صمام السحب، كما مبين في الشكل (3-12-4) ويجب أن لا يزيد الضغط المولد بواسطة النيتروجين عن 200 كيلوباسكال.

10- سيتدفق الزيت من الأنبوب النحاسي، إذا تطلب الأمر خروج كمية أخرى من الزيت أعد استخدام النيتروجين لزيادة الضغط.

11- إغلقْ صمام الأنبوب النحاسي ومخرج الأنبوب وإغلقْ فتحة تجهيز الزيت.

12- افرغ المنظومة من الهواء بشكل تام وإغلقْ صمامي السحب والدفع في الضاغط.

1- فتح صمام إضافة الزيت

2- أنبوب شحن بعد رفع الإبرة منه

3- إدخال أنبوب الشحن في منطقة إضافة الزيت ووضع مانع تسرب حوله

4- استخدام النيتروجين الجاف في توليد ضغط داخل خزان الزيت

شكل 3-12 عملية إخراج الزيت من ضاغط ترددي غير مجهز بصمام نضح

تمرين 3-5 سحب الزيت من ضاغط نصف مغلق ضمن منظومة التثليج من صمام تفريغ الزيت

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استخدام صمام تفريغ الزيت لسحب الزيت من خزان العمود المرفقي

الأدوات والمواد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- لباس وعُدة السلامة المهنية، 3- ضاغط نصف مغلق.

خطوات العمل:

هنالك عدة طرائق تستخدم لسحب الزيت من الضاغط النصف مغلق، واسهل هذه الطرائق هو سحب الزيت من صمام السحب للزيت، نتبع الخطوات الآتية لغرض سحب الزيت:

1. اِخفضْ الضغط داخل خزان العمود المرفقي، وتتم هذه الطريقة عن طريق تشغيل الضاغط وغلق صمام السحب إلى أن يصل الضغط داخل الخزان ما بين (50 إلى 100 كيلو باسكال).
2. أوقفْ الضاغط عن العمل، ثم اِغلقْ صمام الدفع مباشرة، هنا تم عزل الضاغط كلياً عن دورة التثليج.
3. اِفتحْ صمام نضح الزيت جزئياً (يجب عدم رفع الصمام كلياً من الضاغط) وترك الزيت يتسرب إلى أن ينفذ الزيت في خزان العمود المرفقي، ثم اعد إحكام صمام النضح.

تمرين 3-6 إبدال أو إضافة الزيت إلى ضاغط ترددي

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على إبدال أو إضافة الزيت إلى ضاغط ترددي.

الأدوات والمواد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- لباس وعُدة السلامة المهنية، 3- ضاغط نصف مغلق.

خطوات العمل:

1. في الأجهزة التي تحتوي على منظومة إذابة الجليد، يجب تشغيل الجهاز عند حالة إزالة الجليد، وذلك كي نسمح للزيت بالعودة إلى الضاغط.
2. اِفصلْ التيار الكهربائي، ثم اِفتحْ صمام الخدمة في الضاغط.
3. اِسحبْ الزيت من الضاغط كما تعلمت سابقاً، ويجب أن يكون الضاغط قد عمل لفترة مناسبة لغرض رفع درجة حرارة الزيت وتقليل لزوجته، وبالتالي سهولة سحبه من المنظومة.
4. يجب سحب الزيت من أجزاء المنظومات التي تحتوي على فاصلة زيت أو وعاء استلام أو مجمع عند خط السحب.
5. اِبدلْ جميع المرشحات والمرشحات المجففة للدورة قبل إضافة الزيت.

6. أَضفْ الزيت إلى الضاغط عن طريق فتحة الإضافة بحيث يتم تغطية نصف إلى ثلاثة أرباع زجاجة البيان في الضاغط.
7. أَضفْ كمية أخرى من الزيت إلى خط السحب بعد المكثف أو المستلم إن وجد، بحيث تعادل نصف كمية الزيت المضافة إلى الضاغط.
8. أَفرغْ المنظومة من الهواء عند أدنى ضغط ممكن، واستمر في إفراغ الهواء، ويمكن أجراء فحص التسرب خلال هذه العملية، ولا يلغى التسرب إلا عند شحن منظومة التثليج لمنع دخول الرطوبة.
9. شَغِلْ الضاغط مرة أخرى، وستكون هناك كمية من الزيت في الضاغط تزيد بحواي 50% من احتياج الضاغط للزيت، وعند عمل الضاغط لمدة 30 إلى 60 دقيقة ستغطى زجاجة البيان كلياً بالزيت، لذا يجب إزالة الزيت الزائد عن الحاجة من الضاغط، وتتم هذه العملية كما تم شرحه في فقرة سحب الزيت من الضاغط، وتسحب كمية من الزيت إلى أن يصبح مستوى الزيت في الضاغط بحيث يغطى نصف زجاجة البيان.
10. من المعرف أن الزيوت المستعملة في الضواغط لها القابلية الكبيرة على امتصاص الرطوبة من الهواء، لذا يجب غلق علبة الزيت مباشرة عند الاستخدام، وكذلك يجب فحص التسرب في المنظومة وتبديل المجففات والمرشحات قبل إضافة الزيت إلى المنظومة.

تمرين3-7 تبديل مانع التسرب لمحور الدوران لضاغط ترددي من النوع المفتوح

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية إبدال حاكم التسرب لضاغط ترددي النوع المفتوح

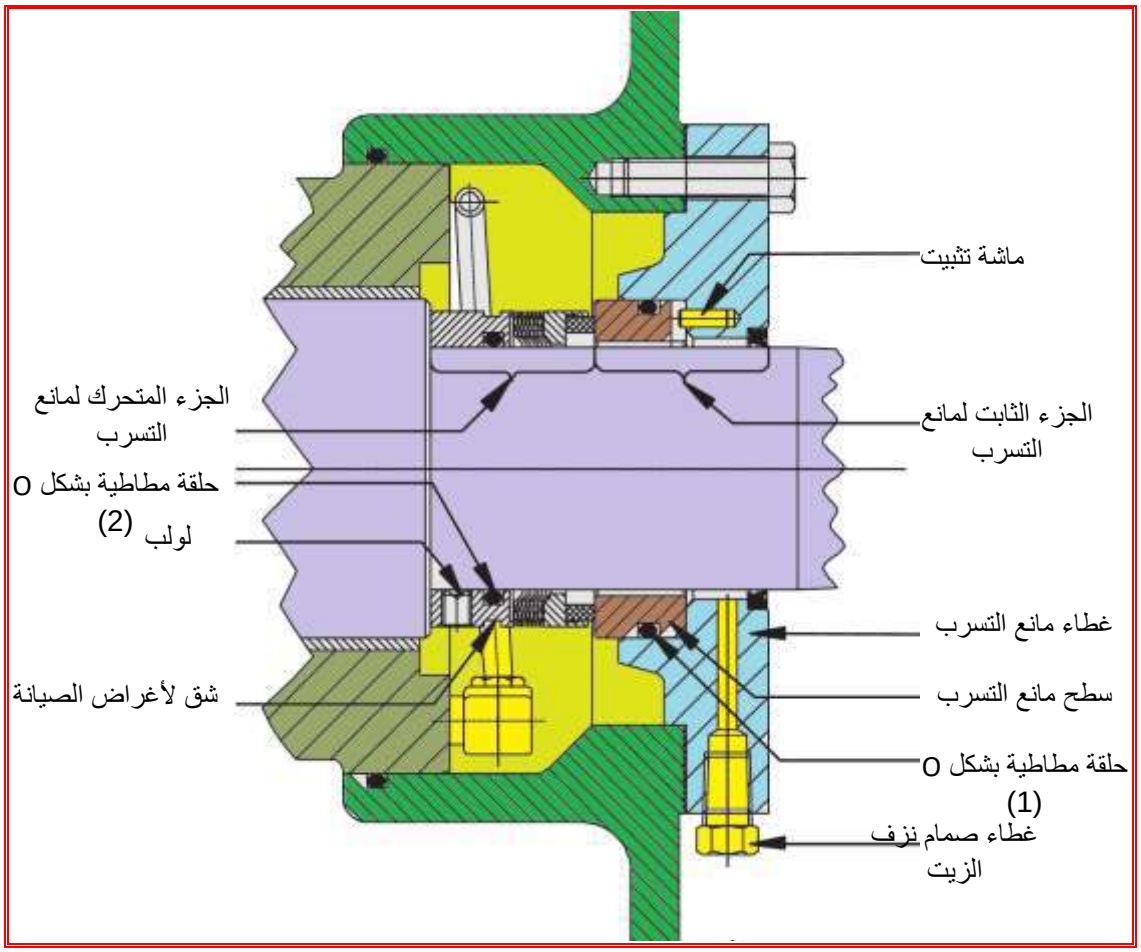
الأدوات والمواد المطلوبة: 1- مفتاح صمولات (سبانة) عزم، 2- مفتاح L، 3- مفتاح لوالب، 4- مطرقة، 5- مفك لوالب.

خطوات العمل:

يبين الشكل (3-13) مقطعاً في مانع التسرب، الذي سيتم العمل على إبداله وحسب الخطوات الآتية:

1. إسترجعْ مائع التثليج ثم أسحب الزيت من الضاغط وتأكد من أن ضغط الضاغط يساوي الضغط الجوي.
2. إفتحْ اللوالب التي تثبت غطاء مانع التسرب.
3. إستخدمْ المطرقة بالطرق على الغطاء بشكل بسيط إذا استدعى الأمر، ويجب الحذر في أثناء رفع الغطاء من مكانه حيث أن الغطاء يضغط نابض خلفه.
4. يثبت الجزء الدوار لمانع التسرب على محور الدوران بثلاث لوالب، لذا يجب فتح اللوالب جزئياً عن طريق فتحها دورة واحدة كاملة، ويجب عدم إزالتها من مكانها، ويجب الحذر من دقة فتح اللوالب، إذ أن سحب الجزء الدوار لمانع التسرب مع عدم فتح اللوالب بشكل كافي يؤدي إلى خدوش وتلف محور الدوران.

5. إسحبْ الجزء الدوار لمانع التسرب بواسطة خطاف يثبت في شق الصيانة، وكما مبين في الشكل (3-13).
6. إسحبْ الحلقة المطاطية (O-Ring) وقد تكون ملتصقة بشدة لذا تستخدم أداة سحب لرفعها من مكانها، وتذكر يجب إبدال أي جزء مطاطي يرفع من مكانه بآخر جديد.
7. إستخدمْ اليد في دفع الجزء الثابت من مانع التسرب، وكما مبين في الشكل (3-14-1)، إذا تعذر ذلك إستخدمْ المطرقة لدفع الجزء الثابت من مانع التسرب، وكما مبين في الشكل (3-14-2). ويجب إجراء هذه الخطوة بعناية لمنع ثلم أو كسر غطاء مانع التسرب.



شكل 3-13 مقطع في مانع تسرب يبين فيه أجزاء مانع التسرب

1- إرفعْ مانع التسرب باليد

2- في حال عدم إمكانية رفعه باليد تستخدم المطرقة

شكل 3-14 إبدال مانع تسرب لضاغط ترددي

تمرين3-8 إعادة تركيب مانع التسرب لضاغط ترددي

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية إعادة تركيب مانع التسرب لضاغط ترددي

الأدوات والمواد المطلوبة: 1- مفتاح (سبانة) عزم، 2- مفتاح L، 3- مفتاح لوالب، 4- مطرقة، 5- مفك لوالب.

خطوات العمل:

1. إغسلْ غطاء مانع التسرب وجميع أجزاء مانع التسرب.
2. إغسلْ وأزل الشوائب والزيت المتجمع على سطح محور الدوران بعناية بحيث يكون سطح محور الدوران نظيف بشكل جيد ولامع.
3. مانع التسرب بجزئيه، والمبين في الشكل (3-15-1) حساس جداً وقد يكون قابل للكسر، لذا يجب تركه في غلافه ولا يفتح إلا عند استخدامه مباشرة، مع التأكيد على عدم لمس السطح الداخلي لمانع التسرب مطلقاً.
4. إستخدمْ حلقات مطاطية جديدة مع التأكيد على عدم استخدام الحلقات المطاطية القديمة مطلقاً.
5. إستخدمْ زيت مائع التثليج المستخدم لتزييت أجزاء مانع التسرب باستثناء الأجزاء الأسبستية لمانع التسرب.
6. إستخدمْ الحلقة المطاطية رقم 2 وادفعها برفق على سطح محور الدوران إلى أن تستقر في الفتحة المخصصة لها على سطح محور الدوران.
7. إستخدمْ الجزء الدوار لمانع التسرب وأحط محور الدوران به وحركه برفق بحيث ينزلق على سطح محور الدوران إلى أن يستقر في مكانه، وكما مبين في الشكل (3-15-2).

8. اِضغطْ على الجزء الدوار لمانع التسرب بحيث يستقر في مكانه وفي أثناء ذلك قم بشد اللوالب الثلاثة برفق، وكما مبين في الشكل (3-15-3).
9. زيَت الحقة المطاطية رقم 1 وثبتها في مكانها على الجزء الثابت لمانع التسرب.
10. ضع النابض في غطاء مانع التسرب واعده إلى مكانه وتأكد من استقراره فيه واِستخدمْ مفتاح العزم لشد لوالب غطاء مانع التسرب وتذكر استخدام عزم ثابت لشد جميع اللوالب.
11. اِستخدمْ مفتاح L لتثبيت غطاء مانع التسرب في مكانه.

1- مانع التسرب بجزئيه الثابت والمتحرك

2- انزلاق مانع التسرب على محور الدوران

3- اضغط على الجزء الدوار لمانع التسرب بحيث يستقر في مكانه وفي أثناء ذلك قم بشد اللوالب الثلاثة

شكل 3-15 إعادة تركيب مانع التسرب لضاغط ترددي

3-4 المكثفات المبردة بالهواء

تستخدم المكثفات المبردة في الهواء بكثرة في المنظومات الصغيرة والمتوسطة وذلك لسهولة عملها ورخص ثمنها مقارنة بالمكثفات التي تبرد بالماء، ويجب صيانة المكثفات المبردة بالهواء باستمرار عن طريق غسلها بالماء وإصلاح زعانفها التي تتضرر من جراء الصيانة أو النقل أو النصب، ويجب فحص مراوح المكثفات المبردة بالهواء وإبدالها في حال عطب ملفها الكهربائي.

تمرين 3-9 غسل المكثفات المبردة بالهواء.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية غسل المكثفات المبردة بالهواء.

الأدوات والمواد المطلوبة: 1- خزان ماء سعة 500 لتر، 2- مضخة ماء ½ حصان، 3- أنبوب ماء مطاطي، 4- رشاش ماء.

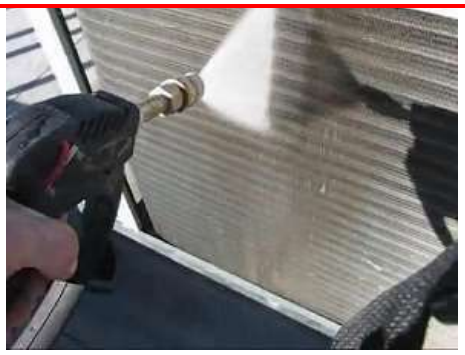
خطوات العمل

1. فصل التيار عن المكثف بالكامل، ومن ثم فتح مروحة المكثف كما مبين في الشكل (1-16-3) .
2. البدء بتنظيف المكثف عن طريق ضخ الماء عبر الأنبوب المطاطي من داخل المكثف إلى الخارج وكما مبين في الشكل (2-16-3).
3. إن تنظيف المكثف من داخل المكثف إلى خارجه لمنع دخول المواد العالقة على السطح الخارجي للمكثف إلى داخل الزعانف وتغلغلها في المكثف، إذ أنه من المعروف أن الأتربة والمواد الغريبة تتجمع على السطح الخارجي للمكثف بصورة أكبر من تجمعها على السطح الداخلي، ويبين الشكل (3-16-3) اندفاع الماء والمواد العالقة على السطح الخارجي للمكثف، ويجب أن لا يسلط بضغط ماء عالي على الزعانف وبشكل مائل، حيث يؤدي هذا إلى انحناء الزعانف.
4. بعد الانتهاء من تنظيف السطح الداخلي للمكثف، يتم العمل على تنظيف السطح الخارجي للمكثف، ويجب تسليط رشاش الماء بشكل عمودي على سطح المكثف لمنع انسداد وجه المكثف نتيجة لانحناء الزعانف، وكما مبين في الشكل (4-16-3).
5. يبين الشكل (5-16-3) عملية التنظيف الخارجي للمكثف، في حين الشكل (6-16-3) يبين مدى شدة اندفاع الماء بحيث يكون ما يشبه الضباب.

1- فتح مروحة المكثف استعداداً للتنظيف

2- استخدام الماء المندفع لتنظيف المكثف من الداخل

3- اندفاع الماء من الداخل إلى الخارج يمنع تغلغل الأجسام الغريبة بين الزعانف



4- البدء بتنظيف المكثف من الخارج إلى الداخل

5- اندفاع الماء يؤدي إلى إزالة الأتربة العالقة

6- لاحظ شدة اندفاع الماء من جهاز التنظيف

شكل 3-16 غسل المكثفات المبردة بالهواء

تمرين3-10 إصلاح الزعانف المنحنية لمكثف مبرد بالهواء.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية إصلاح وتقويم زعانف مكثف مبرد بالهواء

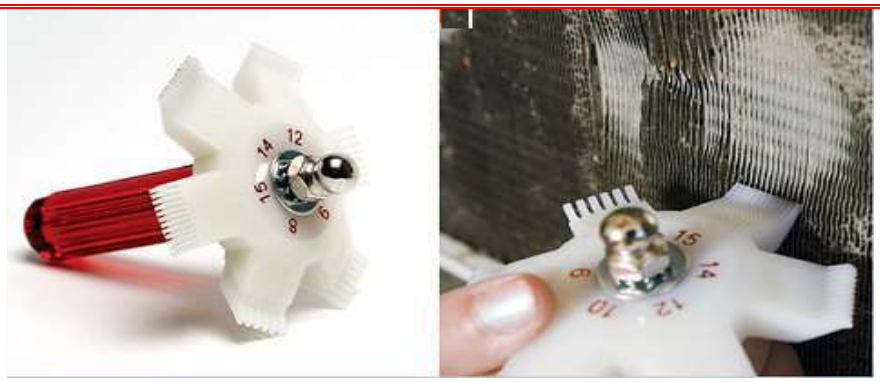
الأدوات والمواد المطلوبة: 1- مشط تقويم الزعانف، 2- مكثف متضرر.

خطوات العمل:

1. يتكون مشط الزعانف من مجموعة من الأمشاط بقياسات مختلفة، وكما مبين في الشكل (3-17-1)، ويجب اختيار القياس المناسب عن طريق تجربة المشط على زعانف مستقيمة بحيث أن إمرار المشط عليها لا يغير من شكلها.
2. ثبتْ المشط أعلى الزعانف المعطوبة، وكما مبين في الشكل (3-17- 2).
3. اِمسكْ المشط بشكل عمودي، وكما مبين في الشكل (3-17-3).

4. اِسحبْ المشط من الأعلى إلى الأسفل ببطء ستلاحظ انتظام الزعانف في المناطق التي يمر عليها المشط، كما مبين في الشكل (3-17-4).
5. اِستمرْ بعملية السحب مع تغيير مكان المشط إلى أن ينتظم شكل جميع الزعانف، وكما مبين في الشكل (3-17-5).

ملاحظة: الرقم المثبت على سطح المشط يمثل القياس لهذا المشط، على سبيل المثال الرقم (14) يعني أن المكثف يحوي (14) زعنفة في الإنج الواحد.



1- مشط تقويم الزعانف والقياسات المثبتة عليه

2-وضع مشط تقويم الزعانف بحيث يتناسب مع الزعانف المراد تقويمها

3- مسك المشط بشكل عمودي

4- اِسحب إلى الأسفل بشكل عمودي

5- تكرار العملية إلى أن تنتظم الزعانف

شكل 3-17 إصلاح الزعانف المنحنية لمكثف مبرد بالهواء

تمرين3-11 فتح مروحة مكثف مبرد بالهواء.

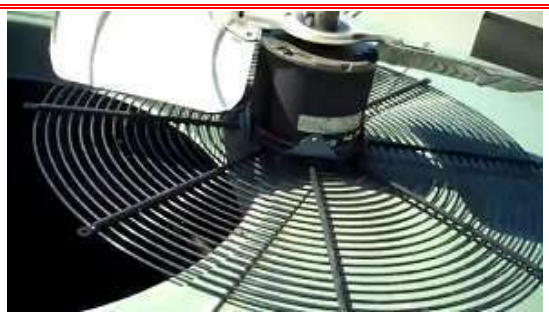
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية رفع مروحة مكثف مبرد بالهواء.

الأدوات والمواد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- بدلة عمل، 3- ملزمة سحب ريش المروحة، 3- مكثف مبرد بالهواء.

خطوات العمل:

1. افصل التيار الكهربائي بالكامل عن المكثف، ثم قم بفحص ملف المحرك الكهربائي للمروحة كما تعلمت سابقاً، في حال عطب ملفات محرك المروحة نعمل على إبدالها، وذلك عن طريق فتح اللوالب التي تثبت شبكة المروحة بجسم المكثف، وكما مبين في الشكل (3-18-1).
2. إرفعْ المحرك الكهربائي والشبكة من جسم المكثف، وكما مبين الشكل (3-18-2).
3. إفتحْ اللوالب التي تثبت المحرك الكهربائي بشبكة المروحة، وكما مبين في الشكل (3-18-3).
4. إرفعْ المروحة وضعها على قاعدتها الخلفية، وكما مبين في الشكل (3-18-4).
5. إفتحْ اللولب الذي يثبت مروحة المكثف بمحور دوران المحرك وحاول سحب المروحة، في حال حشر المروحة بمحور الدوران إفتحْ لولب التثبيت بالكامل، وإستخدمْ ملزمة السحب وثبتها على الأسطوانة الخارجية للمروحة، وكما مبين في الشكل (3-18-5).
6. ابدأ بشد لوالب الملزمة التي تحكم الملزمة بالمروحة، وكما مبين في الشكل (3-18-6).
7. احكم ربط اللوالب بأسطوانة المروحة لمنعها من الانزلاق في أثناء السحب، وكما مبين في الشكل (3-18-7).
8. ابدأ بشد لولب الملزمة، وكما مبين في الشكل (3-18-8)، واستمر بشد اللولب ببطء، وكما مبين في الشكل (3-18-9)، إلى أن تخرج المروحة من محور دوران المحرك الكهربائي، وكما مبين في الشكل (3-18-10).

1- إفتحْ اللوالب الثمان التي تثبت شبكة المروحة بجسم المكثف



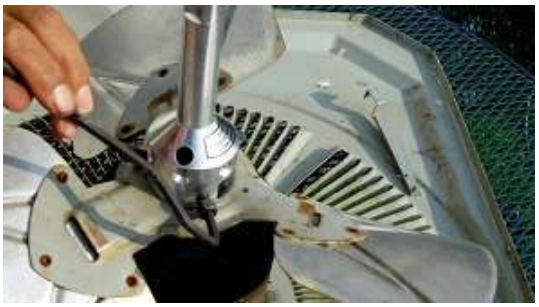
2- إرفعْ محرك المروحة من مكانها

3- اِفتحْ اللوالب الأربعة التي تثبت المحرك الكهربائي بالشبكة

4- اِرفعْ المحرك من مكانه

5- ثبت ملزمة السحب على أسطوانة المروحة

6- شد اللوالب على أسطوانة المروحة



7- أحكم تثبيت اللوالب على أسطوانة المروحة

8- ابدأ بشد لولب الملزمة ببط

9- استمرار شد اللولب ستبدأ المروحة بالانزلاق على محور المروحة

10- خروج المروحة من محور دوران المحرك

شكل 3-18 فتح مروحة مكثف مبرد بالهواء

5-3 المكثفات المبردة بالماء Water Cooled Condenser

1- تنظيف المكثفات كيميائياً

يستخدم الحامض المخفف في تنظيف الأنابيب الداخلية للمكثف المبرد بالماء، ويستخدم الحامض لتنظيف الأنابيب الناقلة للماء فقط. وهنالك طريقتان للتنظيف باستخدام الحامض، هما التنظيف بواسطة الجريان الحر للمحلول والتنظيف باستخدام مضخة الماء. وفي كلا الطريقتان يجب ارتداء نظارة واقية لغرض منع بخار الحامض والقطرات المتطايرة من ملامسة العين، واستخدام أوعية من اللدائن أو الخشب لمنع تفاعل الحامض مع الأوعية، ويتم تنظيف المكثفات المبردة بالماء مرة كل عام خاصة إذا كانت ظروف التشغيل غير ملائمة وفي ظروف جوية قاسية.

تمرين 3-12 تحضير محلول حامضي لتنظيف المكثفات المبردة بالماء

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على تحضير محلول حامضي لتنظيف المبادل الحراري.

المواد المطلوبة: 1- حامض الهيدروكلوريك بكثافة نسبية مقدارها 1.19، 2- ماء، 3- مسحوق مانع التفاعل الكيميائي. 4- أوعية من الدائن أو الخشب.

خطوات العمل:

يجب أن لا يزيد الخطأ في التحضير عن 5%.

1. احضر 1.25 كيلو غرام من حامض الهيدروكلوريك بكثافة نسبية 1.19.
2. حضر 4.7 لتر من الماء.
3. حضر 100 غرام من مسحوق مخمد التفاعل.
4. ضع الماء في خزان مصنوع من اللدائن أو الخشب، ثم اضف محلول مانع التفاعل ببطء مع التحريك المستمر إلى أن يذوب المسحوق بشكل تام. يجب عدم إضافة الماء إلى المسحوق مطلقاً إذ قد يؤدي هذا إلى حدوث الانفجار.
5. اضف حامض الهيدروكلوريك إلى محلول الماء ومانع التفاعل مع التحريك المستمر للمحلول. وبهذا يكون المحلول جاهزاً للاستخدام.

تمرين 3-13 تنظيف مكثف مبرد بالماء باستخدام طريقة الجريان الحر لمحلول التنظيف.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استخدام الحامض في تنظيف المكثفات المبردة بالماء بطريقة الجريان الحر لمحلول التنظيف.

الأدوات المطلوبة:

1- أوعية من اللدائن، 2- أنابيب ماء مصنوعة من الفولاذ المقاوم بقطر 1 إنج وبأطوال مناسبة، 3- وصلات ربط، كما مبين في الشكل (3-19) من الفولاذ المقاوم للصدأ. 4- مكثف مبرد بالماء.

طريقة العمل:

تستخدم هذه الطريقة عند عدم انسداد أنابيب الماء بشكل تام، اربط كما مبين في الشكل رقم (3-19)، وكما يأتي:

1. إستخدمْ أوعية من اللدائن لغرض تخفيف المحلول الحامضي ويجب عدم استخدام الأوعية المصنوعة من الفولاذ المغلون.
2. أربط شبكة الأنابيب، وكما مبين في الشكل (3-19)، مع ربط أنبوب لتسريب الأبخرة المتولدة من تفاعل الحامض مع الترسبات الداخلية للأنابيب.
3. إسكبْ المحلول الحامضي من الأنبوب العلوي ببطء وانتظر خروجه من أنبوب التصريف، ستشاهد خروج أبخرة من أنبوب التسريب.
4. لا تسكب كمية كبيرة من محلول التنظيف بحيث يعيق خروج الغازات من فتحة التسريب، وعند حدوث هذه الحالة توقف عن سكب المحلول لحين توقف خروج المحلول من فتحة التصريف.
5. عند الأنهاء من عملية التنظيف يجب تفريغ المكثف من المحلول الحامضي وغسله بالماء الصافي بشكل جيد لحين التأكد من خلو المكثف من المحلول الحامضي.

شكل 3-19 شبكة الأنابيب لتنظيف المكثف المبرد بالماء بطريقة الجريان الحر لمحلول التنظيف

تمرين 3-14 تنظيف مكثف مبرد بالماء باستخدام مضخة ماء.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استخدام الحامض في تنظيف المكثفات المبردة بالماء باستخدام مضخة ماء.

الأدوات والمواد المطلوبة:

1- أوعية من اللدائن، 2- أنابيب ماء مصنوعة من الفولاذ المقاوم بقطر 1 انج وبأطوال مناسبة، او انابيب مطاطية تتحمل ضغط عال، 3- وصلات ربط من الفولاذ المقاوم للصدأ، 4- مكثف مبرد بالماء، 5- مضخة ماء بسعة ½ حصان، أو معدل تدفق ماء بمقدار 0.4 لتر/ث وارتفاع دفع 10 متر (30 غالون/دقيقة وارتفاع دفع 35 قدم)، 6- خزان من اللدائن سعة 225 لتر (50 غالون)، 7- شبكة معدنية مصنوعة من النحاس لحجب قطع الترسبات الكبيرة توضع أعلى الخزان، 8- صمام ماء من النوع الكروي.

طريقة العمل:

1. أربط شبكة الأنابيب، وكما مبين في الشكل (3-20)، مع التأكيد على نصب أنبوب تسريب يحتوي على صمام كروي.
2. إفتحْ الصمام المثبت على أنبوب التسريب بشكل تام عند شحن المكثف بمحلول التنظيف.
3. إغلقْ صمام التسريب ودع المضخة تعمل مع غلق صمام الدفع أول الأمر.
4. إفتحْ صمام الدفع ودع المحلول يسري خلال شبكة الأنابيب وفي حال كون الترسبات كثيرة يفضل استمرار عمل المضخة لمدة 24 ساعة.
5. يمكن تسخين المحلول بحيث لا تتجاوز درجة حرارته 35°س، وذلك لزيادة فاعلية المحلول الحامضي.
6. بعد الانتهاء من عملية التنظيف يجب تفريغ المكثف من المحلول الحامضي بشكل تام ومن ثم غسله بالماء الصافي إلى أن يتم التأكد من خلو المكثف من المحلول الحامضي.

شكل 3-20 شبكة الأنابيب لتنظيف المكثف المبرد بالماء باستخدام مضخة ماء

2- تنظيف المكثفات المبردة بالماء فيزيائياً (ميكانيكياً)

تختلف طريقة التنظيف الميكانيكي عن التنظيف الكيميائي، بأنه في طريقة التنظيف الميكانيكي يجب فتح غطائي المكثف الأمامي والخلفي بحيث تظهر بدايات ونهايات الأنابيب، وتستخدم هذه الطريقة للمكثفات القديمة من نوع الأسطوانة والأنبوب، التي قد يحدث فيها تآكل للأنابيب في حال استخدام المحاليل الكيميائية، كما ويجب عدم استخدام الفرشاة المعدنية في التنظيف الميكانيكي التي قد تؤدي إلى تقشر الأنابيب من الداخل وبالتالي عدم تحملها لضغط مائع التثليج.

تستخدم عدة وسائل في التنظيف منها استخدام الفرشاة يدوياً ومنها استخدام ماكنة خاصة في التنظيف الميكانيكي، والتمرين التالي يبين استخدام ماكنة تنظيف المكثفات.

تمرين3-15 تنظيف مكثف مبرد بالماء باستخدام ماكنة تنظيف المكثفات. (للاطلاع)

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على استخدام الطريقة الميكانيكية في تنظيف المكثفات المبردة بالماء.

الأدوات المطلوبة: 1- ماكنة تنظيف المكثفات المبردة بالماء، 2- مكثف مبرد بالماء.

خطوات العمل:

1. يبن الشكل (3-21-1) مكثف مبرد بالماء متسخ بشكل كبير، في حين أن الشكل (3-21-2) يبين ماكنة تنظيف المكثفات.
2. جهز الماكنة للعمل، وكما مبين في الشكل (3-21-3).
3. أربط المحور المرن للماكنة في المكان المخصص له، وكما مبين في الشكل (3-21-4)، حيث يستخدم هذا المحور لتثبيت الفرشاة ونقل الماء إلى بداية الفرشاة عن طريق مسدس خاص.
4. اربط الأنبوب الذي يسيطر على مسدس الجهاز، وكما مبين في الشكل (3-21-5).
5. ضع ماكنة التنظيف بشكل أفقي كي تكون اكثر استقراراً، وكما مبين في الشكل (3-21-6)، ثم افحص مسدس الماء بحيث يندفع المحور الحامل للفرشاة عند الضغط على مفتاح المسدس، وكما مبين في الشكل (3-21-7).
6. ضع الفرشاة على بداية المحور في بداية المسدس، وكما مبين في الشكل (3-21-8)، ثم أحكم الفرشاة على المحور، وكما مبين في الشكل (3-21-9).
7. أحكم ربط الفرشاة المناسبة، وكما مبين في الشكل (3-21-10).
8. اضبط طول المحور الدوار بحيث يساوي طول الأنبوب الواحد في المكثف، وكما مبين في الشكل (3-21-11).
9. أربط أنبوب تغذية الماء، وكما مبين في الشكل (3-21-12)، ثم إفتحْ صمام الماء وكما مبين في الشكل (3-21-13)، بعد الانتهاء من هذه العملية تكون ماكنة التنظيف جاهزة للاستخدام.

10. امسك المسدس بأحكام وضعه أمام الأنبوب الذي تريد تنظيفه، وكما مبين في الشكل (3-21-14)، ثم أضغط ببطء على مفتاح المسدس ستندفع الفرشاة خارجة من المسدس بحيث تدخل في بداية الأنبوب، مع زيادة الضغط على مفتاح المسدس ستزداد السرعة الدورانية للفرشاة بحيث تقوم بتنظيف الأنبوب، ومع الاستمرار بالضغط على مفتاح المسدس يندفع المحور المرن إلى نهاية الأنبوب، ويتوقف عند اصطدام الموقف بنهاية المسدس.

11. عند تخفيف الضغط عن المفتاح يرجع محور الدوران إلى الخلف، وكما الشكل (3-21-16)، وعند رفع يدك نهائياً عن المفتاح تخرج الفرشاة كما مبين في الشكل (3-21-17)، مع الاستمرار بتنظيف الأنابيب يكون شكل المكثف النظيف، وكما مبين في الشكل (3-21-18).

1- المكثف المتسخ من جهة الماء

2- الجهاز المستخدم مع الملحقات

3- ربط المصدر الكهربائي

4- ربط المحور المرن إلى الجهاز

5-ربط أنبوب السيطرة على المسدس

6- وضع المنظومة بشكل أفقي

7- فحص المسدس

8- خروج المحور من المسدس عند الضغط على مفتاح التحكم

9- ربط الفرشاة المناسبة

10- إحكام ربط الفرشاة

11- ربط المتحكم بطول المحور المرن

12- أربط أنبوب الماء

13- فتح صمام الماء

14- بداية الضغط على مفتاح التحكم والبدء بإدخال الفرشاة إلى الأنبوب المتسخ

15- اندفاع المحور المرن داخل الأنبوب

16- نهاية تنظيف الأنبوب واندفاع الماء إلى الخارج

17- سحب المحور المرن

18- المكثف بعد التنظيف

شكل 3-21 تنظيف مكثف مبرد بالماء باستخدام ماكنة تنظيف المكثفات

3-5 أبراج التبريد

تستعمل أبراج التبريد لإعادة تبريد الماء المستخدم في تبريد المكثف، وتتم عملية التبريد عن طريق ضخ الماء من اعلى برج التبريد عن طريق رشاشات Nozzles حيث تقوم المرشات بتوزيع قطرات الماء بانتظام على حشوة برج التبريد، ومن جهة أخرى يتم دفع أو سحب الهواء خلال برج التبريد مما يؤدي إلى حدوث تماس مباشر بين الماء والهواء، وبسبب التبخر المباشر يبرد الماء ويمكن إعادة استخدامه، وبسبب تبخر الماء بشكل مستمر تتكون أملاح تترسب على حشوة برج التبريد وعلى رشاشات الماء، إضافة إلى ذلك فإن الأتربة المحملة بالهواء تترسب في حوض برج التبريد. أن عملية ترسب الأملاح على حشوة البرج وتجمع الأتربة التي تحولت إلى أوحال في قاعدة البرج تؤدي إلى انسداد رشاشات الماء فضلاً عن انخفاض كبير في أداء برج التبريد لذا يجب إجراء صيانة دورية لبرج التبريد، وتشمل الصيانة تنظيف حشوة البرج وحوض البرج ورشاشات الماء، ويمكن اتباع التمارين الآتية لغرض التعرف على كيفية صيانة برج التبريد.

تمرين3-16 تنظيف حشوة برج تبريد.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية التخلص من الأملاح المترسبة على حشوة برج التبريد.

المواد المطلوبة: 1- بدلة عمل مع مُعدات السلامة المهنية، 2- منظومة تنظيف البرج وتتكون من مضخة ماء وأنبوب مطاطي متصل بنهايته رشاش ماء، 3- حشوة برج تبريد متسخة.

خطوات العمل:

1. تتكون حشوة برج التبريد من عدة أجزاء، اِرفعْ أجزاء الحشوة وكما مبين في الشكل (3-22-1).
2. يبين الشكل (3-22-2) ترسب الأملاح على حشوة برج التبريد بشدة، لذا يجب استخدام أداة مناسبة لإزالة الأملاح، وكما مبين في الشكل (3-22-3).
3. اِستخدمْ الماء المندفع من المضخة لتنظيف ما تبقى من الملاح المترسبة على حشوة البرج، وكما مبين في الشكل (3-22-4).
4. بسب عمل برج التبريد في أماكن مفتوحة وبسبب غسل الهواء المار عبر برج التبريد، ستتجمع الأوحال والأملاح في قاعدة البرج، وكما مبين في الشكلين (3-22-5) و(3-22-6)، لذا يتطلب الأمر تفريغ حوض برج التبريد، ويجب تفريغ الماء الخارج من الحوض في خزان أولي لغرض ترسيب الأوحال ومن ثم تفريغ الماء بعد سحب الأوحال منه إلى فتحة تصريف الماء، وكما مبين في الشكل (3-22-7).
5. لكون الخزان الثانوي لبرج التبريد في مستوٍ أدنى من مستوى خزان البرج، يجب استخدام مضخة لغرض سحب الأوحال الكثيفة المتجمعة في الخزان الثانوي، وكما هو مبين في الشكل (3-22-8).
6. اِستخدمْ الماء المندفع من المضخة لغرض تنظيف قاعدة حوض برج التبريد، وكما مبين في الشكل (3-22-9).
7. يبين الشكل (3-22-10) حشوة برج التبريد قبل التنظيف، في حين الشكل (3-22-11) يبين حشوة برج التبريد بعد تنظيفها، والشكل (3-22-12) يبين قاعدة حوض برج التبريد بعد التنظيف.

1- اِرفعْ أجزاء حشوة برج التبريد

2- ترسب الأملاح على حشوة البرج

3- في حالة كون الأملاح كثيفة إستخدمْ أداة مناسبة لرفع الترسبات أولاً

4- إستخدمْ رشاش الماء ليزيل ما تبقى من الأملاح

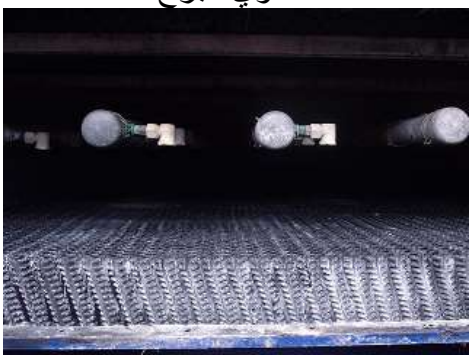
5- ترسب الأملاح في حوض البرج

6- الأوحال متجمعة في قاعدة البرج

7- صمام عوامة حوض البرج بعد تفريغ الماء من الحوض

8- إستخدمْ مضخة ماء لسحب الأوحال من الخزان الثانوي للبرج

9- إستخدمْ الماء والرشاش لتنظيف قاعدة البرج



10- حشوة برج التبريد قبل التنظيف

11- حشوة برج التبريد بعد التنظيف

12- قاعدة حوض برج التبريد بعد التنظيف

شكل 3-22 تنظيف حشوة برج تبريد

تمرين 3-17 تنظيف رشاشات برج تبريد.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تنظيف رشاشات ماء برج التبريد.

المواد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- بدلة عمل مع معدات السلامة المهنية، 3- رشاشات ماء متسخة.

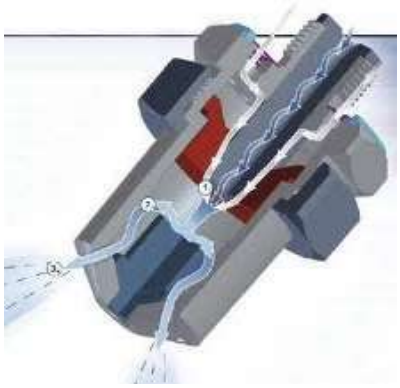
خطوات العمل:

1. يختلف تثبيت رشاش الماء بالأنبوب الرئيسي من رشاش إلى آخر، فمنه من يثبت بواسطة حلقة معدنية حول الأنبوب الرئيس، وكما مبين في الشكل (3-23-1)، ومنه من يثبت بواسطة لولب، وكما مبين في الشكل (3-23-2) ومنه من يثبت عن طريق حشر الرشاش خلال حلقة مطاطية مثبته على سطح الأنبوب الرئيسي، وكما مبين في الشكل (3-23-3). ويتم فتح الرشاش كل حسب طريقة تثبيته.
2. يعمل الرشاش عن طريق اندفاع الماء خلال عنق ضيق خلال الرشاش مما يؤدي إلى زيادة سرعة خروج الماء ويتحول إلى رذاذ، وكما مبين في الشكل (3-23-4).
3. يمكن معرفة انسداد رشاش الماء عن طريق كمية الماء المتدفق من خلاله، حيث يبين الشكل (3-22-5) رشاش ماء متسخ، ويخرج الماء منه بصعوبة، في حين أن الشكل (3-23-6) يبين مجموعة من الرشاشات المسدودة ضمن برج التبريد.
4. يتم تنظيف الرشاشات عن طريق فتحها من برج التبريد وغمرها في محلول التنظيف الحامضي المُعد في التمرين السابق لمدة ثلاث إلى أربعة ساعات بحسب اتساخ الرشاشات، وبعد ذلك يتم غسل الرشاشات بشكل جيد وإعادة فحصها، وفي حال بقاء بعض الرشاشات مغلقة فيعمل على فتحها وتنظيفها من الداخل أو إبدالها بأخرى جديدة.
5. يبين الشكل (3-23-7) عمل رشاشات الماء بعد تنظيفها، وتنعكس نظافة الرشاشات على كفاءة توزيع الماء على حشوة برج التبريد، وكما مبين في الشكل (3-23-8).

1- رشاش ماء يثبت بحلقة معدنية

2- رشاش يثبت عن طريق تسنين

3- رشاش يثبت عن طريق حشره بحلقة مطاطية

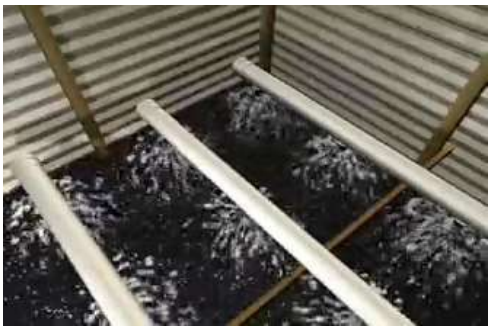


4- التركيب الداخلي للرشاش

5- رشاش ماء مغلق

6- مجموعة رشاشات ماء مغلقة

7- رشاش الماء بعد التنظيف



8- مجموعة رشاشات ماء بعد التنظيف

شكل 3-23 تنظيف رشاشات برج تبريد

الفصل الرابع

مُعدات التحكم في منظومات التثليج التجارية

Control Components in Commercial Refrigeration Systems

مُعدات التحكم في منظومات التثليج التجارية

Control Components in Commercial Refrigeration Systems

1-4 اللاقط المغناطيسي وواقي الحمل التابع له

Magnetic Contactor and its Overload

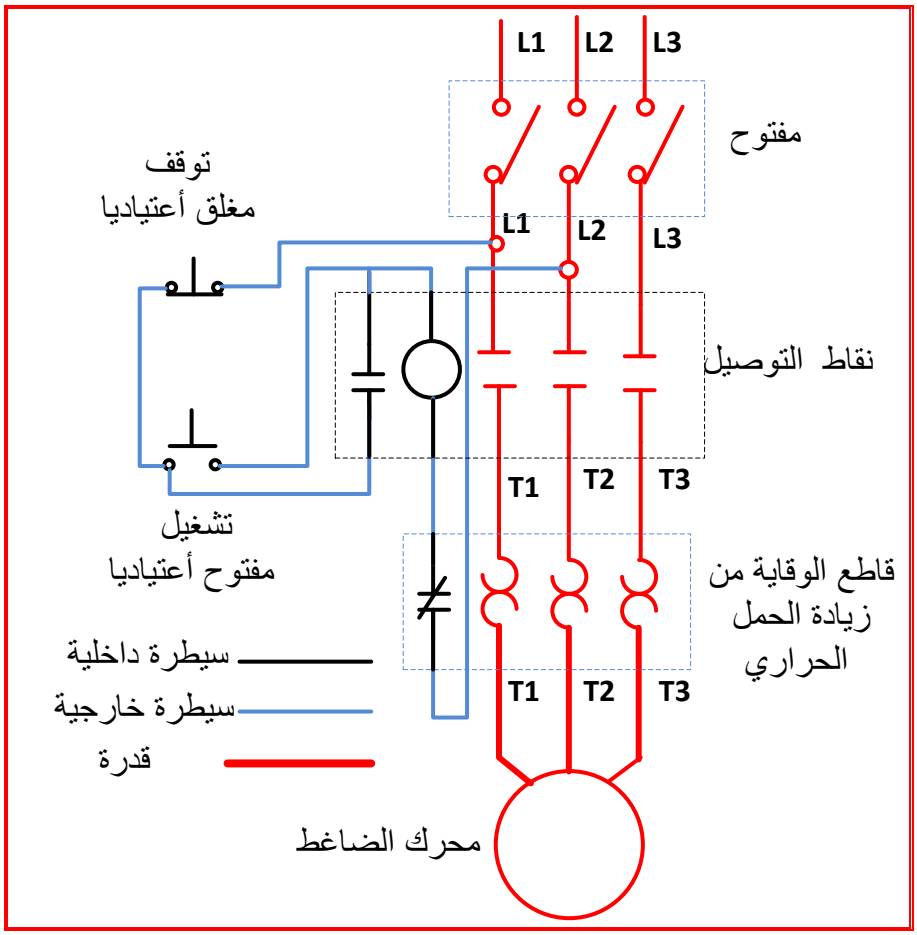
يستعمل اللاقط المغناطيسي (كونتكتر) لإيصال التيار الكهربائي إلى محرك الضاغط عن طريق ملف مغناطيسي ثانوي، حيث يعمل الملف المغناطيسي عمل المرحل الكهربائي. ولكن يختلف اللاقط المغناطيسي عن المرحل بأن اللاقط المغناطيسي يسمح بمرور تيار أكبر، يتكون الملف المغناطيسي اللاقط من ملفات كهربائية يتم تجهيزها أحياناً، بفرق جهد واطئ مثلاً (24 V, 12 V). عند مرور التيار الكهربائي في الملف يولد مجالاً مغناطيسياً يقوم بسحب نقاط التوصيل الكهربائية الموجودة في البادئ المغناطيسي لتتصل ببعضها، لتسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها. وتحتوي نقاط التوصيل على نابض ميكانيكي يقوم بإرجاع نقاط التوصيل إلى مكانها حال انقطاع التيار الكهربائي عن الملف المغناطيسي مما يؤدي إلى قطع الدائرة الكهربائية عن محرك الضاغط.

يتكون اللاقط المغناطيسي ثلاثي الطور من جزئين، كما مبين في الشكل (4-1)، الأول يختص بإيصال التيار الكهربائي والثاني يسمى بواقي زيادة الحمل، ويمكن من خلاله السيطرة على عمل اللاقط المغناطيسي أيضاً. حيث يربط واقي زيادة الحمل على التوالي (جهة السيطرة) إلى الجزء الذي يسيطر على عمل الضاغط كأن يكون منظم درجة الحرارة أو مفتاح الضغط الواطئ للضاغط أو إلى ملف البادئ المغناطيسي. وقبل البدء بعملية فحص اللاقط المغناطيسي لا بد من التعرف على كيفية ربطه بالدائرة الكهربائية، ويبين الشكل (4-2) طريقة ربط اللاقط المغناطيسي مع قاطع الوقاية من زيادة الحمل الحراري ومحرك ضاغط ثلاثي الطور.

أ- اللاقط المغناطيسي

ب- قاطع الوقاية من زيادة الحمل

شكل 4-1 اللاقط المغناطيسي وقاطع الوقاية من زيادة الحمل



شكل 4-2 طريقة ربط اللاقط المغناطيسي ثلاثي الطور مع قاطع وقاية زيادة الحمل

تمرين 4-1 فحص اللاقط المغناطيسي Magnetic Contactor

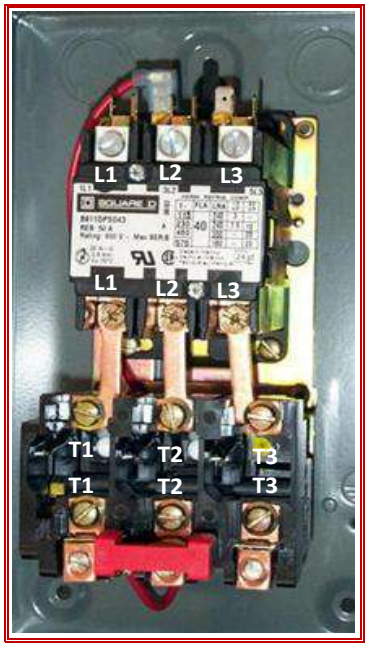
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية فتح وفحص اللاقط المغناطيسي.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- مفك لوالب، 2- مقياس كهربائي متعدد الأغراض، 3- بادئ حركة مغناطيسي ثلاثي الطور، وقاطع حماية من زيادة الحمل.

خطوات العمل:

1. افصل التيار الكهربائي من الأطوار الثلاثة، ثم افصل الأسلاك بعد تعليمها (إشارة دلالة) كما هو موجود بـ L1 و L2 و L3.
2. افصل الأسلاك الكهربائية التي تصل بقاطع الوقاية من زيادة الحمل الحراري وعلمها كما فعلت بالخطوة الأولى بـ T1 و T2 و T3.
3. صِل التيار الكهربائي إلى الملف المغناطيسي لبادئ الحركة، وحسب فرق الجهد التصميمي، عندها يجب سماع حركة الاتصال (تك).

4. ضع المقياس متعدد الأغراض على نقطة العمل ON مع وضع السلك الأحمر للمقياس في نقطة مقياس المقاومة والسلك الأسود في نقطة المشترك. صل طرفي سلكي المقياس متعدد الأغراض مع بعضهما، عندها يجب أن تكون القراءة صفر أوم (أي النقاط موَصلة).
5. ضع السلك الأحمر للمقياس عند النقطة L1 والسلك الأسود عند الطرف T1، كما في الشكل (4-3)، في هذه الحالة يجب أن تكون القراءة صفر أوم، كرر العملية عند الطرف L2 و T2، ثم L3 و T3 في جميع الأحوال يجب أن تكون القراءة صفر أوم.
6. عند عدم الحصول على قيمة الصفر في قراءة المقياس متعدد الأغراض، فمن المحتمل وجود ارتخاء في ربط الملف الكهربائي لبادئ الحركة، تأكد من الربط مرة أخرى ويجب أن تسمع صوت التقاط نقاط التوصيل. وتأكد من فرق الجهد المسلط على طرفي الملف الكهربائي.
7. حوِّل المقياس متعدد الأغراض على قراءة فرق الجهد، وقس فرق الجهد على طرفي الملف، فإذا كانت القراءة كما مبينة في مواصفات اللاقط ولا يوجد توصيل بين النقاط L1 و T1 أو L2 و T2 و L3 و T3، قم بفصل التيار الكهربائي عن ملف بادئ الحركة.
8. أفصل الأسلاك من الملف الكهربائي، أرجع المقياس متعدد الأغراض إلى قراءة المقاومة، ثم قس المقاومة عبر الملف الكهربائي، فإذا كانت القراءة ضمن المدى 10 إلى 100 أوم فإن الملف سليم، أما إذا لم يتحرك مؤشر المقياس متعدد الأغراض أو لم نحصل على قراءة فهذا يدل على تلف ملفات بادئ الحركة، ويجب إبداله.



شكل 4-3 صورة ربط اللاقط المغناطيسي مع قاطع الوقاية من زيادة الحمل

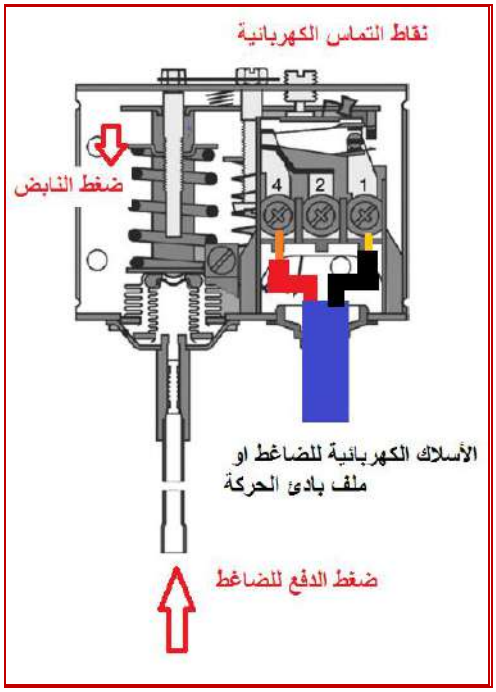
2-4 قواطع الوقاية من الضغط Pressure Switches

1-2-4 قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي High Pressure Switch

يستعمل قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي، المبين في الشكل (4-4)، في جميع منظومات التثليج المتوسطة والكبيرة، حيث يربط عند مخرج الضاغط، إذ يؤثر ضغط الدفع للضاغط على الغشاء المرن للصمام ويضبط هذا الضغط بواسطة نابض متغير الجساءة يقع أعلى الغشاء المرن، كما هو مبين في الشكل (4-5)، فإذا كان ضغط النابض أعلى من ضغط الدفع للضاغط يستمر الضاغط بالعمل وتكون نقاط التوصيل الكهربائية موصلة، أما اذا كان ضغط الدفع أعلى من ضغط النابض فإن القاطع يعمل على قطع الدائرة الكهربائية (دائرة السيطرة الكهربائية) للضاغط مما يؤدي إلى توقف عمل الضاغط، ولا يعود إلى العمل إلا إذا أعيد تشغيله يدوياً عن طريق الضغط على مفتاح إعادة التشغيل Reset بعد رجوع الضغط العالي إلى حدوده الطبيعية. ويضبط ضغط الفصل للقاطع بمقدار 2 بار أعلى من ضغط الدفع للضاغط صيفاً.

وفي أغلب قواطع الحماية من زيادة الضغط العالي في الوقت الحاضر، تصمم عملية إعادة توصيل النقاط الكهربائية بعد رجوع الضغط العالي لحدوده الطبيعية بمقدار معين من فرق الضغط (التفاوت بين الحد الأعلى للضغط العالي وضغط إعادة العمل) لإعطاء برهة زمنية بين فصل عمل الضاغط وعودته للعمل، وبالإمكان التحكم بمقدار هذا التفاوت (Cut in & Cut out).

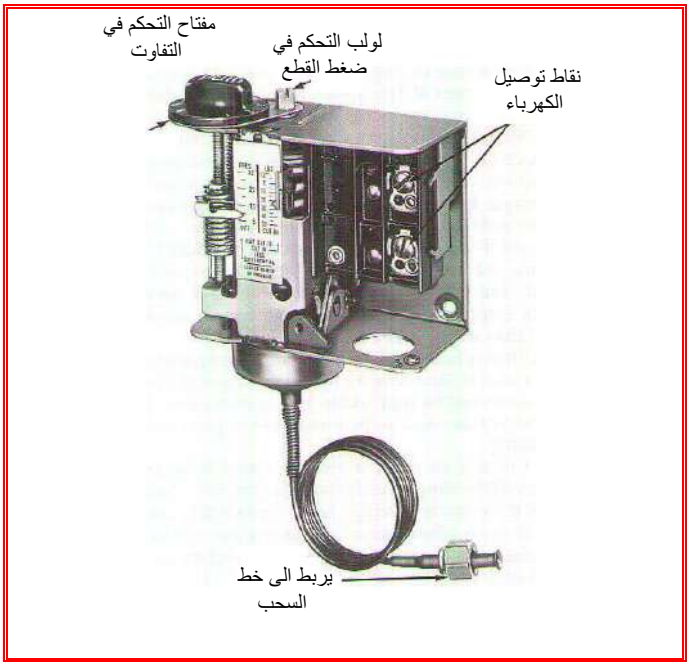
شكل 4-4 قاطع الحماية من الضغط المرتفع



شكل 4-5 تفاصيل قاطع الوقاية من زيادة الضغط

2-2-4 قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ Low Pressure Switch

يستعمل قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ عند خط السحب للضاغط، ويضبط (يُعيَر) عند ضغط مقداره 0.6 إلى 1 بار أقل من ضغط السحب، ويجب أن يضبط عند ضغط أعلى من الضغط الجوي عادة لمنع دخول الهواء إلى المنظومة في حال وجود أي تسرب، ويستعمل قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ في السيطرة على درجة حرارة المبخر أيضاً. حيث يمكن أن يربط منظم درجة الحرارة على مفتاح مغناطيسي، فعند انخفاض درجة حرارة المبخر دون الحد المطلوب يقوم منظم درجة الحرارة بقطع الدائرة الكهربائية على الصمام المغناطيسي، مما يؤدي إلى غلق خط السحب، ومن ثم هبوط الضغط الواطئ، وهذا يؤدي إلى عمل قاطع الحماية من الضغط الواطئ ومن ثم توقف الضاغط، ومن الجدير بالذكر أن قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ يعود للعمل تلقائياً عند ارتفاع الضغط الواطئ إلى الحد التصميمي مع وجود فرق الضغط (التفاوت) كما هو في مبدأ عمل قاطع الوقاية من ارتفاع الضغط العالي، ويبين الشكل (4-6) مقطع في القاطع.



شكل 4-6 تفاصيل قاطع وقاية انخفاض الضغط الواطئ

وقد يجتمع قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي مع قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ في أداة واحدة، كما مبين في الشكل (4-7) ويثبتان معاً في هيكل (صندوق) واحد.

شكل 4-7 قاطع زيادة الضغط العالي والواطئ

تمرين 4-2 فحص ومعايرة قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي

الهدف من التمرين

تدريب الطالب على كيفية فحص ومعايرة قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي.

المواد والعُدد المطلوبة

1- منظومة تثليج مزودة بقاطع وقاية من زيادة الضغط العالي، 2- مفك لوالب، 3- ورقة وقلم.

خطوات العمل:

1- سجل قراءة الضغط العالي التي تمت معايرة الضغط عليها في قاطع وقاية من زيادة الضغط العالي، (يمكن الاستعانة بالشكل (4-6) لغرض الاستدلال على مكان قراءة الضغط العالي.

2- شغل منظومة التثليج وسجل قراءة الضغوط من مقياس الضغط، فإذا كان مقياس الضغط العالي يسجل 12 بار فمن المتوقع أن قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي مثبت على 14 بار.

3- أطفئ منظومة التثليج واستعمل مفك اللوالب لتقليل معايرة الضغط العالي بحيث يكون أقل من قراءة الضغط العالي التي سجلتها أثناء عمل المنظومة. (إذا كانت قراءة مقياس الضغط العالي 12 بار ثبت قاطع زيادة الضغط العالي عند 11 بار).

4- شغل منظومة التثليج، وسجل القراءات من مقياس الضغط العالي، فعند عمل المنظومة يبدأ الضغط العالي بالارتفاع، وعند وصوله إلى ضغط 11 بار تتوقف المنظومة عن العمل، فهذا يدل على سلامة عمل القاطع، أما إذا لم تتوقف المنظومة عن العمل عند وصول الضغط إلى 11 بار فإن قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي يُعد عاطلاً ويجب إبداله.

5- انتظر فترة من 5 إلى 10 دقائق ثم اضغط على مفتاح إعادة التشغيل Reset وشغل المنظومة ستبدأ المنظومة بالعمل، وهذا يدل على سلامة مفتاح إعادة التشغيل.

6- أوقف المنظومة عن العمل، أعد ضبط قاطع زيادة الضغط العالي إلى القراءات التي كان عليها.

تمرين 4-3 فحص ومعايرة قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ

الهدف من التمرين

تدريب الطالب على كيفية فحص ومعايرة قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ.

المواد والعُدد المطلوبة:

1- منظومة تثليج مزودة بقاطع وقاية من انخفاض الضغط الواطئ، 2- مفك لوالب، 3- ورقة وقلم.

خطوات العمل:

يختلف قاطع الوقاية من انخفاض الضغط الواطئ عن قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي، بأن القاطع الأول يرجع الضاغط إلى العمل تلقائياً بعد مرور فترة تتراوح من 3 إلى 5 دقائق (حسب التفاوت) بعد توقف الضاغط. ويتحكم عاملان في إعادة الضاغط للعمل بعد توقف بسبب قاطع الضغط الواطئ، الأول هو عامل الزمن حيث تترك فسحة من الزمن تتراوح بين 3 إلى 5 دقائق لغرض إعادة الضاغط إلى العمل في حال رجوع الضغط الواطئ إلى القيمة التصميمة بسرعة، والعامل الثاني هو مدى ارتفاع الضغط الواطئ واقترابه من الضغط التصميمي، ويتحكم في هذا العمل مفتاح ضغط التفاوت،

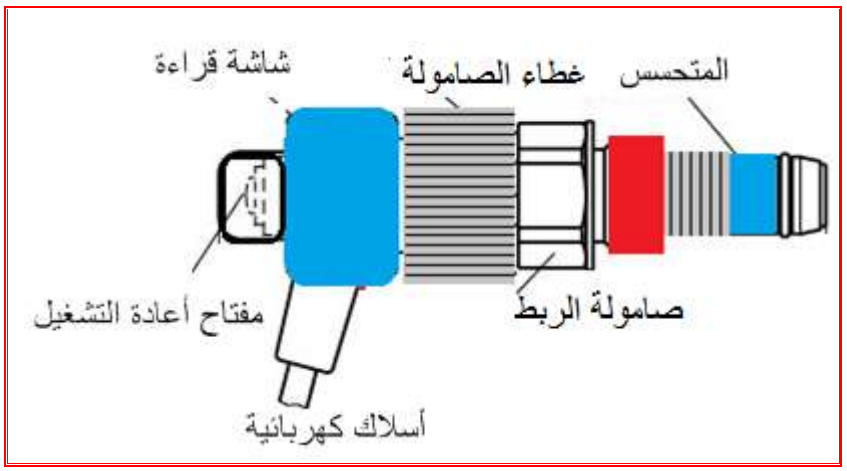
1. اضبط قاطع الضغط الواطئ ليقطع عند 2 بار مثلاً.
2. اضبط تفاوت الضغط عند 0.5 بار.
3. شغل الضاغط ولاحظ الضغط الذي يتوقف عنده الضاغط، ستشاهد أن الضاغط سيتوقف عن العمل عند وصول الضغط إلى 2 بار.
4. لاحظ مقياس الضغط الواطئ فإذا عاد الضاغط إلى العمل عند وصول الضغط الواطئ إلى 2.5 بار فأن المفتاح صالح للعمل. وإلاَ فإن المفتاح عاطل عن العمل.

يجب اختيار مقدار التفاوت بدقة حيث إن القيمة القليلة للتفاوت تجهد الضاغط وتجعله يعمل ويتوقف باستمرار، أما القيمة العالية للتفاوت فتؤدي إلى انخفاض كفاءة المنظومة. وتكون قيمة التفاوت عادة بحدود 1 بار.

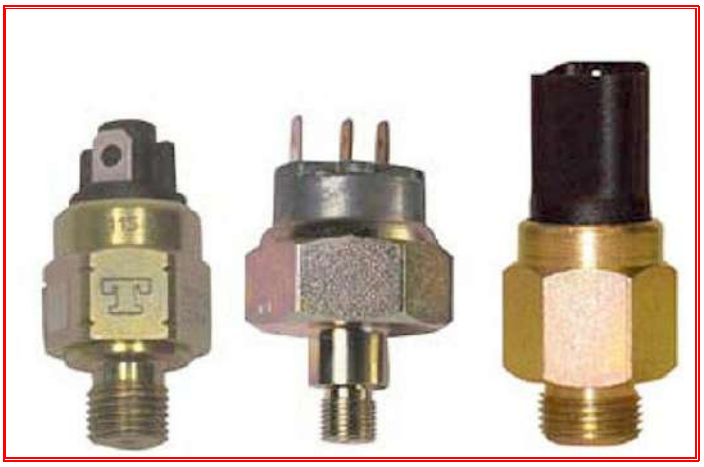
4-2-3 قاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت Low Oil Pressure Cut Out

يزود الضاغط بمفتاح لحماية الضاغط عند فشل منظومة التزييت. حيث يعمل هذا المفتاح على منع الضاغط من الدوران عند انخفاض ضغط الزيت في خزان العمود المرفقي. إذ يقوم المفتاح بفتح الدائرة الكهربائية للضاغط ويتوقف الضاغط عن العمل، ويعود الضاغط إلى العمل خلال 10 إلى 30 ثانية وهو الوقت

اللازم لتوازن ضغط الزيت، وعند مرور 30 ثانية ولم يرجع ضغط الزيت إلى المستوى التصميمي فإن المرحل الزمني سوف يفصل التيار الكهربائي عن الدورة. ويبين الشكل (4-8) تفاصيل قاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت، ويكون ضغط الدفع لمضخة الزيت أكبر من ضغط خزان عمود المرفق من 1 إلى 4 بار، ويمكن قياس فرق الضغط عن طريق تثبيت مقياسي ضغط إلى مضخة الزيت وخزان عمود المرفق، فإذا كان فرق الضغط أقل من 0.6 بار فإن المفتاح سوف يقوم بفصل الضاغط وإيقافه عن العمل، ويبين الشكل (4-9) أنواعاً من قواطع وقاية انخفاض ضغط الزيت، في حين أن الشكل (4-10) يبين ربط المفتاح بالضاغط، بينما يبين الشكل (4-11) الربط الكهربائي لقاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت.

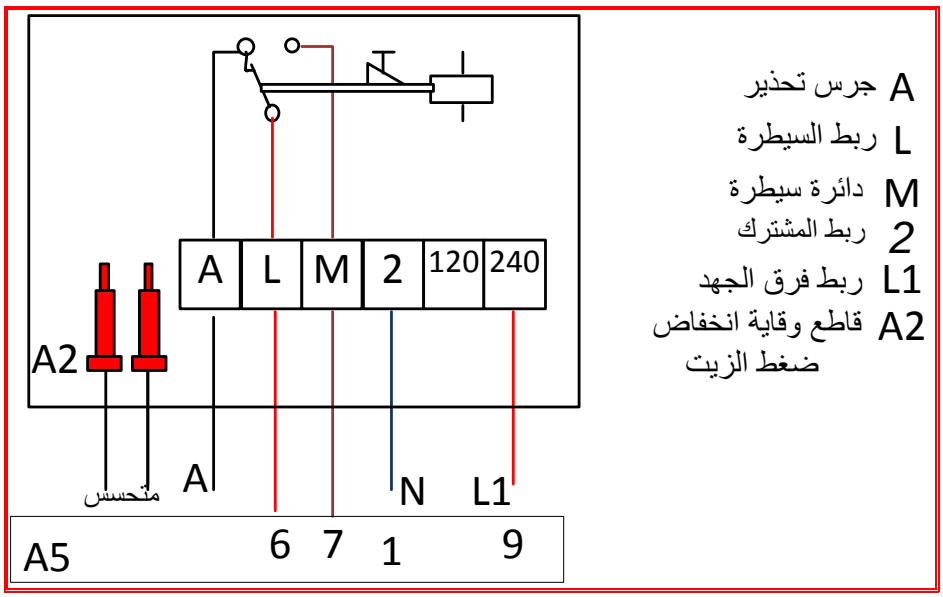


شكل 4-8 تفاصيل قاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت



شكل 4-9 أنواع من قواطع وقاية انخفاض ضغط الزيت

شكل 4-10 ربط قاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت بالضاغط



شكل 4-11 الربط الكهربائي لقاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت.

4-2-3-1 أسباب انخفاض ضغط الزيت في الضاغط

- **انخفاض مستوى الزيت في خزان عمود المرفق (يشاهد من خلال زجاجة البيان)**

1. تأكد من أن الضغط في خزان عمود المرفق أقل من ضغط السحب بمقدار 1 بار، حيث يساعد هذا الفرق على عودة الزيت إلى خزان عمود المرفق.
2. تلكؤ في عودة الزيت إلى خزان عمود المرفق بسبب انخفاض سرعة حركة مائع التثليج في أنابيب المنظومة.
3. تكرار عمل وإيقاف الضاغط خلال فترات قصيرة مما يعيق عودة الزيت إلى خزان عمود المرفق.
4. تكون رغوة في الزيت في أثناء عمل الضاغط تؤدي إلى زيادة تركيز مائع التثليج في الزيت المتواجد في خزان عمود المرفق.

- **عدم وجود زيت كاف في خزان عمود المرفق**

1. انسداد شبكة مرشح الزيت.
2. امتلاء خزان الزيت بخليط الزيت مائع التثليج بسبب تسرب مائع التثليج من المبخر إلى خزان عمود المرفق في أثناء توقف الضاغط عن العمل، ويمكن التأكد من هذه الحال عند حدوث رغوة كثيفة في بدء عمل الضاغط، ولهذا فإن مضخة الزيت لا يمكن أن تولد ضغطاً كافياً لدفع الزيت.
3. عمل صمام التمدد الحراري (وسيلة التمدد) بشكل غير طبيعي أو سوء معايرة الصمام مما يؤدي إلى انخفاض مقدار التحميص في بخار مائع التثليج.
4. زيادة درجة حرارة الزيت.

- **عطب الضاغط ممكن أن يحدث بسبب**

1. انسداد دورة التزييت للضاغط.
2. عطل مضخة الزيت.

- **إذا كان فرق الضغط مناسباً ولكن يفصل المفتاح**

1. وصول التيار الكهربائي إلى المفتاح على الرغم من أن فرق الضغط ضمن المستوى التصميمي.
2. فشل المفتاح.

تمرين 4-4 فحص قاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت للضاغط

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على فحص قاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت للضاغط.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- مقياس متعدد الأغراض، 2- منظومة تثليج مزودة بقاطع وقاية انخفاض ضغط الزيت للضاغط.

خطوات العمل:

1- اعزلْ التيار الكهربائي عن المنظومة.

2- افتحْ الربط الكهربائي للمفتاح.(اخراج قاطع الوقاية عن العمل ضمن المنظومة)

3- أعدْ التيار الكهربائي إلى المنظومة.

4- بعد مرور دقيقتين قس المقاومة بين L و M، لاحظ الشكل (4-11)، يجب أن لا يصدر المقياس المتعدد الأغراض صوتاً، أي أن الربط بين النقطتين أعلاه يكون مفتوحاً.

5- قسْ بين النقطتين L و A، فإن المقياس سوف يصدر صوتاً، أي إن هناك ربطاً بين النقطتين أعلاه. هذا يدل على أن المفتاح صالح للعمل، في حالة العكس يدل على أن المفتاح عاطل عن العمل ويجب إبداله بآخر صالح للعمل.

6- اعزلْ التيار الكهربائي عن المفتاح ثم أربط طرفي المفتاح بدائرة قصر.

7- اضغطْ على مفتاح إعادة التشغيل.

8- انتظرْ لفترة من الزمن بحدود ثلاث دقائق فإن المفتاح يجب أن لا يعود إلى العمل، هذا يدل على أن المفتاح صالح للعمل. وعكسها يدل على إن المفتاح عاطل عن العمل ويجب إبداله بآخر صالح للعمل.

ويمكن فحص المفتاح بطريقة أخرى كما يأتي:

1- افصلْ أسلاك المفتاح وقس المقاومة بين طرفي المفتاح أثناء توقف الضاغط، عندها سوف لن تحصل على أية قراءة للمقياس متعدد الأغراض.

2- أعدْ الضاغط إلى العمل، وقس المقاومة بين طرفي المفتاح عندها ستحصل على قراءة مقدارها صفر.

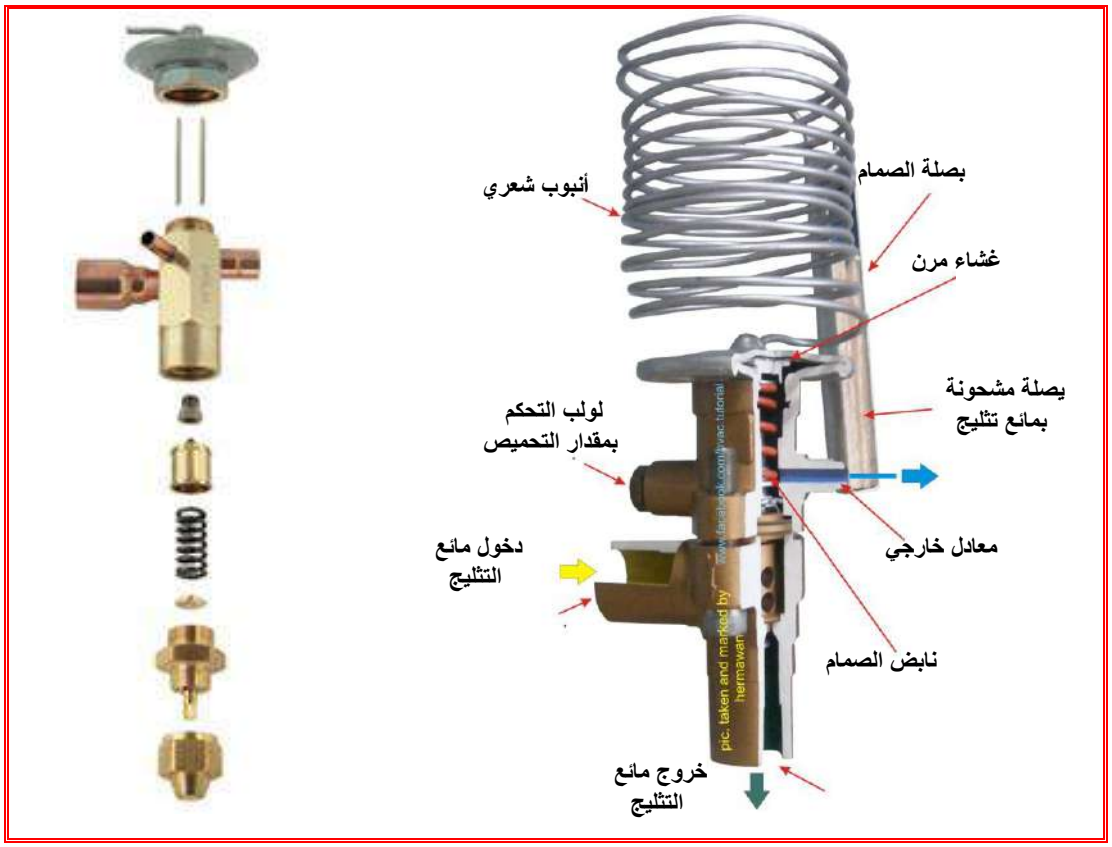
3- وعكسها يدل على أن المفتاح عاطل عن العمل ويجب إبداله بآخر صالح للعمل.

3-4 صمام التمدد الحراري Thermostat Expansion Valve

يتكون صمام التمدد الحراري كما مبين في الشكل (4-12) من غلاف الرق، والأنبوب الشعري والبصلة المتصلة التي تصنع من الفولاذ المقاوم للصدأ، وجسم الصمام الذي يصنع من النحاس ، وإبرة الصمام، وفتحتي دخول وخروج مائع التثليج، ومصفي من الحديد المقاوم للصدأ، وإبرة الصمام ومعادل خارجي ولولب التحكم بمقدار تحميص بخار مائع التثليج الخارج من المبخر.

4-3-1 خسائر الضغط في المبخرات ودرجة حرارة تحميص مائع التثليج.

يحدث هبوط ملحوظ في الضغط في المبخرات متعددة الأنابيب أو الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة، وبسبب هبوط الضغط يحدث انخفاض كبير في درجة حرارة التشبع لبخار مائع التثليج الخارج من المبخر مقارنة بدرجة حرارة تشبع مائع التثليج الداخل إلى المبخر. لذا يجب زيادة درجة حرارة تحميص البخار الخارج من المبخر كي يعادل ضغط الرق لصمام التمدد الحراري. ويمكن السيطرة على مساوئ هبوط الضغط في المبخر عن طريق استعمال معادل خارجي لصمام التمدد، حيث يربط بعد المبخر وبالقرب من بصلة الصمام، مما يؤدي إلى عزل الرق عن تأثير ضغط الدخول للمبخر، وعوضاً عنه يستعمل ضغط مائع التثليج الخارج من المبخر، حيث يتم الربط المباشر بين نقطة الخروج للمبخر مع الجزء السفلي للرق، وعلى هذا الأساس تكون درجة حرارة التحميص المقاسة عند مخرج المبخر عند ضغط بخار مائع التثليج الخارج من المبخر.



شكل 4-12 مكونات صمام التمدد الحراري

يوضح الشكل (4-13) صمام التمدد الحراري ذو معادل خارجي مربوط على مبخر دورة تثليج، حيث يلاحظ من الشكل أن درجة حرارة تشبع مائع التثليج الداخل إلى المبخر مقدارها 5°C وضغط تشبع مقداره 4.8 بار.

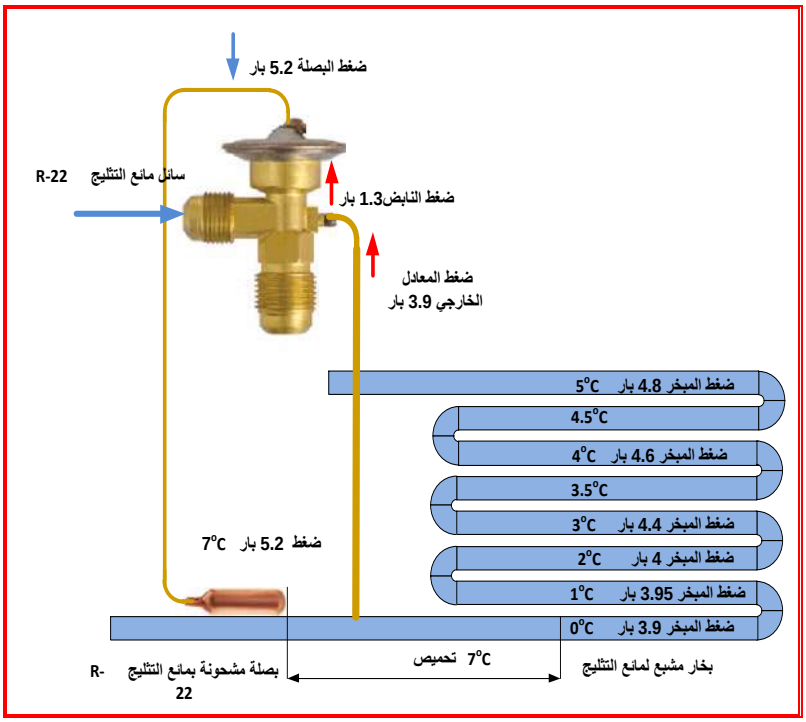
يبين الشكل المذكور صمام تمدد حراري ذو معادل خارجي مربوط على مبخر دورة تثليج تعمل بمائع تثليج R-22، حيث نلاحظ من الشكل أن درجة حرارة تشبع مائع التثليج الداخل إلى المبخر مقدارها 5°س وضغط تشبع مقداره 4.8 بار كما تم ذكره، ومع استمرار مائع التثليج بالمرور خلال المبخر ينخفض ضغطه نتيجة خسائر الضغط مما يؤدي إلى الوصول إلى قيمة ضغط مقدارها 4.6 بار في الأنبوب التالي وبدرجة حرارة تشبع يبلغ مقدارها 4°C، وهكذا يستمر هبوط درجة حرارة التشبع كنتيجة لهبوط الضغط، إلى أن يصل إلى ضغط تشبع مقداره 3.9 بار مما يؤدي إلى هبوط درجة حرارة التشبع إلى 0°C، لذلك نلاحظ من الشكل أن الضغوط المسلطة على رأس الصمام هي كما يأتي، ضغط البصلة يساوي 5.2 بار إلى الأسفل، في حين أن ضغط المعادل الخارجي يساوي 3.9 بار إلى الأعلى (الضغط عند مخرج المبخر) لذا يجب ضبط ضغط النابض عند 1.3 بار إلى الأعلى لغرض الحصول على درجة تحميص مقدارها 7°C.

أي أنه كما مبين في الشكل (4-14)

ضغط البصلة = ضغط المعادل الخارجي + ضغط النابض

$$P_t = P_2 + P_3$$

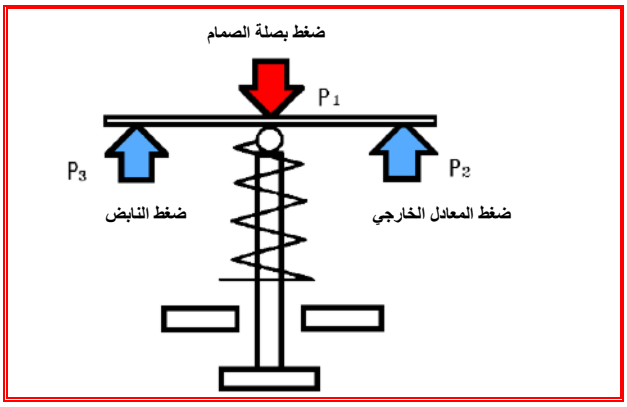
وفي حالة عدم وجود المعادل الخارجي فإن ضغط مقدمة المبخر الذي يساوي 4.8 بار سوف يؤثر على الرق إلى الأعلى، وفي هذه الحالة تكون مجموع الضغوط إلى الأعلى تساوي ضغط المبخر 4.8 بار مضافاً إليه ضغط النابض الذي مقداره 1.3 بار، أي أن ضغط البصلة يجب أن يساوي 6.1 بار، ومن الجدول (1-4) نلاحظ أن درجة حرارة التحميص ستكون بحدود 12°C، وهي قيمة كبيرة ولا تعطي قراءة حقيقية لما يحدث داخل المبخر.



شكل 4-13 ربط المعادل الخارجي بدورة التثليج وضغوط ودرجة حرارة التشبع للصمام

جدول 4-1 درجة حرارة التشبع المناظرة لضغوط التشبع لمائع التثليج R-22

ضغط التشبع Bar	درجة حرارة التشبع °C
0.04	40–
0.31	35–
0.62	30–
0.99	25–
1.86	20–
1.96	15–
2.51	10–
3.17	5–
3.93	0
4.79	5
5.76	10
6.84	15
8.04	20



شكل 4-14 الضغوط المسلطة على بصلة الصمام

تمرين 4-5 التحكم بمقدار تحميص بخار مائع التثليج الخارج من المبخر.

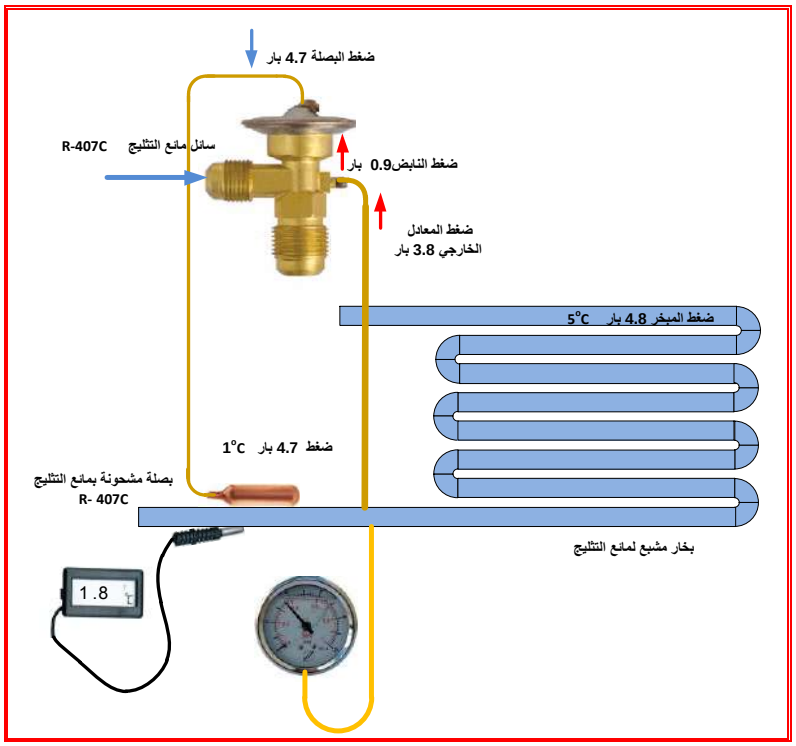
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية التحكم بمقدار تحميص مائع التثليج الخارج من المبخر عن طريق التحكم بضغط نابض صمام التمدد الحراري.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- وحدة تثليج مزودة بصمام تمدد حراري، 2- مفك لوالب، 3- ورقة وقلم.

خطوات العمل:

ينظم صمام التمدد الحراري أثناء تصنيعه عند مقدار تحميص يتراوح من 4 إلى 5°C، ومن دليل صمام التمدد الحراري يمكنك معرفة كيفية زيادة درجة حرارة تحميص بخار مائع التثليج، وبعض الشركات تحدد مقدار التحميص لدورة واحدة للولب التحكم، فمثلاً إحدى الشركات تحدد أن الدورة الكاملة للولب التحكم بضغط النابض تحقق تحميص مقداره 4°C، أي إن لكل ربع دورة تحميصاً مقداره 1°C، ويمكن أن نطبق التمرين الآتي لتحديد مقدار تحميص بخار مائع التثليج الخارج من المبخر:-

1. يثبت مقياس ضغط عند موقع المعادل الخارجي، وفي حال عدم وجود مقياس ضغط يثبت تقسيم بشكل حرف T عند اتصال المعادل الخارجي بخط السحب، كما مبين في الشكل (4-15).
2. يتم تثبيت مقياس درجة حرارة أسفل الأنبوب الذي يحتوي البصلة، ويجب عزله بعزل حراري كي نبعد تأثيرات درجة حرارة الجو عن متحسس المحرار.
3. ابدأ بقراءة ضغط مقياس الضغط وليكن بحدود 3.8 بار.
4. إقرأ درجة حرارة المحرار ولتكن 1°C.
5. من جدول تشبع مائع التثليج R-407C المبين في الجدول(4-2) نستخرج ما يأتي:
   - **درجة حرارة تشبع بخار مائع التثليج عند ضغط 3.8 بار تساوي (5°C-).**
   - **ضغط تشبع بصلة الصمام والتي هي عند 1°C، تساوي 4.7 بار.**
6. على هذا الأساس يكون مقدار تحميص بخار مائع التثليج الخارج من المبخر يساوي
$$1 - (-5) = 6°C$$
7. ضغط النابض يساوي $4.7 - 3.8 = 0.9\ Bar$



شكل 4-15 طريقة معايرة صمام التمدد الحراري

تطبيق للشكل والقراءات أعلاه:

- اضبط درجة حرارة التحميص لبخار مائع التثليج من النوع R-407C عند درجة حرارة مقدارها 10°C عن طريق التحكم بضغط النابض.
- لف لولب التحكم لفة واحدة باتجاه عقرب الساعة، وانتظر لمدة 15 دقيقة وخذ قراءة مقياس درجة الحرارة ولتكن 5°C.
- من الجدول (4-2) وعند درجة حرارة مقدارها 3°س نلاحظ أن الضغط يساوي 5 بار.
- درجة حرارة تشبع بخار مائع التثليج عند ضغط 3.8 بار تساوي(5°C-).
- مقدار التحميص سيساوي $3 - (-5) = 8°C$
- ضغط النابض يساوي $5 - 3.8 = 1.2\ Bar$
- لايزال التحميص بعيداً عما هو مطلوب.
- اعد لف لولب التحكم وانتظر 15 دقيقة إلى أن تحصل قراءة لدرجة الحرارة تساوي 5°C عند موقع البصلة.
- مقدار التحميص يساوي $5 - (-5) = 10°C$
- ضغط النابض يساوي $5.4 - 3.8 = 1.6\ Bar$ (استخرج الضغط 5.4 بار من الجدول (4-2) عند درجة حرارة تشبع تساوي 5°C).

جدول 4-2 علاقة درجة حرارة التشبع بضغط التشبع لمائع التثليج R-407C

(Bar) P	(℃) T	(Bar) P	(℃) T	(Bar) P	(℃) T
11.9	31.0	4.5	0.0	1.4	-30.0
12.2	32.0	4.7	1.0	1.4	-29.0
12.6	33.0	4.8	2.0	1.5	-28.0
12.9	34.0	5.0	3.0	1.6	-27.0
13.3	35.0	5.2	4.0	1.6	-26.0
13.6	36.0	5.4	5.0	1.7	-25.0
14.0	37.0	5.5	6.0	1.8	-24.0
14.4	38.0	5.7	7.0	1.9	-23.0
14.8	39.0	5.9	8.0	1.9	-22.0
15.2	40.0	6.3	10.0	2.0	-21.0
15.6	41.0	6.5	11.0	2.1	-20.0
16.0	42.0	6.7	12.0	2.2	-19.0
16.4	43.0	7.0	13.0	2.3	-18.0
16.8	44.0	7.2	14.0	2.4	-17.0
17.3	45.0	7.4	15.0	2.5	-16.0
17.7	46.0	7.6	16.0	2.6	-15.0
18.2	47.0	7.9	17.0	2.7	-14.0
18.6	48.0	8.1	18.0	2.8	-13.0
19.1	49.0	8.4	19.0	2.9	-12.0
19.6	50.0	8.6	20.0	3.0	-11.0
20.1	51.0	8.9	21.0	3.1	-10.0
20.6	52.0	9.2	22.0	3.3	-9.0
21.1	53.0	9.4	23.0	3.4	-8.0
21.6	54.0	9.7	24.0	3.5	-7.0
22.2	55.0	10.0	25.0	3.6	-6.0
22.7	56.0	10.3	26.0	3.8	-5.0
23.2	57.0	10.6	27.0	3.9	-4.0
23.8	58.0	10.9	28.0	4.1	-3.0
24.4	59.0	11.2	29.0	4.2	-2.0
25.0	60.0	11.6	30.0	4.4	-1.0

4-3-2 فتح صمام التمدد الحراري

يتم في البدء سحب شحنة مائع التثليج من دورة التثليج بواسطة منظومة استرجاع مائع التثليج، ومن ثم التأكد من أن ضغط دورة التثليج مساوٍ للضغط الجوي، ثم نقوم بفتح بصلة الصمام من على خط السحب بعناية، كما في التمرين التالي:

تمرين 4-6 فتح صمام تمدد حراري

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية فتح صمام تمدد حراري ذي معادل خارجي.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- صمام تمدد حراري ذو معادل خارجي، 2- عُدة كاملة.

خطوات العمل:

1- يبين الشكل (4-16) نوع صمام التمدد حيث ترمز الحروف RCVE إلى سعة الصمام والرقم 4 يشير إلى أن سعة الصمام هي 4 طن، والحرفين GA كما مبين في الشكل(4-16-1) إلى انه يستخدم في تطبيقات التكييف وليس التثليج.

2- في البدء يتم فتح الجزء الأكثر عطباً، وهو رأس الصمام المتصل بالأنبوب الشعري وبصلة الصمام، كما مبين في الشكل(4-16-2).

3- يتم رفع راس الصمام كما مبين في الشكل (4-16-3)

4- أبدأ من اسفل الصمام الذي يمثل غطاء لولب التحكم لضغط النابض الذي يؤثر بدوره على مقدار تحميص بخار مائع التثليج الخارج من المبخر.كما في الشكل(4-16-4).

5- يبين الشكل (4-16-5) لولب التحكم بضغط النابض بعد رفع الغطاء عنه.

6- في الخطوة التالية، قم بفتح الجزء العلوي للصمام عن الجزء السفلي كما في الشكل (4-16-6).

7- نرفع الجزء السفلي من جسم الصمام بعناية.كما في الشكل (4-16-7) والشكل (4-16-8).

8- يلاحظ من الأشكال (4-16-9) إلى (4-16-11) أن الجزء السفلي للصمام يحتوي على قاعدة إبرة الصمام والنابض الذي يتم التحكم بمقدار التحميص.

9- يحتوي الجزء العلوي للصمام على إبرة الصمام التي تتحكم بمقدار تدفق مائع التثليج. ويلاحظ من الشكل (4-16-12) أن إبرة الصمام تحتوي على نابض ثان يمكن من خلاله التحكم الثانوي لتدفق مائع التثليج.

10. يتم إعادة تركيب الصمام بعكس خطوات الفتح، أي الجزء الذي تم رفعه أخيراً يربط أولاً.

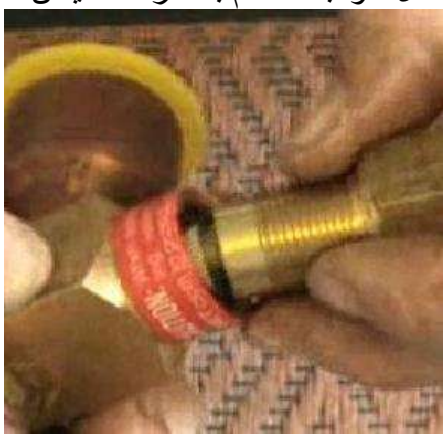
1- نوع صمام التمدد الحراري

2- فتح راس الصمام أولاً

3- رفع رأس الصمام والبصلة معاً

4- فتح غطاء لولب التحكم بالتحميص

5- لولب التحكم بمقدار التحميص



6- فتح جسم الصمام

7- رفع الجزء السفلي من جسم الصمام

8- مكونات الجزء السفلي من جسم الصمام

9- سحب قاعدة إبرة الصمام

10- سحب النابض من الجزء السفلي للصمام

11- استخراج إبرة الصمام من الجزء العلوي

12- إبرة الصمام قابلة للانضغاط

شكل 4-16 فتح صمام تمدد حراري

4-3-3 اختيار صمام التمدد الحراري

لغرض تحقيق الاختيار المناسب لصمام التمدد الحراري ينبغي معرفة الأمور التالية لدورة التثليج:

- نوع مائع التثليج، سعة المبخر Q_e، درجة حرارة المبخر T_e وضغط المبخر P_e ، أقل درجة حرارة تكثيف T_c وأقل ضغط تكثيف P_c، درجة حرارة سائل مائع التثليج T_1 قبل صمام التمدد، هبوط الضغط في خط السائل ΔP

بعد معرفة المتغيرات أعلاه نتبع الخطوات الآتية التي سوف تساعد في اختيار صمام التمدد الحراري.

1. نجد مقدار خسائر الضغط خلال صمام التمدد من العلاقة الآتية:

$$\Delta P_{tot} = P_C - (P_e + \Delta P)$$

2. نجد صمام التمدد المناسب، نستعمل سعة المبخر المطلوب Qe، لاختيار صمام التمدد عند درجة حرارة المبخر المحددة، وفي حال الحاجة إلى تصحيح في حال وجود تبريد مفرط لسائل مائع التثليج الداخل إلى صمام التمدد، ويمكن حساب مقدار التبريد المفرط نستخدم المعادلة الآتية:

$$\Delta T_{sub} = T_C - T_1$$

ثم نجد معامل التصحيح لمقدار الأفراط في التبريد من جدول تصحيح الأفراط في تبريد سائل مائع التثليج F_{sub}من خلال قيمة مقدار الأفراط في التبريد ΔT_{sub}. ثم نستعمل المعادلة الآتية لغرض حساب حرارة الأفراط في التبريد:

$$\Delta Q_{sub} = \frac{Q_e}{F_{sub}}$$

3. ايجاد فتحة التصريف للصمام: نستعمل قيمة هبوط الضغط ΔP خلال صمام التمدد، و درجة حرارة المبخر ثم احسب سعة المبخر، ومن خلال المعطيات الثلاثة أعلاه نختار فتحة التصريف لصمام التمدد الحراري من خلال جداول الشركة المصنعة.
4. تحديد شحنة صمام التمدد الحراري: حدد نوع مائع التثليج الذي سوف يعمل عليه الصمام MOP، والضغط الأقصى لسائل مائع التثليج والضغط الأعلى لبخار مائع التثليج MOP ومقدار درجات الحرارة، ودرجة الحرارة الاعتيادية أو درجة الحرارة الدنيا.
5. حدد ما إذا كانت هنالك حاجة إلى معادل خارجي أم لا، كما تم ذكره سابقاً يستعمل المعادل الخارجي إذا كان هنالك هبوط كبير في الضغط خلال المبخر، أي أن هنالك فرقا ملحوظاً بين ضغط الدخول وضغط الخروج من المبخر، حيث إن فرق الضغط أعلاه يساوي 14 كيلو باسكال تقريباً. وأخيراً حدد طريقة ربط صمام التمدد الحراري بالدورة، أو نوع وحجم وصلة الربط المستخدمة مع الصمام.
6. حدد نوع الصمام كما يلي:

- إذا تم اختيار نوع الربط بواسطة صامولة، نحدد ما يأتي، طريقة تجميع جسم الصمام من الجدولين (TABLE 1a & TABLE 1b)، نوع فتحة التصريف مع المرشح جدول (TABLE 2)
- إذا اختيرت طريقة الربط بواسطة اللحام، جدول (TABLE 3)

(الجداول المذكورة اعلاه موجودة في نهاية الفصل).

تمرين 4-7 اختيار صمام تمدد حراري

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية اختيار صمام تمدد حراري حسب معطيات معينة.

المواد والعُدد المطلوبة: كراس مواصفات صمامات التمدد الحراري

خطوات العمل:

❖ نحدد المعطيات التي لدينا ولتكن:

نوع مائع التثليج	R-134a
سعة المبخر Q_e	6 kW
درجة حرارة المبخر T_e	-10 °C
أقل درجة حرارة تكثيف T_c	30 °C
درجة حرارة سائل مائع التثليج T_1	20 °C
خسائر الضغط في خط السائل ΔP	1 Bar

❖ إيجاد مقدار هبوط الضغط خلال الصمام:

1. نجد مقدار خسائر الضغط خلال صمام التمدد من العلاقة التالية:

$$\Delta P_{tot} = P_C - (P_e + P)$$

من مخطط الضغط المحتوى الحراري لمائع التثليج R-134a نجد أن ضغط التشبع المناظر لدرجة حرارة تكثيف مقدارها 30°C هو 6.71 بار. وعند درجة حرارة (10°C- يكون ضغط التشبع بحدود 2 بار)

$$\Delta P_{tot} = 6.71 - (2 + 1) = 3.71\ bar$$

2. نجد صمام التمدد المناسب، نستعمل سعة المبخر المطلوب Q_e، لاختيار صمام التمدد عند درجة حرارة المبخر المحددة، وفي حال الحاجة إلى تصحيح عند وجود تبريد مفرط لسائل مائع التثليج الداخل إلى صمام التمدد، يمكن حساب مقدار التبريد المفرط من المعادلة التالية:

$$\Delta T_{sub} = T_C - T_1$$

$$\Delta T_{sub} = 30 - 20 = 10^{o}C$$

ثم نجد معامل التصحيح لمقدار الأفراط في التبريد من جدول تصحيح جدول (TABLE 5b) الأفراط في تبريد سائل مائع التثليج F_{sub} من خلال قيمة مقدار الأفراط في التبريد ΔT_{sub}. وتساوي 1.08= F_{sub}

نستعمل المعادلة الآتية لغرض حساب حرارة الأفراط في التبريد:

$$\Delta Q_{sub} = \frac{Q_e}{F_{sub}}$$

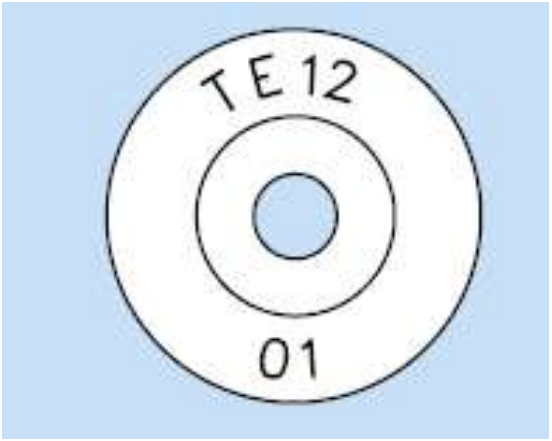
$$\Delta Q_{sub} = \frac{6}{1.08} = 5.55\ kW$$

3. إيجاد فتحة التصريف للصمام: نستعمل قيمة هبوط الضغط ΔP_{tot} خلال صمام التمدد، ودرجة حرارة المبخر ثم أحسب سعة المبخر، ومن خلال المعطيات الثلاثة أعلاه نختار فتحة التصريف لصمام التمدد الحراري من خلال جداول الشركة المصنعة. من الجدول (TABLE 5a) نختار نوع الصمام، ومن ملاحظة الجدول أعلاه نلاحظ أن قيم ΔP_{tot}= 3.71 Bar لا تنطبق مع قيم الجدول أعلاه حيث أن القيمتين الأقرب في الجدول هما 2 و 4 بار، لذا نختار الأقرب وهي 4 بار، وكذلك بالنسبة لقيمة ΔQ_{sub}= 5.55 kW لا تنطبق حيث إن القيمتين الأقرب تحت عمود هبوط الضغط 4 بار هما 4.6 و5.8 كيلوواط، لذا نختار القيمة 5.8 كيلوواط، وعلى هذا الأساس نختار صمام التمدد الحراري من النوع 2205.

4. من الجدول 2 نستطيع أن نحدد سعة فتحة التصريف كما يأتي (8.6 كيلوواط)

- قراءة نوع صمام التمدد الحراري: غالباً ما توضع رموز عالمية على رأس صمام التمدد الحراري كما مبين في الشكل (4-17) الذي يبين البيانات الموجودة على رأس صمام التمدد الحراري التي يمكن تلخيصها كما يأتي:

أ- رأس صمام التمدد الحراري



ب- فتحة تصريف الصمام

شكل 4-17 مواصفات صمام التمدد الحراري وفتحة التصريف.

من الشكل 4-17 أ يمكن تعريف الرموز على الصمام كما يأتي:

TEX	**صمام تمدد أما الحرف X فيعني أن مائع التثليج هو R-22** في حين أن الحروف أدناه ترمز إلى موائع التثليج المقابلة لها R-407C :Z R134a :N R-410A:L R404A/R507 :S
MOP 100/+15°C	أقصى ضغط عامل هو عند درجة حرارة 15°س
-40/+10°C	مدى درجات الحرارة التي يمكن الحصول عليها
PS 28 bar/MWP400 psig	اقصى ضغط فُحص الصمام على أساسه هو 28 بار أو 400 باوند لكل أنج مربع
أما بالنسبة لفتحة التصريف المبينة في الشكل 4-17 ب، فيمكن تعريفها كما يأتي	
TE-12	نوع صمام التمدد يتوافق مع فتحة التصريف
01	قطر فتحة التصريف

تمرين 4-8 تحديد موقع بصلة صمام التمدد الحراري.

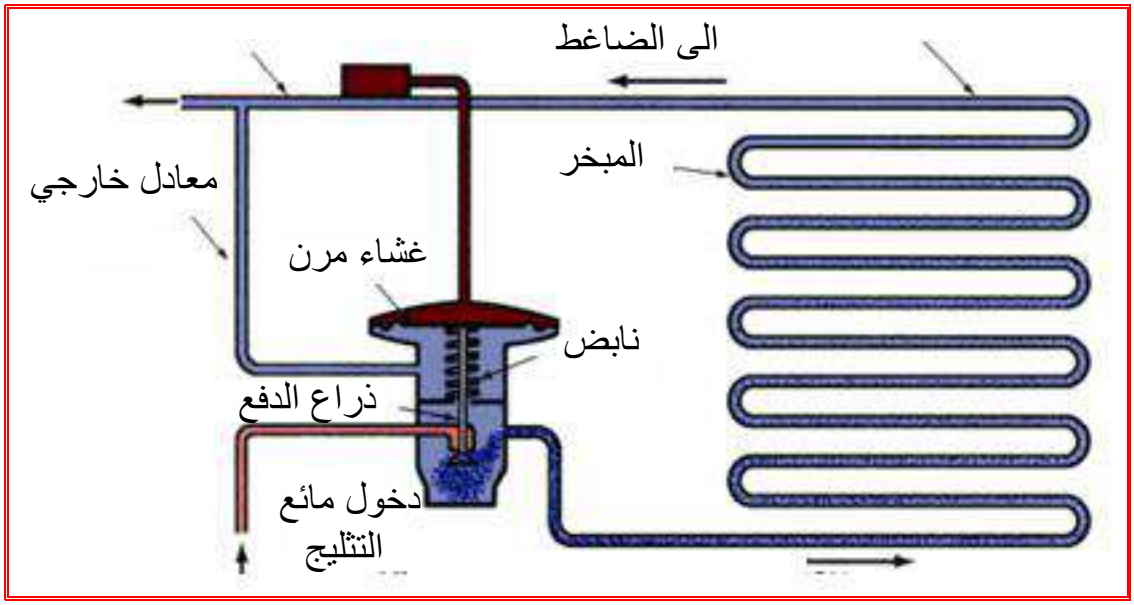
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على اختيار المكان المناسب لربط بصلة صمام التمدد الحراري.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- صمام تمدد حراري، 2- منظومة تجميد.

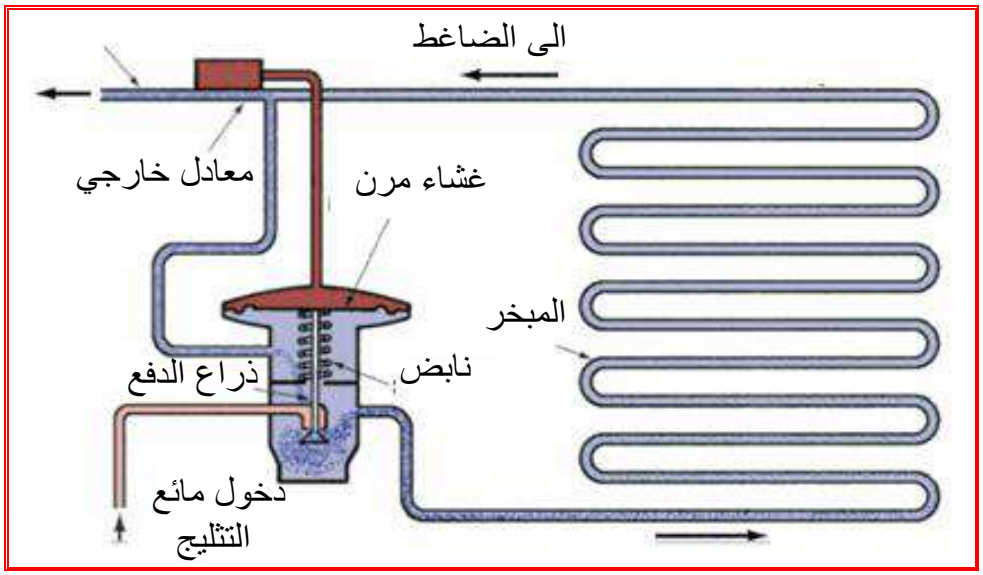
يعتبر موقع بصلة الصمام في خط السحب لدورة التثليج عاملا مهما جداً، إذ إنه من المهم اتباع تعليمات الشركة المصنعة، وفي حال عدم وجود دليل الشركة المصنعة يمكن اتباع الخطوات الآتية:

1. نظفْ أنبوب خط السحب الذي ستنصب عليه البصلة بشكل جيد.
2. يجب أن يكون هنالك تماس تام بين سطح البصلة والجزء الذي يتم تنظيفه.
3. تثبت البصلة على بعد 3 إلى 5 سم قبل أنبوب المعادل الخارجي، كما مبين في الشكل (4-18أ) و(4-18ب).
4. اعزلْ بصلة الصمام عن الظروف الخارجية بعازل حراري مناسب.
5. يمكن نصب بصلة الصمام بشكل عمودي على خط السحب، ويجب عدم وضعها أسفل أنبوب السحب مطلقاً، حيث أن الزيت المتجمع أسفل أنبوب السحب يمكن أن يعطي قراءة خاطئة.
6. اتبعْ الخطوات الآتية لاختيار موقع بصلة الصمام، كما في الشكل (4-19)

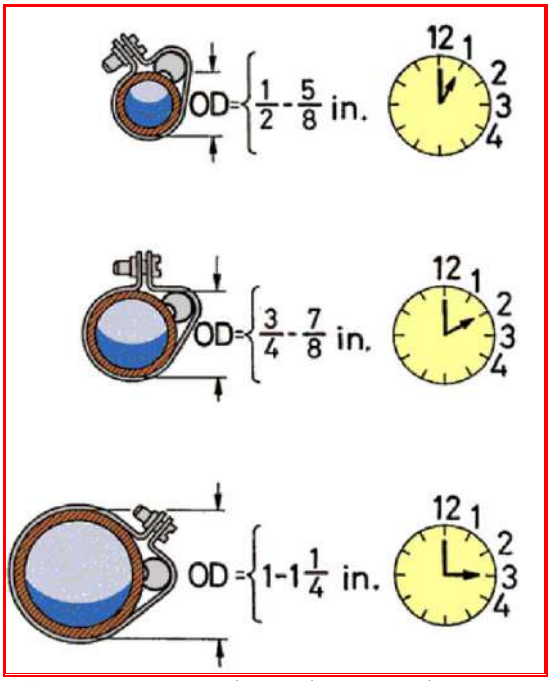
- إذا كان قطر الأنبوب الخارجي يتراوح بين ½ إلى 5/8 إنج، تنصب البصلة عند الساعة الواحدة.
- إذا كان قطر الأنبوب الخارجي يتراوح بين ¾ إلى 7/8 إنج، تنصب البصلة عند الساعة الثانية.
- إذا كان قطر الأنبوب الخارجي يتراوح بين 1 إلى 1 ¼ إنج، تنصب البصلة عند الساعة الثالثة.



شكل 4-18 أ الطريقة المثلى لربط بصلة صمام التمدد الحراري وتكون قبل المعادل الخارجي



شكل 4-18 ب ربط غير مناسب حيث أن أي تسرب في شحنة مائع التثليج تؤدي إلى غمر المبخر بمائع التثليج



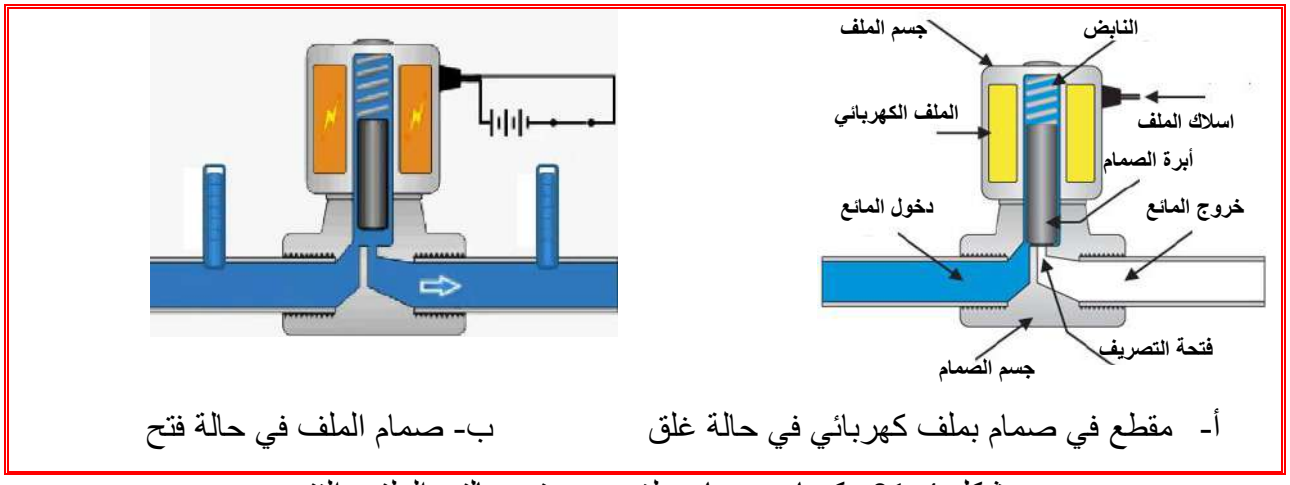
شكل 4-19 وضعية بصلة صمام التمدد الحراري حسب قطر أنبوب السحب

4-4 صمام بملف كهربائي Solenoid Valve

الصمام بملف كهربائي هو صمام يتحكم بمرور السوائل والغازات، ويتم التحكم بفتح وغلق الصمام عن طريق ملف كهربائي، فعند مرور التيار الكهربائي في ملف الصمام يتكون مجال مغناطيسي يعمل على سحب إبرة الصمام، فإذا كان الصمام مغلقاً اعتيادياً (NC) فإن المجال المغناطيسي يعمل على فتح الصمام، أما إذا كان الصمام مفتوحاً اعتيادياً (NO) فإن مرور التيار يعمل على غلق الصمام، ويبين الشكل (4-20) هذا الصمام الذي يتكون كما مبين في الشكل (4-21- أ)، من جسم الصمام الذي يحتوي على فتحة التصريف والملف الكهربائي وجسم الملف الكهربائي وإبرة الصمام والنابض، ويبين الشكل (4-21 ب) الصمام عند مرور التيار الكهربائي في ملف الصمام وارتفاع إبرة الصمام.

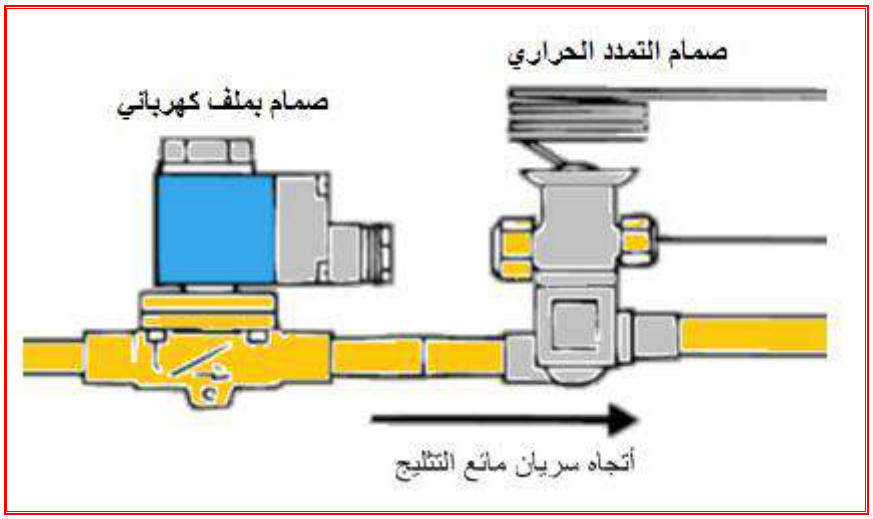
ويربط هذا النوع من الصمامات في دورة التثليج قبل صمام التمدد الحراري في خط السائل، كما مبين في الشكل (4-22)، إذ يستعمل لمنع تدفق مائع التثليج إلى المبخر أثناء توقف الضاغط، ويستعمل أحياناً للسيطرة على عمل الضاغط عن طريق ربطه بالمتحسس الحراري، حيث يعمل المتحسس الحراري على إيصال التيار الكهربائي إلى صمام الملف المفتوح اعتيادياً، مما يؤدي إلى غلق الصمام، وعند غلق الصمام يبدأ قاطع وقاية الضغط الواطئ بتحسس هبوط الضغط، وبدوره يرسل إشارة إلى قطع التيار الكهربائي عن الضاغط. وعند ارتفاع درجة حرارة المبخر يقوم المنظم الحراري بقطع التيار الكهربائي عن صمام الملف مما يؤدي إلى فتح المجال أمام بخار مائع التثليج، وعند مرور بخار مائع التثليج يقوم قاطع وقاية الضغط الواطئ بتحسس ارتفاع ضغط السحب مما يؤدي إلى إعادة الضاغط إلى العمل مرة أخرى.

شكل 4-20 صمام بملف كهربائي



أ- مقطع في صمام بملف كهربائي في حالة غلق ب- صمام الملف في حالة فتح

شكل 4-21 مكونات صمام بملف مبين فيه حالتي الغلق والفتح



شكل 4-22 طريقة ربط صمام الملف في دورة التثليج

4-4-1 فتح صمام بملف كهربائي

يراعي في فتح صمام بملف كهربائي الدقة في العمل، حيث إن ملف الصمام يكون حساساً جداً، لذا يجب رفعه بعناية.

تمرين 4-9 فتح صمام بملف كهربائي

الهدف من التمرين

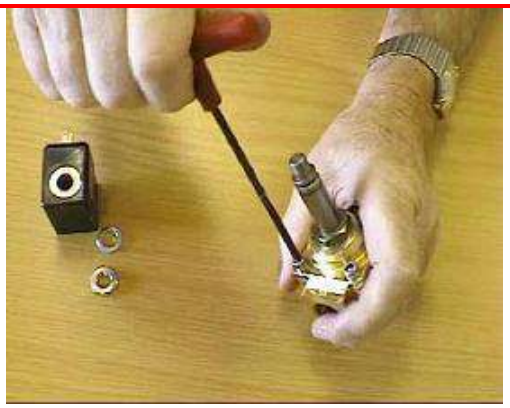
تدريب الطالب على كيفية فتح وصيانة صمام الملف.

المواد والعُدد المطلوبة

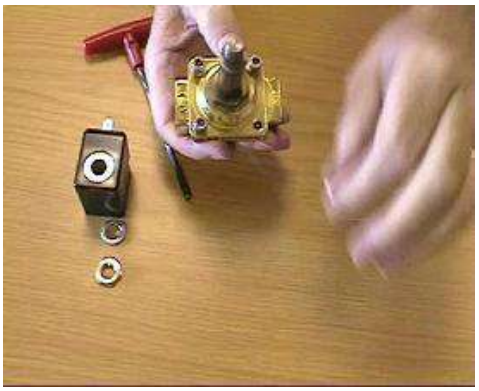
1- صمام بملف كهربائي، 2- أداة فتح تناسب لوالب الصمام.

خطوات العمل:

1. يكون جسم الملف غير مثبت بلوالب عادة، لذا يجب سحبه ببطء وعناية.
2. استعمل أداة فتح مناسبة لفتح اللوالب الأربعة التي تجمع نصفي الصمام، كما في الشكل (4-23-1).
3. ارفع اللوالب من جسم الصمام، كما مبين في الشكل (4-23-2).
4. افتح جزئي الصمام بعناية تجنباً لتلف موانع التسرب المطاطية، كما مبين في الشكل (4-23-3).
5. اسحب إبرة الصمام بعناية من الجزء العلوي للصمام، كما مبين في الشكل (4-23-4).
6. التأكد من سلامة النابض العلوي لإبرة الصمام، كما مبين في الشكل (4-23-5).
7. التأكد من النابض الرئيسي لإبرة الصمام، كما مبين في الشكل (4-23-6).



1- فتح لوالب الصمام

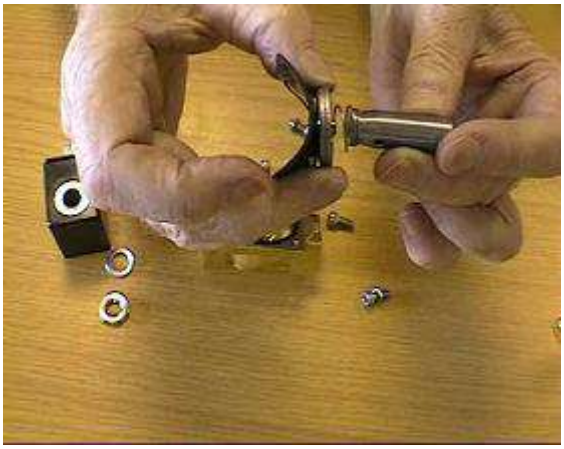


2- إزالة اللوالب من على جسم الصمام

3- فتح قطعتي الصمام

4- سحب إبرة الصمام من جسم الصمام

5- سحب النابض الصغير من أعلى إبرة الصمام



6- التأكد من سلامة نابض إبرة الصمام

شكل 4-23 فتح صمام بملف كهربائي

تمرين 4-10 فحص ملف صمام بملف كهربائي

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على تشخيص عطل ملف صمام بملف كهربائي.

المواد والعُدد المطلوبة:

1- مفك لوالب، 2- مقياس متعدد الأغراض، 3- صمام بملف كهربائي.

خطوات العمل:

1. افصل التيار الكهربائي عن الصمام.
2. افصل الأسلاك التي تصل الملف الكهربائي بالمصدر الكهربائي، ثم افتح الصمام من مكانه بعد التأكد من سحب مائع التثليج بواسطة منظومة استرجاع مائع التثليج، ثم ارفع الملف المغناطيسي.
3. استعمل المقياس متعدد الأغراض، وضعه على نقطة قياس المقاومة الكهربائية وعند قيمة RX-10.
4. المسْ طرفي سلكي الملف الكهربائي بواسطة مجسي المقياس متعدد الأغراض، فإذا حصلت على قراءة فهذا يدل على سلامة الملف. أما اذا حصلت على قراءة للجهاز تساوي صفرا فهذا يدل على حصول دائرة قصر في الملف، إما اذا لم تحصل على قراءة فهذا يدل على حصول قطع في ملف الصمام.
5. في حال سلامة الملف يعمل على فتح الصمام كما تعلمت سابقاً لغرض التأكد من عدم وجود أوساخ أو صدأ يمنع إبرة الصمام من الحركة.

5-4 صمامات السيطرة على معدل تدفق الماء إلى المكثف

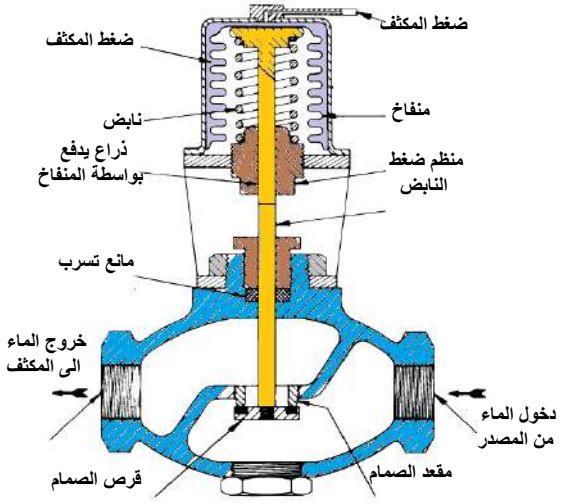
وتكون على نوعين، الأول يتم التحكم فيه عن طريق قياس درجة حرارة الماء الخارج من المكثف أي يعتمد على درجة الحرارة في السيطرة على تدفق الماء الداخل إلى المكثفات المبردة بالماء، كما مبين في الشكل (4-24). أما الثاني فيعمل عن طريق تحسس ضغط الدفع للضاغط، ويُعد النوع الثاني الأكثر استعمالاً في مجال التكييف والتثليج. يتكون صمام المكثف الذي يعمل بالضغط من منفاخ يرتبط بأنبوب دفع الضاغط بواسطة أنبوب شعري، ونابض وجسم الصمام الذي يحتوي على فتحة التصريف، ويتحكم بفتحة بالتصريف عمود مرتبط بالمنفاخ يتحرك إلى الأعلى والأسفل بفعل تقلص أو تمدد المنفاخ، كما مبين في الشكل (4-25).

يُعد هذا الصمام الأكثر استعمالاً، حيث يتكون رأس الصمام من منفاخ يرتبط مباشرة بضغط الدفع للضاغط عن طريق أنبوب شعري، كما مبين في الشكل (4-26)، فعند ارتفاع ضغط الدفع يتحسس المنفاخ الزيادة في الضغط، مما يؤدي إلى زيادة الضغط على عمود المنفاخ مؤدياً إلى توسيع فتحة دخول الماء من المصدر ومن ثم زيادة تدفق الماء إلى المكثف. إما عند انخفاض ضغط الدفع يقل الضغط المسلط على المنفاخ مما يؤدي إلى تقليل معدل تدفق الماء، وعند توقف الضاغط عن العمل ينخفض ضغط المكثف بشكل كبير مما يؤدي إلى قطع تدفق الماء إلى المكثف.

ملاحظة: لا يجوز استعمال ماء من مصدر في حالة المنظومات ذات السعات المتوسطة والكبيرة بل يستعمل برج تبريد لغرض إعادة استعمال الماء لتبريد المكثف.

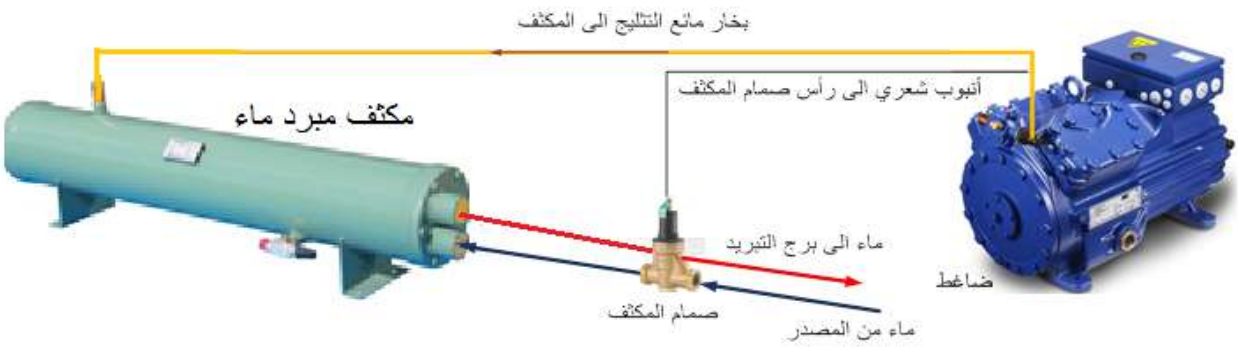
شكل 4-24 صمام ماء المكثف يعمل على أساس درجة الحرارة

أ- صمام السيطرة على تدفق ماء المكثف الذي يعمل بالضغط



ب- تفاصيل صمام السيطرة على تدفق الماء

شكل 4-25 صمام السيطرة على تدفق ماء المكثف الذي يعمل بالضغط



شكل 4-26 طريقة ربط صمام السيطرة على تدفق الماء الذي يعمل بالضغط

الجداول الخاصة باختيار صمام التمدد الحراري

TABLE 1a: General Characteristics of Body Assemblies of Liquid Charge Thermostatic Expansion Valves

Catalogue number		Connections							Refrigerant	Evaporating Temperature Range [°C]	MOP	Max bulb temperature [°C]	TS [°C]		PS [bar]	Risk Category according to PED
		SAE Flare			ODS [mm]		ODS [in]									
Internal equalizer	external equalizer	IN	OUT	Equal.	OUT	Equal.	OUT	Equal.					min	max		
2210/4			1/2"	–	–	–	–	–								
2210/M12S	–		–	–	12	–	–	–								
2210/4S			–	–	–	–	1/2"	–	R22							
	2210/4E		1/2"	1/4"	–	–	–	–	R407C							
–	2210/M12SE		–	–	12	6	–	–								
	2210/4SE		–	–	–	–	1/2"	1/4"								
2220/4			1/2"	–	–	–	–	–								
2220/M12S	–		–	–	12	–	–	–								
2220/4S		3/8"	–	–	–	–	1/2"	–	R134a	- 40 › + 10	without	100 (1)	-60	+120	34	Art. 3.3
	2220/4E		1/2"	1/4"	–	–	–	–								
–	2220/M12SE		–	–	12	6	–	–								
	2220/4SE		–	–	–	–	1/2"	1/4"								
2230/4			1/2"	–	–	–	–	–								
2230/M12S	–		–	–	12	–	–	–								
2230/4S			–	–	–	–	1/2"	–	R404A R507							
	2230/4E		1/2"	1/4"	–	–	–	–								
–	2230/M12SE		–	–	12	6	–	–								
	2230/4SE		–	–	–	–	1/2"	1/4"								

(1) When valve is installed. 60 °C with element not mounted

TABLE 1b: General Characteristics of Body Assemblies of MOP Charge Thermostatic Expansion Valves

Catalogue number		Connections							Refrigerant	Evaporating temperature Range [°C]	MOP	Max bulb temperature [°C]	TS [°C]		PS [bar]	Risk Category according to PED
		SAE Flare			ODS [mm]		ODS [in]									
Internal equalizer	external equalizer	IN	OUT	Equal.	OUT	Equal.	OUT	Equal.					min	max		
2211/4			1/2"	–	–	–	–	–								
2211/M12S	–		–	–	12	–	–	–								
2211/4S			–	–	–	–	1/2"	–	R22		+ 15 °C					
	2211/4E		1/2"	1/4"	–	–	–	–	R407C		(95 psi)					
–	2211/M12SE		–	–	12	6	–	–								
	2211/4SE		–	–	–	–	1/2"	1/4"								
2221/4			1/2"	–	–	–	–	–								
2221/M12S	–		–	–	12	–	–	–		- 40 ›						
2221/4S			–	–	–	–	1/2"	–	R134a	+ 10	+ 15 °C					
	2221/4E		1/2"	1/4"	–	–	–	–			(55 psi)					
–	2221/M12SE		–	–	12	6	–	–								
	2221/4SE	3/8"	–	–	–	–	1/2"	1/4"				100 (1)	-60	+120	34	Art. 3.3
2231/4			1/2"	–	–	–	–	–								
2231/M12S	–		–	–	12	–	–	–								
2231/4S			–	–	–	–	1/2"	–			+ 15 °C					
	2231/4E		1/2"	1/4"	–	–	–	–			(120 psi)					
–	2231/M12SE		–	–	12	6	–	–								
	2231/4SE		–	–	–	–	1/2"	1/4"	R404A							
2234/4			1/2"	–	–	–	–	–	R507							
2234/M12S	–		–	–	12	–	–	–								
2234/4S			–	–	–	–	1/2"	–		- 60 ›	- 20 °C					
	2234/4E		1/2"	1/4"	–	–	–	–		- 25	(30 psi)					
–	2234/M12SE		–	–	12	6	–	–								
	2234/4SE		–	–	–	–	1/2"	1/4"								

TABLE 2: Orifice Assemblies - Rated Capacities in kW

Catalogue number		Evaporating Temperature Range [°C]			
		- 40 › + 10			-60› -25
Valves with SAE Flare connections	Valves with ODS connections	R22 R407C	R134a	R404A R507	R404A R507
220X	220X/S	0,5	0,4	0,38	0,38
2200	2200/S	1,0	0,9	0,7	0,7
2201	2201/S	2,5	1,8	1,6	1,6
2202	2202/S	3,5	2,6	2,1	2,1
2203	2203/S	5,2	4,6	4,2	3,5
2204	2204/S	8,0	6,7	6,0	4,9
2205	2205/S	10,5	8,6	7,7	6,0
2206	2206/S	15,5	10,5	9,1	6,6

TABLE 3: Solder adapters

Catalogue number	ODS Connections	
	[in]	[mm]
2271/M6S	–	6
2271/2S	1/4"	–
2271/3S	3/8"	–
2271/M10S	–	10

TABLE 4a: Refrigerant R22/R407C - Capacities in kW for temperature range - 40 °C > +10 °C

Orifice code	Pressure drop across valve [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating temperature = +10 °C								
220X	0,37	0,48	0,55	0,60	0,63	0,65	0,65	0,67
2200	0,87	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5
2201	2,2	2,8	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,8
2202	3,0	4,0	4,7	5,1	5,4	5,6	5,8	5,8
2203	5,4	7,2	8,3	9,1	9,7	10,0	10,2	10,3
2204	8,1	10,8	12,5	13,8	14,5	15,0	15,5	15,5
2205	10,2	13,6	15,7	17,2	18,3	18,9	19,3	19,5
2206	12,6	16,7	19,3	21,0	22,3	23,1	23,5	23,7
Evaporating temperature = -10 °C								
220X	0,37	0,47	0,53	0,57	0,60	0,63	0,64	0,64
2200	0,79	0,96	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3
2201	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
2202	2,2	2,9	3,3	3,6	3,8	4,0	4,1	4,1
2203	3,9	5,1	5,9	6,4	6,8	7,1	7,3	7,3
2204	5,8	7,6	8,7	9,5	10,1	10,5	10,8	10,9
2205	7,4	9,6	11,0	12,0	12,8	13,3	13,6	13,8
2206	9,1	11,6	13,5	14,7	15,6	16,2	16,6	16,8
Evaporating temperature = -30 °C								
220X		0,40	0,45	0,49	0,52	0,55	0,56	0,57
2200		0,79	0,9	0,96	1,0	1,1	1,1	1,1
2201		1,4	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9
2202		1,9	2,2	2,7	2,5	2,6	2,6	2,7
2203		3,4	3,9	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8
2204		5,0	5,7	6,2	6,6	6,8	7,0	7,1
2205		6,4	7,2	7,8	8,3	8,6	8,8	9,0
2206		7,8	8,8	9,6	10,1	10,5	10,8	11,0

Orifice code	Pressure drop across valve [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating temperature = 0 °C								
220X	0,37	0,48	0,55	0,59	0,63	0,65	0,66	0,66
2200	0,84	1,0	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
2201	1,9	2,4	2,7	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3
2202	2,6	3,4	4,0	4,3	4,6	4,8	4,9	5,0
2203	4,6	6,1	7,1	7,8	8,2	8,5	8,7	8,8
2204	6,9	9,1	10,5	11,5	12,2	12,7	13,0	13,2
2205	8,8	11,6	13,3	14,6	15,5	16,1	16,4	16,6
2206	10,8	14,2	16,3	17,8	18,9	19,6	20,0	20,2
Evaporating temperature =-20 °C								
220X		0,44	0,50	0,54	0,57	0,59	0,61	0,61
2200		0,88	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
2201		1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,3
2202		2,4	2,7	2,9	3,1	3,2	3,3	3,3
2203		4,2	4,8	5,2	5,5	5,8	5,9	6,0
2204		6,2	7,1	7,7	8,2	8,5	8,7	8,8
2205		7,9	9,0	9,8	10,3	10,8	11,0	11,2
2206		9,6	11,0	11,9	12,6	13,1	13,5	13,7
Evaporating temperature = -40 °C								
220X			0,42	0,45	0,48	0,50	0,52	0,53
2200			0,8	0,86	0,92	0,95	0,98	0,99
2201			1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
2202			1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1
2203			3,1	3,4	3,5	3,7	3,8	3,8
2204			4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
2205			5,8	6,3	6,6	6,9	7,1	7,2
2206			7,1	7,7	8,1	8,4	8,7	8,8

TABLE 4b: Refrigerant R22/R407C - Correction factor for subcooling Δtsub > 4 °C

Δtsub [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Fsub	1,00	1,06	1,11	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,44

TABLE 5a: Refrigerant R134a – Capacities in kW for temperature range - 40 °C > + 10 °C

Orifice code	Pressure drop accross valve [bar]				
	2	4	6	8	10
Evaporating temperature = +10 °C					
220X	0,34	0,43	0,47	0,50	0,51
2200	0,71	0,86	0,93	0,97	0,98
2201	1,5	1,9	2,1	2,2	2,2
2202	2,0	2,6	3,0	3,1	3,2
2203	3,6	4,7	5,3	5,6	5,8
2204	5,4	7,0	7,8	8,3	8,6
2205	6,9	8,9	9,9	10,8	10,9
2206	8,4	10,8	12,1	12,8	13,2
Evaporating temperature = -10 °C					
220X	0,30	0,36	0,43	0,44	0,44
2200	0,59	0,70	0,77	0,81	0,82
2201	1,0	1,3	1,4	1,5	1,5
2202	1,4	1,8	2,0	2,1	2,1
2203	2,5	3,1	3,5	3,7	3,8
2204	3,6	4,6	5,1	5,4	5,6
2205	4,6	5,8	6,5	6,9	7,1
2206	5,7	7,1	8,0	8,4	8,6
Evaporating temperature = -30 °C					
220X	0,25	0,32	0,35	0,37	0,38
2200	0,48	0,55	0,61	0,64	0,64
2201	0,66	0,80	0,88	0,93	0,95
2202	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3
2203	1,6	2,0	2,2	2,3	2,3
2204	2,3	2,9	3,2	3,3	3,4
2205	3,0	3,6	4,0	4,2	4,3
2206	3,6	4,4	4,9	5,2	5,3

Orifice code	Pressure drop accross valve [bar]				
	2	4	6	8	10
Evaporating temperature = 0 °C					
220X	0,33	0,42	0,46	0,47	0,49
2200	0,65	0,78	0,86	0,89	0,91
2201	1,3	1,6	1,7	1,8	1,8
2202	1,7	2,2	2,4	2,6	2,6
2203	3,0	3,9	4,4	4,6	4,7
2204	4,5	5,7	6,4	6,8	7,0
2205	5,7	7,3	8,1	8,6	8,8
2206	7,0	8,9	1,0	10,5	10,8
Evaporating temperature = -20 °C					
220X	0,28	0,35	0,39	0,41	0,42
2200	0,53	0,62	0,69	0,72	0,73
2201	0,81	1,0	1,1	1,2	1,2
2202	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7
2203	2,0	2,5	2,8	2,9	3,0
2204	2,9	3,6	4,0	4,3	4,4
2205	3,7	4,6	5,1	5,4	5,5
2206	4,5	5,6	6,2	6,6	6,8
Evaporating temperature = -40 °C					
220X	0,23	0,28	0,32	0,33	0,34
2200	0,44	0,50	0,54	0,56	0,57
2201	0,54	0,65	0,72	0,78	0,77
2202	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0
2203	1,3	1,6	1,8	1,9	1,9
2204	1,9	2,3	2,6	2,7	2,7
2205	2,4	2,9	3,2	3,5	3,5
2206	3,0	3,6	4,0	4,2	4,3

TABLE 5b: Refrigerant R134a - Correction factor for subcooling Δtsub > 4 °C

Δtsub [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Fsub	1,00	1,08	1,13	1,19	1,25	1,31	1,37	1,42	1,48	1,54

TABLE 6a: Refrigerant R404A/R507 – Capacities in kW for temperature range - 40 °C > + 10 °C

Orifice code	Pressure drop across valve [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating temperature = +10 °C								
220X	0,28	0,35	0,40	0,42	0,43	0,43	0,42	0,41
2200	0,67	0,82	0,90	0,94	0,96	0,96	0,93	0,90
2201	1,70	2,10	2,30	2,42	2,48	2,46	2,41	2,34
2202	2,32	3,00	3,39	3,61	3,73	3,74	3,68	3,59
2203	4,15	5,36	6,03	6,43	6,63	6,66	6,55	6,39
2204	6,24	8,06	9,06	9,66	9,95	9,98	9,81	9,57
2205	7,91	10,17	11,43	12,16	12,53	12,56	12,34	12,03
2206	9,71	12,47	13,98	14,86	15,29	15,31	15,05	14,66
Evaporating temperature = -10 °C								
220X	0,30	0,37	0,40	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41
2200	0,65	0,76	0,82	0,84	0,87	0,87	0,85	0,83
2201	1,31	1,61	1,74	1,81	1,84	1,85	1,84	1,78
2202	1,76	2,24	2,50	2,62	2,69	2,71	2,68	2,60
2203	3,14	4,02	4,47	4,69	4,81	4,84	4,79	4,65
2204	4,66	5,97	6,61	6,95	7,13	7,18	7,11	6,91
2205	5,93	7,57	8,39	8,81	9,02	9,08	8,99	8,73
2206	7,28	9,27	10,26	10,76	11,00	11,08	10,97	10,65
Evaporating temperature = -30 °C								
220X			0,35	0,37	0,36	0,37	0,36	0,35
2200			0,67	0,70	0,70	0,70	0,69	0,67
2201			1,18	1,21	1,23	1,21	1,20	1,17
2202			1,63	1,69	1,71	1,70	1,68	1,64
2203			2,93	3,04	3,07	3,06	3,02	2,93
2204			4,28	4,47	4,52	4,51	4,46	4,35
2205			5,45	5,68	5,74	5,74	5,67	5,52
2206			6,66	6,94	7,02	7,01	6,93	6,75

Orifice code	Pressure drop across valve [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating temperature = 0 °C								
220X	0,30	0,37	0,41	0,42	0,43	0,43	0,43	0,41
2200	0,68	0,80	0,87	0,90	0,92	0,93	0,91	0,87
2201	1,53	1,86	2,04	2,13	2,18	2,18	2,15	2,08
2202	2,06	2,64	2,95	3,13	3,22	3,25	3,21	3,11
2203	3,68	4,72	5,27	5,59	5,75	5,80	5,73	5,55
2204	5,49	7,15	7,86	8,33	8,58	8,64	8,53	8,27
2205	6,97	8,92	9,95	10,52	10,83	10,90	10,76	10,43
2206	8,57	10,93	12,16	12,85	13,21	13,30	13,12	12,72
Evaporating temperature = -20 °C								
220X		0,35	0,38	0,40	0,39	0,40	0,39	0,38
2200		0,70	0,75	0,77	0,79	0,79	0,79	0,76
2201		1,34	1,45	1,50	1,52	1,52	1,51	1,47
2202		1,85	2,04	2,14	2,17	2,18	2,16	2,09
2203		3,32	3,66	3,83	3,89	3,90	3,86	3,75
2204		4,88	5,40	5,64	5,75	5,77	5,71	5,56
2205		6,20	6,86	7,17	7,29	7,31	7,23	7,05
2206		7,60	8,39	8,75	8,91	8,93	8,84	8,61
Evaporating temperature = -40 °C								
220X			0,32	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32
2200			0,60	0,61	0,62	0,61	0,60	0,59
2201			0,92	0,96	0,97	0,96	0,94	0,91
2202			1,27	1,32	1,33	1,31	1,28	1,24
2203			2,28	2,36	2,38	2,36	2,31	2,24
2204			3,34	3,47	3,50	3,48	3,42	3,33
2205			4,25	4,41	4,45	4,43	4,36	4,24
2206			5,19	5,39	5,45	5,42	5,33	5,19

TABLE 6b: Refrigerant R404A/R507 - Correction factor for subcooling Δtsub > 4 °C

Δtsub [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Fsub	1,00	1,10	1,20	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,70	1,78

TABLE 7a: Refrigerant R404A/R507 – Capacities in kW for temperature range - 60 °C > - 25 °C

Orifice code	Pressure drop across valve [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating temperature = -25 °C								
2200	0,57	0,67	0,72	0,73	0,74	0,85	0,74	0,71
2201	0,98	1,20	1,31	1,36	1,37	1,37	1,35	1,31
2202	1,31	1,65	1,83	1,91	1,93	1,93	1,90	1,85
2203	2,35	2,97	3,28	3,42	3,47	3,46	3,42	3,32
2204	3,45	4,37	4,82	5,04	5,11	5,12	5,06	4,93
2205	4,40	5,56	6,14	6,40	6,49	6,49	6,42	6,26
2206	5,40	6,30	7,49	7,81	7,93	7,93	7,85	7,64
Evaporating temperature = -40 °C								
2200		0,56	0,60	0,61	0,62	0,61	0,60	0,59
2201		0,65	0,72	0,75	0,77	0,77	0,77	0,75
2202		1,17	1,27	1,32	1,33	1,31	1,28	1,24
2203		2,09	2,28	2,36	2,38	2,36	2,31	2,24
2204		3,03	3,34	3,47	3,50	3,48	3,42	3,33
2205		3,87	4,25	4,41	4,45	4,43	4,36	4,24
2206		4,73	5,19	5,39	5,45	5,47	5,33	5,19
Evaporating temperature = -60 °C								
2200			0,46	0,48	0,47	0,45	0,45	0,43
2201			0,58	0,60	0,60	0,58	0,56	0,54
2202			0,78	0,80	0,80	0,78	0,75	0,72
2203			1,40	1,44	1,43	1,40	1,36	1,30
2204			2,04	2,11	2,11	2,07	2,03	1,96
2205			2,59	2,69	2,66	2,65	2,59	2,50
2206			3,16	3,28	3,30	3,25	3,18	3,07

Orifice code	Pressure drop across valve [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16
Evaporating temperature = -30 °C								
2200	0,53	0,64	0,67	0,70	0,70	0,70	0,69	0,67
2201	0,88	1,07	1,18	1,21	1,23	1,21	1,20	1,17
2202	1,18	1,47	1,63	1,69	1,71	1,70	1,68	1,64
2203	2,12	2,65	2,93	3,04	3,07	3,05	3,02	2,93
2204	3,09	3,88	4,28	4,47	4,52	4,51	4,46	4,35
2205	3,94	4,94	5,45	5,68	5,74	5,74	5,67	5,52
2206	4,83	6,06	6,66	6,94	7,02	7,01	6,93	6,75
Evaporating temperature = -50 °C								
2200		0,49	0,53	0,54	0,54	0,53	0,52	0,50
2201		0,51	0,57	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59
2202		0,91	0,99	1,02	1,02	1,01	0,98	0,95
2203		1,63	1,73	1,84	1,84	1,81	1,78	1,72
2204		2,36	2,60	2,69	2,71	2,68	2,63	2,56
2205		3,02	3,30	3,43	3,45	3,42	3,35	3,26
2206		3,69	4,04	4,20	4,22	4,18	4,12	4,00

TABLE 7b: Refrigerant R404A/R507 - Correction factor for subcooling Δtsub > 4 °C

Δtsub [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Fsub	1,00	1,10	1,20	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,70	1,78

أسئلة الفصل الرابع

س1) املأ الفراغات الآتية بما يناسبها:

1. يتكون اللاقط المغناطيسي من جزئين هما .....و .....
2. يعمل اللاقط المغناطيس على سحب نقاط الاتصال عن طريق.....
3. تتم حماية الضاغط من زيادة الضغط باستعمال.....

س2) اشرح طريقة فحص اللاقط المغناطيسي ثلاثي الأطوار.

س3) اِشرح طريقة استعمال قاطع وقاية الضغط الواطئ بالسيطرة على عمل الضاغط.

س4) ما السماحية؟ عرفها وبين الفائدة من وجود سماحية في قاطع الضغط الواطئ.

س5) ما الفائدة من استعمال قاطع وقاية الزيت المنخفض؟

س6) اِذكر أسباب انخفاض ضغط الزيت في عمود المرفق.

س7) ما سبب تكون رغوة عالية في خزان عمود المرفق؟

س8) ما سبب استعمال معادل خارجي في بعض صمامات التمدد الحراري؟

س9) ما الفائدة من استعمال بصلة في صمام التمدد الحراري.

س10) صمام تمدد حراري يعمل على مائع تثليج R-407C، فإذا كانت خسائر الضغط خلال المبخر تساوي 0.5 بار، وكان ضغط الدخول إلى المبخر يساوي 3.5 بار، وكانت درجة حرارة البصلة تساوي 0°C، أوجد ما يأتي:

- درجة حرارة تحميص بخار مائع التثليج الخارج من المبخر في حال استعمال معادل خارجي.
- درجة حرارة تحميص بخار مائع التثليج الخارج من المبخر في حال عدم استعمال معادل خارجي.
- ضغط النابض، وهل يتغير ضغط النابض في كلتا الحالتين أعلاه؟

س11) استعمل المعلومات أدناه لاختيار صمام تمدد لمبخر بالمواصفات التالية:

نوع مائع التثليج	R-407C
سعة المبخر Qe	6 kW
درجة حرارة المبخر Te	-10°C
أقل درجة حرارة تكثيف Tc	35°C
درجة حرارة سائل مائع التثليج T1	25°C
خسائر الضغط في خط السائل ΔP	1 Bar

س12) اشرح بالتفصيل طريقة تثبيت بصلة صمام تمدد حراري على أنبوب خط السحب بقطر خارجي مقداره 1 إنج.

س13) ارسم مقطعاً في صمام بملف كهربائي في حالة الفتح.

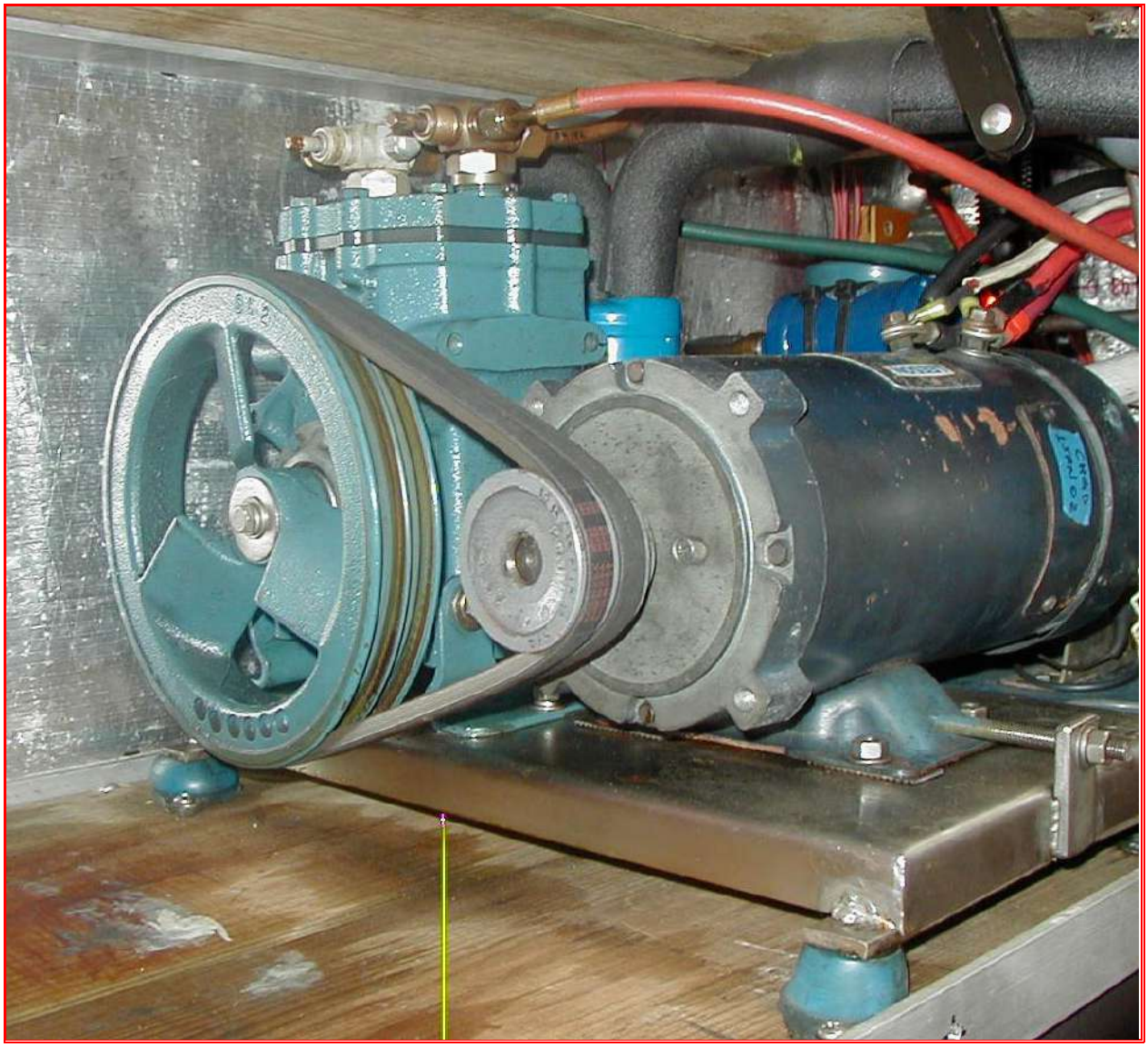
س14) اشرح بالتفصيل طريقة فحص ملف صمام بملف كهربائي.

س15) ما أنواع الصمامات التي تسيطر على تدفق ماء المكثف؟ وارسم طريقة ربط الصمام الذي يعمل بالضغط.

الفصل الخامس

تركيب وتشغيل منظومات التثليج التجارية

OPERATION & INSTALLATION OF COMMERCIAL REFRIGERATION SYSTEMS



نصب وتشغيل منظومات التثليج التجارية

Installation & Operation of Commercial Refrigeration Systems

1-5 مقدمة Introduction

تحوي منظومات التثليج التجارية على أجزاء رئيسة وأخرى مساعدة لها تخص السيطرة وحماية المنظومة، ويتطلب نصب هذه المنظومات دراية عالية ومعرفة بعلم الكهرباء والإلكترون أيضاً، وسيقتصر هذا الفصل على التعرف على كيفية نصب وتشغيل بعض من هذه المنظومات وسيكون هنالك شرحٌ عامٌ وخاصٌ لكل منظومة من منظومات التثليج.

2-5 تمارين ربط الدائرة الميكانيكية والكهربائية لمنظومات التثليج

تمرين 5-1: نصب دائرة ميكانيكية تحتوي على ضاغط ترددي من النوع المفتوح، ومكثف مبرد بالهواء ومبخر.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تجميع دائرة ميكانيكية لمنظومة تثليج بسيطة وكيفية ربط أجزائها.

المواد والعُدد المطلوبة:

يبين الجدول (5-1) الأجزاء المطلوبة لبناء الدائرة الميكانيكية لمنظومة التثليج، وتحتوي على ضاغط من النوع المفتوح، والمحرك الكهربائي للضاغط، ومكثف مبرد بالهواء مع المراوح التابعة له، ومبخر ومروحة المبخر، وصمام تمدد حراري ذو معادل خارجي، وزجاجة بيان، ومرشح مجفف، ومستقبل السائل، ومفتاح الحماية من الضغطين العالي والواطئ، ومفتاح الملف، وقاطع الوقاية من انخفاض ضغط الزيت، مع مجموعة من الأنابيب النحاسية بأقطار مختلفة، وعُدة قطع وحني الأنابيب، ومجموعة لحام أوكسجين - أستيلين.

المطلوب من الطالب في هذا التمرين أن يتعرف على كيفية ربط أجزاء منظومات التثليج، أما كيفية اختيار سعة كل جزء من أجزاء المنظومة فيترك للمختصين وللمراحل الدراسية المتقدمة.

اعتماداً على الشكل (5-1) يبدأ الطالب بربط أجزاء المنظومة اعتماداً على ما أكتسبه الطالب في المرحلة الأولى من مهارة في مواضيع حني ولحام الأنابيب وعملية الشحن والإخواء. والمطلوب من المدرب المتابعة والإشراف على الطلبة أثناء ربط منظومة التثليج، كما يلي:

1- موقع نصب الضاغط

- اِنصب الضاغط في غرفة المكائن مع التأكد من التهوية الجيدة.
- اِربط الضاغط إلى مكثف مبرد بالهواء مع التأكد من عدم وجود عائق أمام المكثف.
- يجب توفير معدل تدفق هواء بمعدل أدنى قدره 1500 م^3/ساعة لكل قدرة مقدارها واحد حصان.
- التأكد من عدم إعادة الهواء الخارج من المكثف إلى المكثف مرة أخرى، اي حدوث دائرة قصر في تدوير الهواء.

2- ربط وحدة التكثيف إلى الدورة

من المعروف إن جزءاً من الزيت الموجود في خزان العمود المرفقي يندفع مع بخار مائع التثليج الخارج من الضاغط إلى المكثف ثم إلى المبخر، حيث يختلط مع مائع التثليج هناك، لذا يجب أخذ النقاط الآتية بنظر الاعتبار:

- توفير سرعة مناسبة لبخار مائع التثليج في خط السحب.
- اجعل أنبوب خط السحب يميل من 0 إلى 1 درجة باتجاه الضاغط.
- التأكيد على عدم ميل أنبوب السحب بعكس اتجاه حركة بخار مائع التثليج.
- اعمل تشكيلة لخط السحب بشكل حرف U وتسمى مصيدة الزيت في حال نصب الضاغط بمكان مرتفع عن المبخر، يمكن من خلالها شفط الزيت المتبقي في المصيدة ورجوعه إلى الضاغط بسهولة، كما مبين في الشكل (5-2).
- اختر مقاسات الأنابيب التي تربط المكثف بالمبخر بقياسات مناسبة، بحيث تمنع تجمع الزيت خلالها.
- استعمل أنابيب نظيفة وجافة من الداخل، وفي حال استعمال أنابيب غير مخزونة بشكل نظامي فيجب استعمال قطعة قماش خشنة ورطبة يتم إدخالها خلال الأنابيب واستمرار مسح السطح الداخلي للأنبوب حتى يتم تنظيفه بشكل جيد ويكون السطح الداخلي لامعاً.
- إمرار غاز النيتروجين الجاف في أثناء عملية اللحام لمنع تأكسد الأنابيب.
- عدم تعريض الأنابيب النحاسية إلى أشعة الشمس.
- اعزل الأنابيب النحاسية المعرضة إلى أشعة الشمس أو مصدر حراري في أثناء عمل المنظومة.

3- فاصلات الزيت عند جهة الضغط العالي

تنصب فاصلات الزيت (Oil Separator) عند جهة الضغط العالي في حال وجود صعوبة في إعادة الزيت إلى الضاغط، أو عند ملاحظة انخفاض ملحوظ في الزيت المتجمع في عمود المرفق. وحيث إن غليان الزيت في عمود المرفق بشكل شديد عند عمل الضاغط يعطي انطباعا بأن هنالك نقصا في كمية الزيت في خزان عمود المرفق، وبصورة عامة تستعمل فاصلات الزيت في الحالات الآتية:

- في منظومات التثليج العاملة عند درجات حرارة منخفضة جداً.
- في منظومات التثليج ذات المبخرات المغمورة بمائع التثليج.
- في منظومات التثليج التي يمكن أن يتعرض مكثفها إلى ظروف ذات درجات حرارة منخفضة نسبياً.
- الأخذ بنظر الاعتبار أن كفاءة مجموعة التزييت لا يمكن بكل حال من الأحوال أن تصل إلى 100% لذا يجب تصميم منظومات التثليج بحيث تؤمن حركة منتظمة للزيت خلال دورته من خزان عمود المرفق إلى المكثف ثم إلى المبخر وعودته إلى عمود المرفق.

4- احتمالية رجوع سائل مائع التثليج إلى خزان زيت العمود المرفقي

من المهم جداً عدم السماح لسائل مائع التثليج بالرجوع إلى خزان زيت العمود المرفقي بحالته السائلة، حيث يؤدي هذا إلى حدوث تلف في صمام السحب ويصاحب ذلك ضوضاء في عمل الضاغط، وينصح بما يأتي لتجنب عودة مائع التثليج بحالته السائلة إلى خزان الزيت:

- اِنصب فاصلات السائل في خط السحب مع مراعاة وجود مجمع للزيت أسفل فاصلات السائل.
- ضعْ منظومة تسخين للزيت في خزان الزيت لمنع اندفاع سائل مائع التثليج أو الزيت في بدء عمل الضاغط.
- تأمين درجة تحميص مناسبة لبخار مائع التثليج الداخل الى الضاغط.

5- فحص ومعايرة منظومة الحماية

عند اكتمال نصب المنظومة يجب إجراء فحص ومعايرة أجهزة الحماية للمنظومة كما يأتي:

- **قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي**: يعمل قاطع الوقاية من زيادة الضغط العالي في حال توقف عملية تكثيف بخار مائع التثليج أما بسبب شحة المياه الداخلة إلى المكثف المبرد بالماء، أو بسبب تعطل مروحة أو انسداد المبخر المبرد بالهواء، لذا ينصح بوضع مقياس للضغط عند مخرج الضاغط لغرض معرفة قيمة الضغط الذي يعمل عليه قاطع الوقاية من الضغط العالي، وينصح بعدم عمل المنظومة إذا تجاوزت درجة حرارة التكثيف 55°C، أو ما يعادل ضغط 25 بار بالنسبة للمنظومات العاملة مع مائع التثليج R-404A.
- **قاطع وقاية من انخفاض الضغط الواطئ**: يعمل قاطع وقاية الضغط الواطئ في حال وجود انسداد في خط تصريف سائل مائع التثليج، مما يؤدي إلى عمل المبخر عند درجان حرارة أدنى من درجات الحرارة التصميمية وهذا يؤدي إلى زيادة ملحوظة في سحب الزيت من خزان عمود المرفق، مع صعوبة عودته إلى الخزان، ويرافقه اندفاع الزيت بشكل كبير خلال صمام السحب وبالتالي تلف صمام السحب، ونقص حاد في زيت الضاغط في خزان المرفق مما يؤدي إلى سرعة تآكل (سوفان) أجزاء الضاغط.

- **مفتاح حماية الضاغط**: من المعروف أن الضاغط يحتاج إلى عزم عالٍ كي يبدأ بالعمل، وفي حالة عمل الضاغط عند ظروف تشغيل قاسية (عزم عالٍ) فسيؤدي إلى سحب تيار أكبر من التيار التصميمي للضاغط، لذا يتطلب الأمر قطع التيار عن الضاغط لحين استقرار العمل.

6- فحص فرق الجهد الكهربائي

يجب فحص فرق الجهد في المحركات ثلاثية الطور، وفي كل الأحوال يجب أن تكون حدود فرق الجهد بمقدار ±10%، وفي المحركات ثلاثية الطور يجب فحص فرق الجهد بين الطور الأول والطور الثاني، والطور الثاني والطور الثالث، والطور الثالث والطور الأول في كل الأحوال.

أما في المحركات الكهربائية أحادية الطور فإن السلك الكهربائي يختار على أساس أن التيار المسحوب في أثناء عمل المحرك يساوي 5/6 من التيار التصميمي، ويجب التأكد من عدم حدوث هبوط في فرق الجهد في أثناء عمل المحرك بأكثر من 10%، حيث إن هبوط فرق الجهد أكثر من الحد المقرر قد يؤدي إلى عدم دوران محور المحرك وارتفاع في التيار المسحوب ومن ثم عطب (احتراق) ملفات بدء الحركة للمحرك الكهربائي نتيجة لسحبه تيارا اكثر من الحد التصميمي. وغالباً ما تربط المحركات أحادية الطور إلى الضاغط في غلاف واحد، لهذا عند عطب المحرك الكهربائي يجب تنظيف المنظومة بشكل جيد وإبدال الزيت، حيث إن عملية احتراق العازل الكهربائي لأسلاك الملف تؤدي إلى أكسدة الزيت، ويصبح حامضي وهذا يؤدي إلى تآكل ملفات المحرك الكهربائي للضاغط الجديد، وينصح باستعمال مرشح خاص يوضع ضمن منظومة التثليج لمدة يومين أو ثلاثة أيام لحين سحب الحوامض من مائع التثليج في الدورة ثم يستبدل.

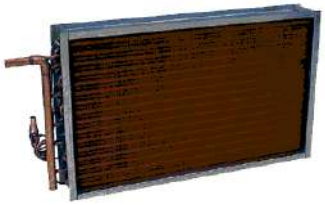
7- الفحص الدوري

يجب فحص حزام نقل الحركة من المحرك الكهربائي إلى الضاغط من النوع المفتوح، وفي حال ارتخاء حزام نقل الحركة فيجب إعادة ضبطه، والتأكد من عدم شد حزام نقل الحركة بشكل كبير حيث إن هذا يؤدي إلى تآكل (سوفان) كراسي الدوران.

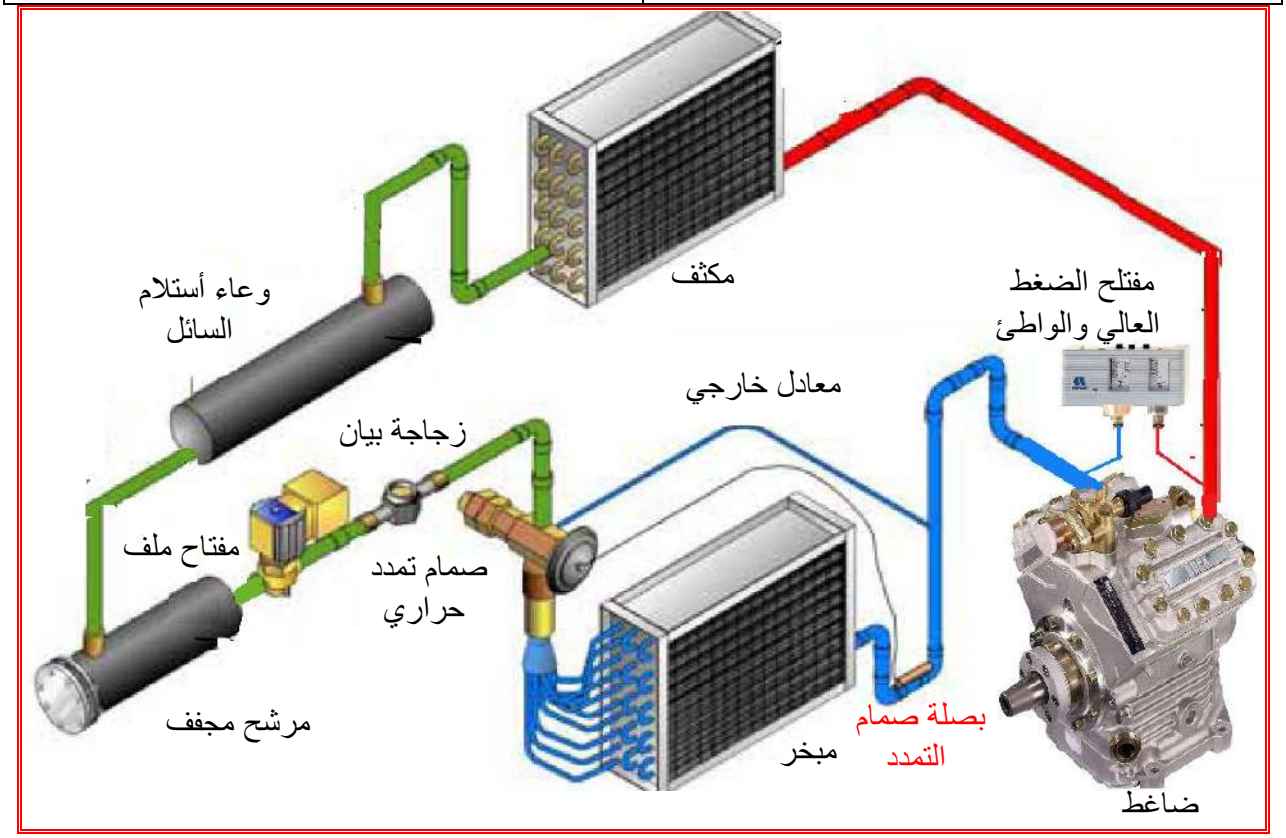
كذلك يجب التأكد من سلامة أنابيب نقل ماء المكثف حيث إن زيادة الترسبات داخلها تؤدي إلى شحة في معدل تدفق الماء إلى المكثف ومن ثم انخفاض كفاءة المكثف وارتفاع الضغط العالي للمنظومة.

جدول 5-1 الأجزاء المطلوبة لبناء منظومة تثليج تجارية بسيطة

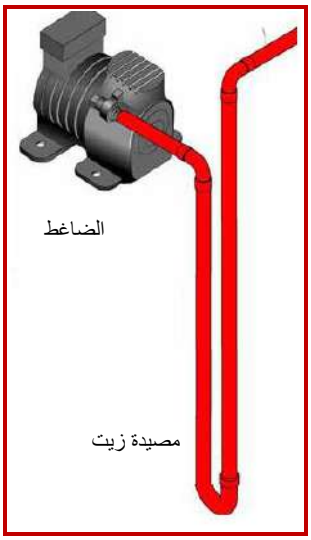
ضاغط من النوع المفتوح	

محرك كهربائي للضاغط	
مكثف مبرد بالهواء	
مبخر مبرد بالهواء	
مروحة مبخر منظومة صغيرة	
صمام تمدد حراري ذو معادل خارجي	
زجاجة بيان	
مرشح مجفف	

مستقبل السائل	
مفتاح حماية من الضغطين العالي والواطئ	
مفتاح حماية من انخفاض ضغط الزيت	
مفتاح ملف	



شكل 5-1 منظومة تثليج تتكون من ضاغط مفتوح ومكثف مبرد بالهواء ومبخر وملحقاتها



شكل 5-2 مصيدة الزيت التي تنصب قبل خط السحب للضاغط

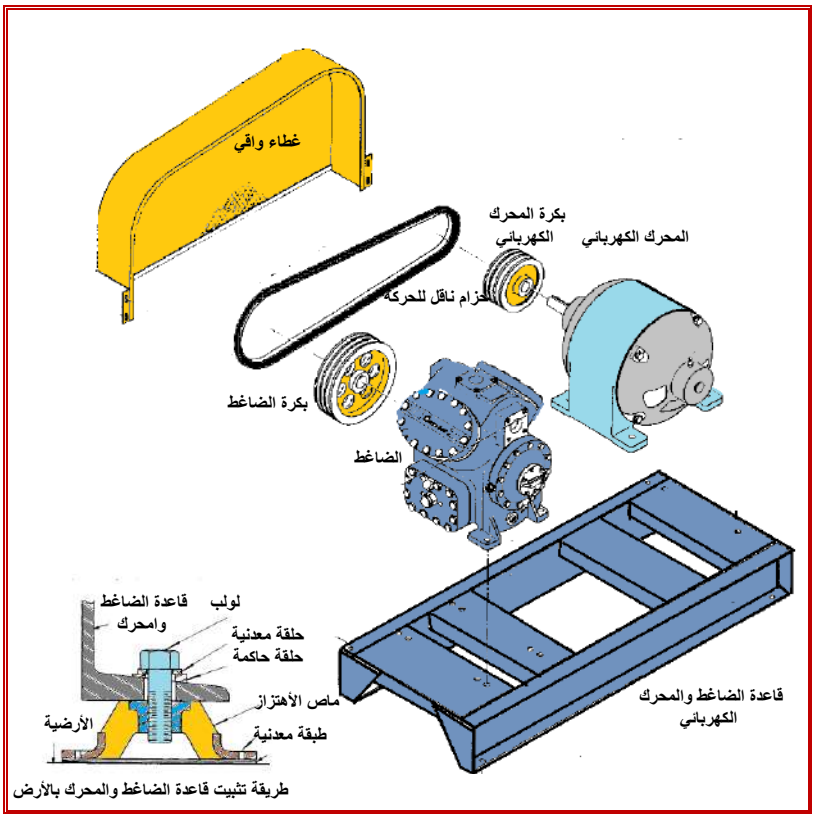
ملاحظات خاصة حول نصب دورة التثليج:

أ- ربط الضاغط بالمحرك الكهربائي: يراعى عند ربط الضاغط بالمحرك الكهربائي أن يتم الربط على قاعدة حديدية واحدة، تؤخذ أبعادها من دليل الشركة المصنعة للضاغط، ويبين الشكل (5-3) شكل القاعدة وكيفية نصب الضاغط والمحرك الكهربائي عليها، ويتم تثبيت قاعدة المحرك الكهربائي والضاغط على أرضية غرفة المكائن عبر مخمد (ماص) للاهتزازات، كما مبين في الشكل (5-3)، أما حزام نقل الحركة من المحرك الكهربائي إلى الضاغط فيجب ضبطه بعناية، حيث تترك سماحية مقدارها 1.5 ملم لكل 10 سم من المسافة بين نقطتي التماس لبكرة المحرك الكهربائي وبكرة الضاغط، كما مبين في الشكل (5-4).

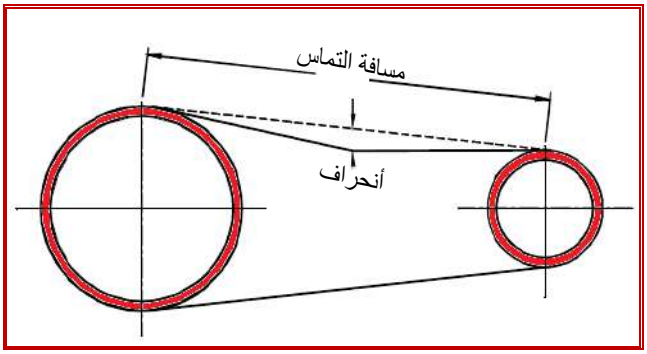
ب – ربط قاطعي الوقاية من زيادة الضغط العالي وانخفاض الضغط الواطئ: يتم لحام صامولات على الأنبوب الشعري لقاطعي الوقاية تناسب قياس اللولب الذي سيثبت عليه قاطعا الوقاية، كما مبين في الشكل (5-5)، ويتم ربط قاطع وقاية من زيادة الضغط العالي عبر خط الدفع للضاغط، في حين أن قاطع وقاية من انخفاض الضغط الواطئ يربط على خط السحب للضاغط.

ت- ربط المرشح المجفف: يفضل أن يربط مفتاح يدوي قبل وبعد المرشح المجفف لأغراض الصيانة، حيث يمكن رفع المرشح من الدورة دون تسريب الشحنة، وذلك بعزل الدورة عن طريق غلق الصمامين.

ث- أما بقية أجزاء الدورة من صمام تمدد والصمام بملف كهربائي فقد سبق أن تم ذكرها.



شكل 5-3 طريقة ربط المحرك الكهربائي والضاغط على قاعدة واحدة



شكل 5-4 تترك سماحية مقدارها 1.5 ملم لكل 10 سم من مسافة التماس

شكل 5-5 توصيل نهاية الأنبوبة الشعرية لقاطع حماية الضغط بصامولة ربط

تمرين5-2 تأسيس دائرة كهربائية لضاغط ترددي من النوع المفتوح، مكثف مبرد بالهواء ومبخر.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تأسيس الدائرة الكهربائية لمنظومة تثليج بسيطة.

المواد والعُدد المطلوبة: يبين الجدول (5-2) المواد المطلوبة لتأسيس الدائرة الكهربائية، فضلاً عن أسلاك مفردة ومزدوجة بقياسات مناسبة، ووصلات ربط كهربائية خاصة، وصندوق لوضع بادئ الحركة المغناطيسي وقواطع الدورة.

طريقة العمل: يسترجع الطالب وبمساعدة المدرب المعلومات الأساسية التي تدرب عليها في المرحلة الأولى، مع التأكيد على فصل التيار الكهربائي في أثناء العمل والاستعانة بمخطط الشكل (5-6)، وعدم إيصال التيار الكهربائي إلا من قبل المدرب.

نصائح عامة لإنجاز عملية ربط الدائرة الكهربائية

- نتبع النصائح العامة في ربط الدائرة الكهربائية.
- اختر الأسلاك الكهربائية لغرض الربط السليم للدائرة الكهربائية كما مبين في الجدول (5-3) والذي يبين مقاسات الأسلاك الكهربائية حسب القياس الأمريكي وما يقابله من قطر ومساحة مقطع السلك وشدة التيار العظمى الموصي بها. علماً أن طول السلك له تأثير كبيرعلى هبوط فرق الجهد يؤخذ بالحسبان عند المسافات الطويلة وهنالك جداول خاصة في هذا المجال.
- استعمل الأسلاك بالألوان المبينة في الجدول (5-4) في ربط الدوائر الكهربائية لدورة التثليج.

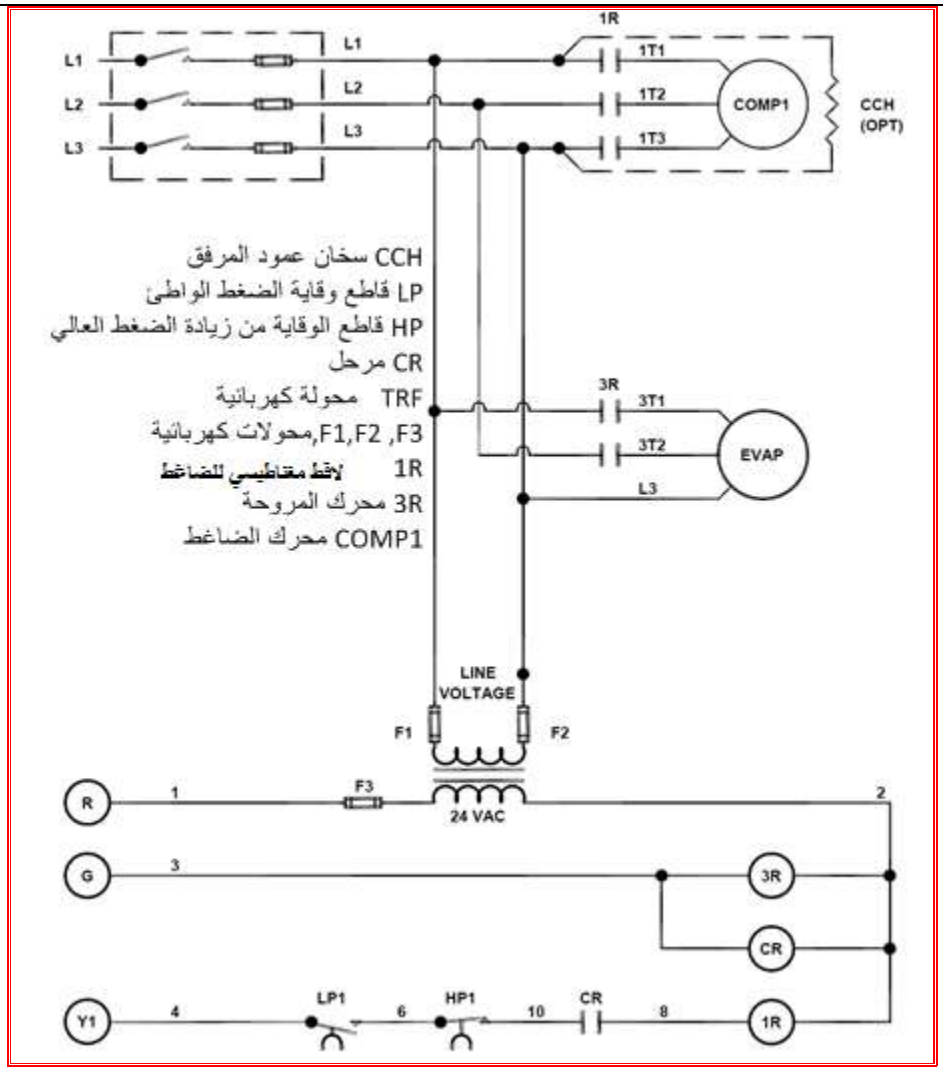
جدول 5-2 المواد المطلوبة لربط الدائرة الكهربائية لدورة التثليج

قاطع حماية حمل حراري (التيار الكهربائي)	بادئ مغناطيسي

مسخن خزان زيت عمود المرفق

قاطع دورة

محولة كهربائية



شكل 5-6 الدائرة الكهربائية لدورة تثليج تحتوي على ضاغط مفتوح ومكثف ومبخر مبرد بالهواء

جدول 5-3 القياس الأمريكي والعالمي وعلاقته بشدة التيار المار

AWG المقياس	قطر السلك mm	مساحة مقطع mm^2	مقاومة السلك Ω/km	أكبر تيار يمكن استعماله (A)	التيار الموصى به (A)
OOOO	11.684	107.165	0.16072	302	211
OOO	10.40384	84.968	0.2027	239	167
OO	9.26592	67.398	0.25551	190	133
0	8.25246	53.461	0.32242	150	105
1	7.34822	42.387	0.40639	119	83
2	6.54304	33.607	0.51266	94	66
3	5.82676	26.652	0.64616	75	53
4	5.18922	21.138	0.81508	60	42
5	4.62026	16.757	1.02762	47	32
6	4.1148	13.291	1.29593	37	26
7	3.66522	10.546	1.6341	30	21
8	3.2639	8.363	2.0605	24	16.8
9	2.90576	6.628	2.59809	19	13.3
10	2.58826	5.259	3.27639	15	10.5
11	2.30378	4.166	4.1328	12	8.4
12	2.05232	3.306	5.20864	9.3	6.6
13	1.8288	2.625	6.56984	7.4	5.3
14	1.62814	2.081	8.282	5.9	4.2
15	1.45034	1.651	10.4435	4.7	3.3
16	1.29032	1.307	13.1725	3.7	2.6
17	1.15062	1.039	16.6099	2.9	2.1
18	1.02362	0.823	20.9428	2.3	1.6
19	0.91186	0.653	26.4073	1.8	1.3
20	0.8128	0.519	33.292	1.5	1
21	0.7239	0.411	41.984	1.2	0.82
22	0.64516	0.327	52.9392	0.92	0.65
23	0.57404	0.259	66.7808	0.729	0.52
24	0.51054	0.205	84.1976	0.577	0.41
25	0.45466	0.162	106.174	0.457	0.325
26	0.40386	0.128	133.857	0.361	0.26
27	0.36068	0.102	168.822	0.288	0.2
28	0.32004	0.080	212.872	0.226	0.16
29	0.28702	0.065	268.402	0.182	0.13
30	0.254	0.051	338.496	0.142	0.1
31	0.22606	0.040	426.728	0.113	0.08
32	0.2032	0.032	538.248	0.091	0.064
Metric 2.0	0.2	0.031	555.61	0.088	0.064
33	0.18034	0.026	678.632	0.072	0.05
Metric 1.8	0.18	0.025	680.55	0.072	0.05
34	0.16002	0.020	855.752	0.056	0.04
Metric 1.6	0.16002	0.020	855.752	0.056	0.04
35	0.14224	0.016	1079.12	0.044	0.03
Metric 1.4	0.14	0.015	1114	0.043	0.03

AWG المقياس الأمريكي	قطر السلك mm	مساحة مقطع السلك mm^2	مقاومة السلك Ω/km	أكبر تيار يمكن استعماله (A) أمبير	التيار الموصى به (A) أمبير
36	0.127	0.013	1360	0.035	0.025
Metric 1.25	0.125	0.012	1404	0.034	0.025
37	0.1143	0.010	1715	0.0289	0.02
Metric 1.12	0.112	0.010	1750	0.0277	0.02
38	0.1016	0.008	2163	0.0228	0.016
Metric 1	0.1	0.008	2198	0.0225	0.016
39	0.0889	0.006	2728	0.0175	0.01
40	0.07874	0.005	3440	0.0137	0.01

جدول 5-4 ألوان الأسلاك المستعملة في ربط الدوائر الكهربائية لمنظومة التثليج

الرمز	اللون
BK	اسود
BK-Y	اسود مع خط اصفر
BR	بني
BR-O or BR-OR	بني مع خط برتقالي
BR-R	بني مع خط بني
BR-W	بني مع خط ابيض
BL or BU	أزرق
BL-BK or BU-BK	ازرق مع خط اسود
BU-G or BL or BU-GN	ازرق مع خط اخضر
BL or BU-O or BL or BU-OR	ازرق مع خط برتقالي
BL-Y or BU-Y	ازرق مع خط اصفر
G or GN	اخضر
G-BK or GN-BK	اخضر مع خط اسود
G-Y or GN-Y	اخضر مع خط اصفر
GY	رمادي
GY-P or GY-PK	قرنفلي.رمادي مع خط
LBU	أزرق فاتح
O or OR	برتقالي
O-BK or OR-BK	برتقالي مع خط أسود
P or PK	قرنفلي

الرمز	اللون
P or PR	غامق بنفسجي
P-BK or PR-BK	بنفسجي غامق مع خط اسود
R	احمر
R-BK	احمر مع خط اسود
R-W	احمر مع خط ابيض
T or TN	بيجي
T-R or TN-R	بيجي مع خط احمر
V	بنفسجي
w	أبيض
W-BK	أبيض مع خط اسود
W-BL or W-BU	أبيض مع خط أزرق
W-G or W-GN	أبيض مع خط أخضر
W-O or W-OR	أبيض مع خط برتقالي
W-R	أبيض مع خط أحمر
W-V	أبيض مع خط بنفسجي
W-Y	أبيض مع خط اصفر
Y	أصفر
Y-BK	أصفر مع خط أسود
Y-G or Y-GN	أصفر مع خط أخضر
Y-R	أصفر مع خط أحمر

تمرين 5-3 بناء دائرة ميكانيكية تحتوي على ضاغط ترددي من النوع المفتوح ومكثف مبرد بالماء وبرج تبريد

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على التعامل مع المكثفات المبردة بالماء ضمن دورة تثليج بسيطة.

المواد والعُدد المطلوبة: فضلاً عن الأدوات المطلوبة في التمرين 5-1 باستثناء المكثف المبرد بالهواء نحتاج إلى برج تبريد ومكثف مبرد بالماء ومضخة ماء.

خطوات العمل: فضلاً عن النصائح العامة والخاصة المقدمة في التمرين (5-1) ندرج بعض التوصيات الخاصة بنصب المكثف المبرد بالماء وبرج التبريد مع الاستعانة بالشكل (5-7).

المكثفات المبردة بالماء:

1- موقع نصب المكثف المبرد بالماء:

- انصب المكثف المبرد بالماء في أماكن بعيدة من المراجل والأفران أو أي مصدر حراري.
- انصب المكثف بشكل أفقي مع التأكيد على سعة قطر أنبوب بخار مائع التثليج الداخل إلى المكثف، وأن يثبت على المكثف بشكل عمودي.
- انصب خط السائل بحيث يخرج بشكل أفقي من المكثف، أو بشكل مماسي لقاعدة المكثف، ويمكن نصب المكثف أسفل قاعدة الضاغط والمحرك الكهربائي، كما مبين في الشكل (5-8)، والشكل (5-9) يوضح مكثف مبرد بالماء مع ملحقاته.

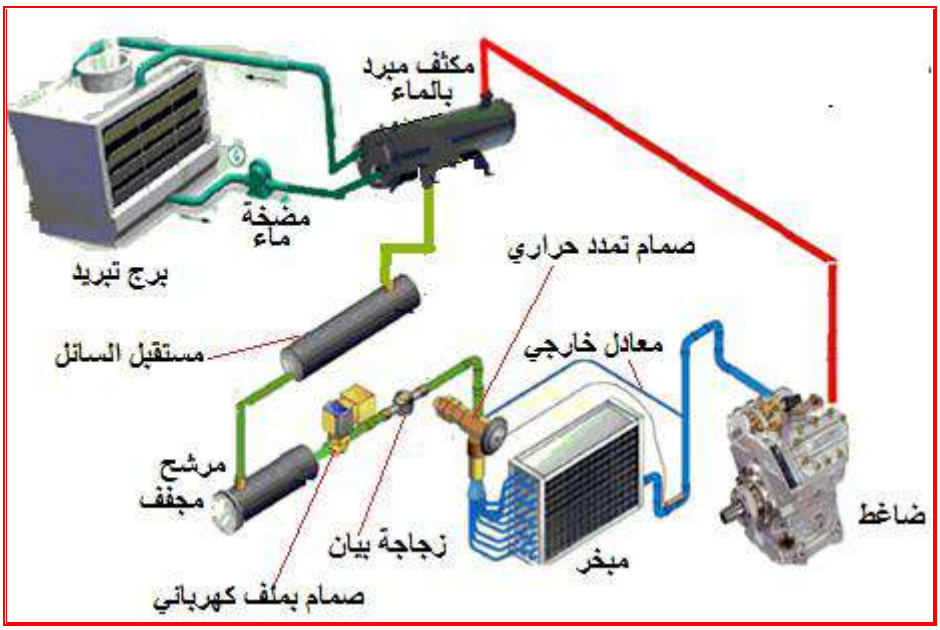
2- الأنابيب النحاسية:

- اختر الأنابيب بحيث تحقق سعة المنظومة وتقليل هبوط الضغط وسرعة مناسبة لمائع التثليج وتحقق كذلك عودة للزيت إلى خزان عمود المرفق للضاغط.
- استعمل المعدات الآتية للأنابيب الناقلة لسائل مائع التثليج التي تبدأ من المكثف، صمام غلق سائل مائع التثليج، صمام شحن، نصب مرشح مجفف على خط السائل، نصب صمام ملف على خط السائل، معادل خارجي لصمام التمدد الحراري، بموجب الجدول (5-5) ويبين الجدول (5-6) الأقطار المناسبة لخط البخار.

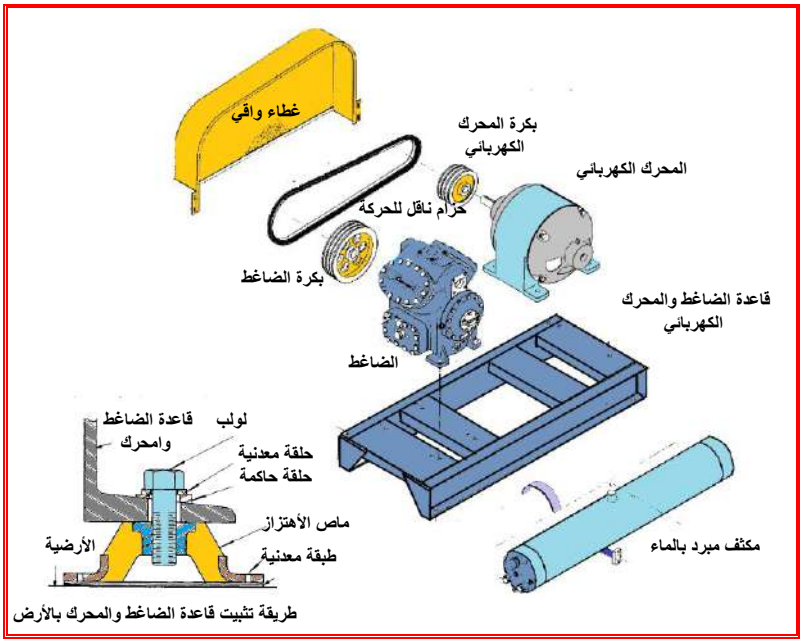
3- أنابيب نقل الماء:

- اختر أنابيب الماء حسب النظام القياسي.
- استعمل صمام منظم لتدفق الماء.

- يجب أن لا تزيد سرعة الماء داخل الأنابيب عن 2.5 متر/ ثانية، حيث إن زيادة سرعة الماء عن هذا الحد تؤدي إلى تآكل الأنابيب من الداخل.
- تأكد من نقاوة الماء الداخل إلى المكثف، حيث إن الأحماض والأملاح تؤدي إلى تآكل الأنابيب النحاسية للمكثف.



شكل 5-7 الدائرة الميكانيكية لدورة تثليج تحتوي على ضاغط مفتوح ومكثف مبرد بالماء وبرج تبريد



شكل 5-8 إمكانية نصب المكثف المبرد بالماء أسفل قاعدة الضاغط والمحرك الكهربائي

جدول 5-5 القطر المناسب لخط السائل وحسب سعة المكثف

قطر الأنبوب - إنج	نوع مانع التثليج/ سعة المكثف طن		
	R- 134a	R- 22	R- 407
0.5	3.0	3.8	2.3
0.625	5.8	7.1	4.3
0.75	10.0	12.5	7.5
0.875	15.0	18.8	11.7
1.125	30.0	37.5	25.0

جدول 5-6 القطر المناسب لخط السحب وحسب سعة المكثف ودرجة حرارة المبخر

قطر الأنبوب إنج	درجة حرارة خط السحب °س/ سعة المكثف طن				
	40–		4.5		
	R- 22	R- 407	R- 134a	R- 22	R- 407
0.5	0.83	0.75	0.35	0.58	0.58
0.625	1.58	1.46	0.67	1.10	1.08
0.75	2.67	2.42	1.15	1.88	1.83
0.875	4.00	3.67	1.75	2.92	2.83
1.125	8.33	7.50	3.58	5.83	5.67
1.375	14.58	12.92	6.25	10.13	10.00
1.625	22.92	20.83	9.83	16.00	15.83
2.125	45.83	41.67	20.42	33.08	32.50
2.625	83.33	75.00	35.83	58.33	56.67
3.125			57.50		

شكل 5-9 المكثف المبرد بالماء مع ملحقاته الضرورية

4- نصب برج التبريد

أ- موقع برج التبريد

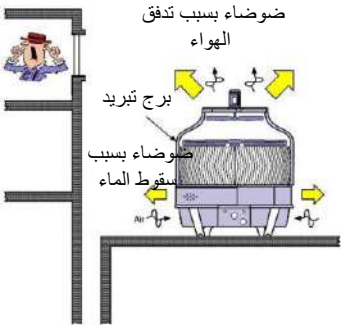
- انصب برج التبريد في مكان مفتوح من دون وجود عوائق لمرور الهواء.
- ضع حواجز للضوضاء مخمده للاهتزازات بين أجزاء البرج وأسفل قاعدة البرج، كما مبين في الشكل (5-10) وذلك لتقليل تأثير الضوضاء الناتجة عن برج التبريد ومدى إزعاجها للساكنين. وفي بعض الأحيان ينصب برج التبريد داخل غرفة المكائن وفي هذه الحالة يجب اتخاذ الإجراءات الآتية:
- ترك مسافات كافية حول وأعلى برج التبريد.
- يجب عدم حدوث إعادة تدوير للهواء الخارج من أعلى برج التبريد (أي عدم سحب الهواء الخارج من برج التبريد من قبل البرج مرة أخرى)

ب- اختيار مكان برج التبريد يعتمد على:

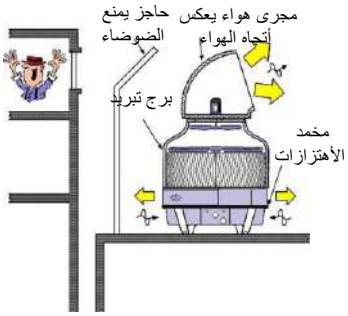
- مدى حاجة البرج إلى إنشاء قواعد خرسانية (كونكريتية).
- محددات ملحقات برج التبريد.
- كلفة توفير الصيانة والتصليح للبرج.
- الجمالية المعمارية للبناية.
- الضوضاء وتأثير الرطوبة.

ب أنابيب برج التبريد:

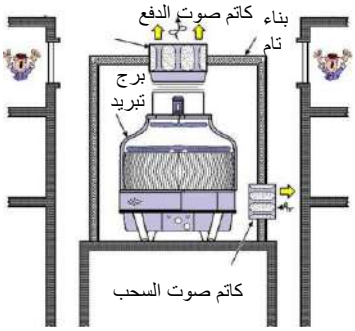
- الأخذ بالحسبان خسائر الضغط في التوسعات والتقلصات لملحقات أنابيب الماء.
- إذا اقتضت الضرورة أن يكون للبرج مدخلان للماء فيجب تجهيز كل خط بمفتاح للماء لغرض موازنة كمية الماء في كل مدخل.
- نصب الأنابيب أسفل مستوى الماء في برج التبريد، لتفادي طفح الماء من البرج فضلاً عن عدم دخول الهواء إلى خط السحب للمضخة.
- وازن كمية الماء في برج التبريد بحيث يتسع جميع الماء في أثناء توقف برج التبريد.
- أوجد مستوىً مناسباً للماء يتيح لمضخات الماء أن تعمل من دون سحب الهواء إلى خط سحب المضخة.



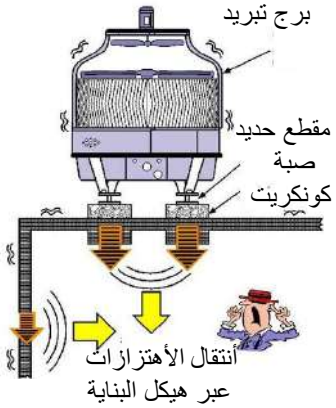
أ- صوت اندفاع وسحب الهواء يسبب ضوضاء للشاغلين



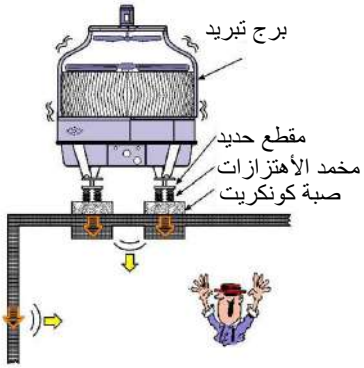
ب- تجنب وصول الصوت عن طريق بناء حاجز ووضع مخمد اهتزاز بين جزئي البرج



ت- أما اذا كان للشاغلين على جانبي البرج فيفضل بناء غرفة مستقلة للبرج مع مانع كاتم لسحب الهواء والآخر لدفع الهواء



ث- عند تثبيت البرج على سطح البناية فأن الضوضاء سوف تنتقل عبر تراكيب البناية



ج – يمكن التخلص من الضوضاء عن طريق وضع مخمد للاهتزاز بين المقطع الحديدي والقاعدة الخرسانية

شكل 5-10 التخلص من الضوضاء الناتجة عند نصب برج تبريد

تمرين5-4 تأسيس دائرة كهربائية لضاغط ترددي من النوع المفتوح، مكثف مبرد بالماء ومبخر.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تجميع الدائرة الكهربائية لدورة ميكانيكية لمنظومة تثليج بسيطة وكيفية ربط أجزائها.

المواد والعُدد المطلوبة: حسب الجدول (5-2) المواد المطلوبة لتأسيس الدائرة الكهربائية، فضلاً عن أسلاك مفردة ومزدوجة بقياسات مناسبة، ووصلات ربط كهربائية خاصة، وصندوق لوضع البادئ المغناطيسي، وقواطع الدورة.

طريقة العمل: يسترجع الطالب وبمساعدة المدرب المعلومات الأساسية التي تدرب عليها في المرحلة الأولى، مع التأكيد على فصل التيار الكهربائي في أثناء العمل، وعدم إيصال التيار الكهربائي إلا من قبل المدرب.

تمرين 5-5 بناء منظومة تثليج تحتوي على ضاغطين مربوطين على التوازي.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية ربط ضاغطين على التوازي والتعرف على وصلات الربط المستعملة في الدورة.

المواد والعُدد المطلوبة:1- ضاغطين ترددين من النوع المفتوح، 2- فاصلة زيت، 3- كاتم صوت خط الدفع، 4- صمام غير مرجع، 5- خزان استلام الزيت، 6- مجمع لسحب بخار مائع التثليج، 7- أنابيب نحاسية بأقطار مختلفة.

طريقة العمل: اعتماداً على الشكل (5-11) يتم ربط أجزاء المنظومة كما تعلمت سابقاً، ويتطلب الأمر معرفة الأمور التالية الخاصة بنصب ضاغطين على التوازي.

1. نوع الضاغط

- استعمل الضواغط المفتوحة في ربط التوازي.
- تجنب استعمال الضواغط المغلقة والنصف مفتوحة في هذا الربط، حيث إنه عند احتراق المحرك الكهربائي لأحد الضاغطين يولد حرارة عالية تغير التركيب الكيميائي لمائع التثليج العامل في الدورة جميعها.
- استعمل نظام الدورات المستقلة في حال استعمال الضاغط المغلق أو النصف مفتوح في دورات التثليج التي تحتوي على ضاغطين، بحيث يعمل كل ضاغط بدورة مستقلة عن الآخر ولا يشاركه بأي جزء من أجزاء الدورة.
- استعمل لكل ضاغط مكثف ومبخر وصمام تمدد خاص به في حال استخدام الضواغط المغلقة ونصف المغلقة في ربط التوازي.

2. خط الدفع

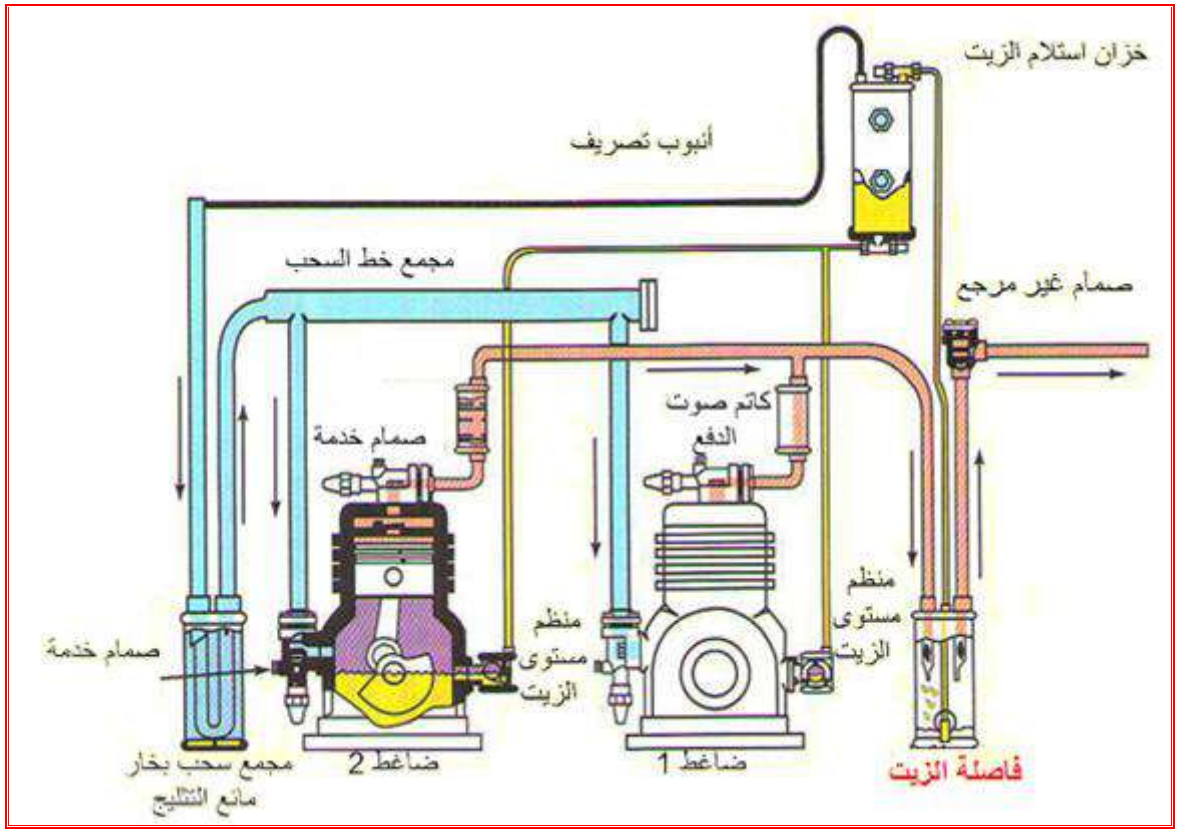
- اربط خط الدفع المشترك بين الضاغطين بميلان باتجاه الضاغط لتسهيل عملية انسياب الزيت المحمول مع بخار مائع التثليج الخارج من الضاغط.
- استعمل فاصل الزيت عند خط الدفع عند نصب المكثف بمستوى أعلى من الضاغط .
- عند نصب مكثف مستقل لكل ضاغط فيجب إجراء معايرة لكل خط بحيث يتم تساوي خسائر الضغط في كل خط دفع لضمان تساوي كمية بخار مائع التثليج المستلم من كل ضاغط.

3. زيت خزان عمود المرفق

- انصب منظم لمستوى الزيت في كل ضاغط للتأكد من مستوى الزيت في العمود المرفقي للضاغط.

4. خط السحب

- يجب إجراء معايرة لخط السحب، بحيث يضمن سحب كميات متساوية من بخار مائع التثليج من كل مبخر.
- استعمل مجمع لبخار مائع التثليج قبل منطقة التوزيع لخط السحب، لغرض تجميع بخار مائع التثليج قبل توزيعه لكل ضاغط.



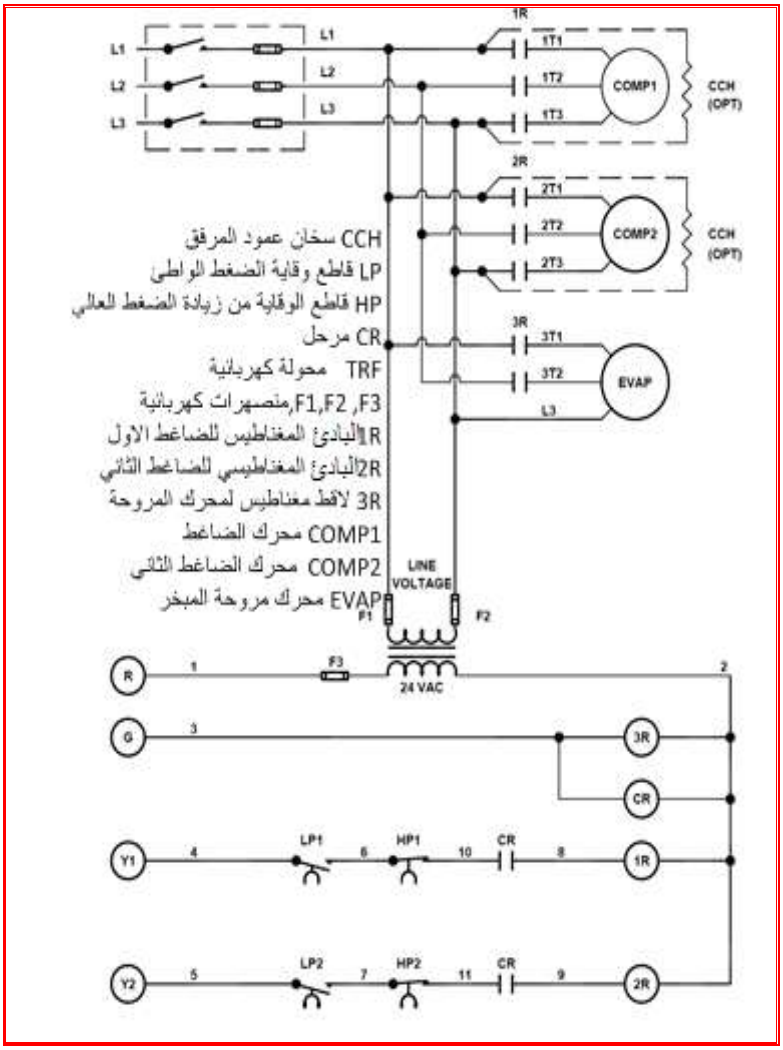
شكل 5-11 ربط ضاغطين على التوازي

تمرين5-6: تأسيس دائرة كهربائية لضاغطين ترددين من النوع المفتوح مربوطين على التوازي.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تأسيس الدائرة الكهربائية لدورة ميكانيكية لمنظومة تثليج بسيطة وكيفية ربط أجزائها.

المواد والعُدد المطلوبة: يبين الجدول (5-2) المواد المطلوبة لبناء الدائرة الكهربائية، فضلاً عن أسلاك مفردة ومزدوجة بقياسات مناسبة، ووصلات ربط كهربائية خاصة، وصندوق لوضع البادئ المغناطيسي، وقواطع الدورة.

طريقة العمل: يسترجع الطالب وبمساعدة المدرب المعلومات الأساسية التي تدرب عليها في المرحلة الأولى، مع التأكيد على فصل التيار الكهربائي في أثناء العمل والاستعانة بمخطط في الشكل (5-12)، وعدم إيصال التيار الكهربائي إلا من قبل المدرب.



شكل 5-12 الدائرة الميكانيكية لضاغطين مربوطين على التوازي

3-5 فحص التسرب في منظومات التثليج

Leak Detector in Refrigeration Systems

تُعد أجهزة فحص التسرب حساسة جداً ويتطلب من المستخدم معرفة كيفية عملها، وطرق وأجهزة فحص التسرب عديدة منها:

- الفحص بواسطة الرغوة.
- الفحص بواسطة مشعل الهاليد.
- الفحص بواسطة كاشف التسرب الإلكتروني.

وأدناه تمارين عملية لفحص التسرب بالطرائق أعلاه:

تمرين 5-7 فحص التسرب بواسطة الرغوة

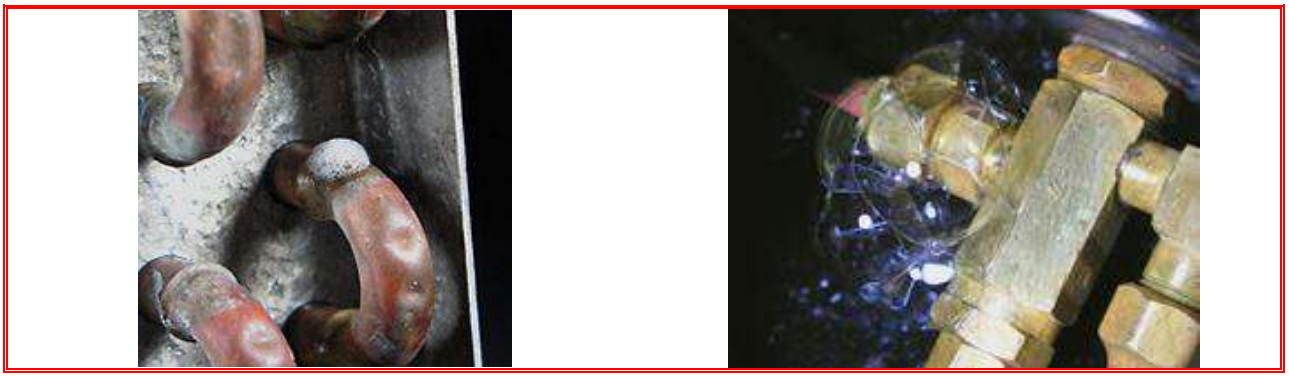
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استخدام الرغوة في فحص التسرب.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- محلول صابون سائل، 2- إناء بحجم مناسب، 3- إسفنجة أو فرشاة صغيرة.

خطوات العمل:

تتميز هذه الطريقة عن غيرها بأنها رخيصة الثمن، وسهولة الحصول عليها وسهلة الاستعمال. ومن عيوبها أنها في حالة التسربات الكبيرة لا يمكن الحصول على فقاعات، لذا تستعمل في فحص التسربات الدقيقة، ويمكن استعمالها في الأماكن التي تتواجد بها العوازل الرغوية، حيث إن بقية الأجهزة الأخرى تفشل في الاستعمال في هذا المجال وذلك لكون مائع التثليج يُعد من أحد مكونات العوازل الرغوية.

1. حضر محلول الماء والصابون بنسبة معينة لغرض استعماله في الكشف عن التسرب.
2. وزع المحلول بانتظام حول مناطق اللحام والربط، فعند وجود تسرب لبخار مائع التثليج تتكون فقاعات عند منطقة التسرب، كما مبين في الشكل (5-13).
3. أزِلْ المحلول بشكل تام عن المناطق التي وضع عليها بعد الانتهاء من كشف التسرب. والشكل (5-13) يبين طريقة تكون الفقاعات في أثناء فحص التسرب بالرغوة.



شكل 5-13 تكون فقاعات في مناطق تسرب مائع التثليج

تمرين 5-8 فحص التسرب بواسطة مشعل الهاليد.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على فحص التسرب باستخدام مشعل الهاليد.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- مشعل هاليد، 2- نظارة عين واقية.

طريقة العمل:

يتميز احتراق الوقود المستخدم مع مشعل الهاليد (مثل الكحول والبروبان والأستيلين) بلهب ذي لون معين، ولكن مع تماس اللهب الناتج من احتراق أنواع الوقود أعلاه مع موائع التثليج يتغير لون الاحتراق. وتستعمل هذه الخاصية في الفحص عن تسرب موائع التثليج الهالوجينية من النوع R-12 و R-22 و R-11 و R-500 و R-502. ويتكون مشعل الهاليد، كما مبين في الشكل (5-14) من أنبوب مطاطي يتصل بقاعدة المصباح لغرض توفير الهواء اللازم لإتمام عملية الاحتراق، ويستعمل هذا الأنبوب لتمريره على الأماكن التي يحتمل وجود التسرب من خلالها، إما طرفه العلوي والمخصص لخروج اللهب فيكون حراً. اِتبع الخطوات التالية لفحص التسرب باستخدام مشعل الهاليد.

1. أحضر مشعل الهاليد وأداة الإشعال، كما مبين في الشكل (5-15-1). ويبين الشكل (5-15-2) رأس مشعل الهاليد.
2. اشعل المشعل، والمبين في الشكل (5-15-3)، سيتم الاشتعال بلهب أزرق، كما في الشكل (5-15-4).
3. قم بإمرار الأنبوب المطاطي لمشعل الهاليد على مناطق اللحام ومناطق الربط ببطء، والمبين في الشكل (5-15-5)، في حال عدم وجود تسرب لمائع التثليج سيبقى لون اللهب أزرقاً كما في الشكل (5-15-6).
4. في حال وجود تسرب في منظومة التثليج سيتغير لون اللهب إلى الأخضر، كما في الشكل (5-15-7).

شكل 5-14 مشعل الهاليد

1- مشعل الهاليد

2- رأس مشعل الهاليد

3- إشعال مشعل الهاليد

4- لون اللهب أزرق اللون

5 – تمرير الأنبوب المطاطي على الأجزاء التي يحتمل حدوث التسرب من خلالها

6- لهب أزرق لمشعل الهاليد

7- تحول لون اللهب إلى الأخضر الفاتح دلاله على وجود تسرب

شكل 5-15 طريقة فحص التسرب بمشعل الهاليد

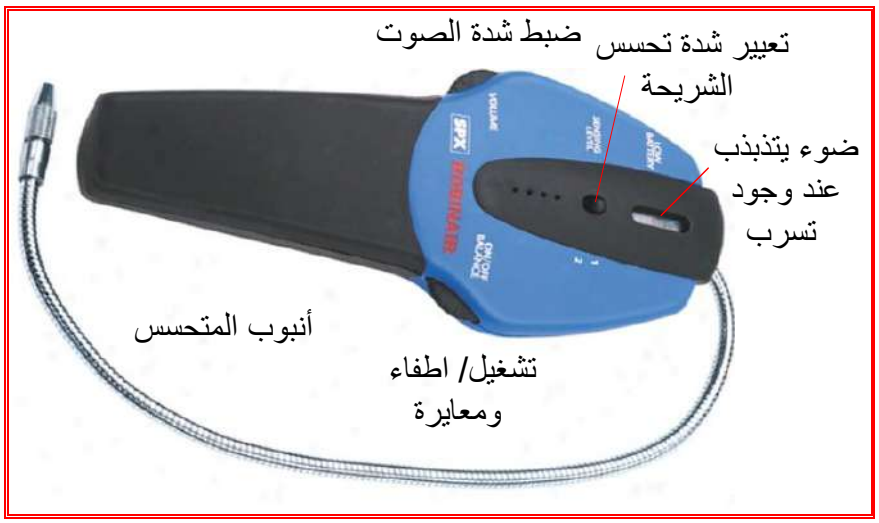
1-3-5 كاشف التسرب الإلكتروني Electronic Leak Detector

هنالك ثلاثة أنواع من كاشف التسرب الإلكتروني والمبين في الشكل (5-16):

1. المتحسس الإلكتروكيميائي Electrochemical Sensor.
2. المتحسس للأمواج فوق الصوتية Ultrasonic.
3. والمتحسس ثنائي الكهرباء Dielectric.

ويتكون المتحسس الإلكتروكيميائي والمتحسس ثنائي الكهربائي من طبقة من السيراميك مغطاة بشريحة توفر درجة حرارة عالية في الشريحة، عند تماسها مع موائع التثليج الهالوجينية تؤدي إلى مرور تيار كهربائي خلال الألكترود مؤدياً إلى إصدار صوت مميز، أو تذبذب ضوء أو كليهما، دلالة على وجود تسرب لمائع التثليج. ويمكن لكاشف التسرب الإلكتروني أن يكشف تسرب جميع أنواع موائع التثليج سواء أكانت من النوع كلوروفلوروكاربونية CFC، أم من النوع هيدروكلوروفلوروكاربونية HCFC، أو الهيدروفلوروكاربونية HFC وكذلك موائع التثليج البديلة، لذا لا توجد ضرورة لمعرفة مائع التثليج في الدورة لغرض إجراء الكشف.

ويجب تعيير كاشف التسرب الإلكتروني في الهواء أولاً بحيث لا يصدر صوتاً قبل البدء بكشف التسرب. ويمكن اعتبار كاشف التسرب الإلكتروني هو أكثر الأجهزة حساسية في الكشف عن التسرب، إذ أنه يكشف تسرب جميع أنواع موائع التثليج باستثناء مائع التثليج R-14. **ويجب العلم بأن كاشف التسرب الإلكتروني يجب أن لا يستعمل في الفضاءات التي تحتوي على مواد قابلة للاشتعال أو الانفجار.** ويجب استعمال كاشف التسرب الإلكتروني في فضاءات ذات هواء ساكن، ويجب إطفاء جميع الأجهزة التي تسبب حركة الهواء من مراوح وغيرها. أما كاشف التسرب الإلكتروني من نوع الأمواج فوق الصوتية فيحتوي على سماعات تعلق على الرأس وكاشف يحمل باليد، ويمكن لهذا الجهاز أن يتحسس الأمواج الصوتية دون مدى تحسس سمع الأنسان، ويمكن لهذه الأجهزة أن تتحسس صوت تسرب مائع التثليج من خلال منافذ التسرب.



شكل 5-16 كاشف التسرب الإلكتروني

تمرين 5-9 إصلاح مناطق التسرب.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية إصلاح مناطق التسرب بجميع أنواعها

المواد والعُدد المطلوبة: 1- أداة كشف التسرب تناسب الحالة المراد إصلاحها، 2- عُدة لحام هواء- أستلين، 3- ملابس وعُدة سلامة مهنية.

خطوات العمل:

1. استرجع مائع التثليج ومعالجته لإعادة استعماله وحفاظاً على البيئة وطبقة الأوزون.
2. تجنب إصلاح التسرب باللهب في حال وجود شحنة مائع التثليج داخل دورة التثليج مطلقاً، حيث إن اللهب يؤدي إلى تكسر جزئيات مائع التثليج وتحوله إلى مادة سامة.
3. تعرف على نوع المعدن المصنوع منه الأنبوب لتحديد نوع اللحام المستخدم في حال وجود تسرب، إذ قد يكون مصنوعاً من الفولاذ أو النحاس أو الألمنيوم، ويكون لون الأنابيب الفولاذية القديمة هو بني فاتح وينجذب نحو المغناطيس، أما لون الأنابيب النحاسية القديمة مائل إلى الحمرة، ولون الألمنيوم القديم فيكون أبيضاً وناعماً ولا ينجذب نحو المغناطيس كما في النحاس.
4. استعمل أداة القطع وتفليج الأنابيب لإصلاح مناطق الربط التي تستخدم الصامولة والتفليج وعمل آخر جديد ثم لحامه مكان التفليج القديم، مع مراعاة تجنب التسخين المفرط لأجزاء المنظومة، حيث إن التسرب يحدث غالباً في مناطق اتصال الأنابيب، فإذا اِستعملت الصامولة مع تفليج الأنبوب عند الربط فيمكن أن يكون السبب هو أما عدم إتقان تفليج الأنبوب، أو عدم إحكام ربط الصامولة، أو سوفان أسنان الصامولة.
5. مرر غاز النيتروجين الجاف خلال دورة التثليج لمنع تأكسد السطوح الداخلية للأنابيب قبل البدء باستعمال اللهب في إصلاح التسرب، كما مبين في الشكل (5-17)، إذ يبين الشكل (5-17 أ) أنبوباً نحاسياً قد تم لحامه بدون إمرار غاز النيتروجين الجاف وتلاحظ الأكاسيد واضحة على سطحه الداخلي في حين أن الشكل (5-17 ب) يبين سطحاً داخلياً لأنبوب تم لحامه بوجود غاز النيتروجين الجاف وتلاحظ خلو السطح الداخلي للأنبوب من الأكاسيد.
6. استعمل قطعة مقاومة للهب بين الأنبوب تحت الإصلاح وأجزاء منظومة التثليج، والمبين في الشكل (5-18).
7. عند وجود التسرب في الأنابيب المصنوعة من الألمنيوم يمكن استخدام المعاجين اللاصقة (اللحام البارد).
8. تأكد من إصلاح التسرب قبل إخواء المنظومة لأغراض فحص التسرب، حيث إن إخواء المنظومة مع وجود مناطق تسرب تؤدي إلى دخول الهواء الرطب وقد يتسبب ذلك ذوبان بخار الماء في زيت الضاغط.

أ- أكاسيد على السطح الداخلي لأنبوب تم لحامه بدون مرور غاز النيتروجين

ب- سطح داخلي خالي من الأكاسيد لأنبوب تم لحامه بوجود غاز النيتروجين الجاف

شكل 5-17 إمرار غاز النيتروجين الجاف في أثناء عملية اللحام

شكل 5-18 وضع مادة مقاومة للهب في أثناء عملية إصلاح الأنابيب

4-5 متطلبات إخواء منظومة تثليج تجارية Vacuum Requirements

من أهم متطلبات إخواء منظومات التثليج التجارية ما يلي:

1. **الاعتناء بعملية نصب وربط أجزاء المنظومة**: تُعد عملية إخواء وتجفيف منظومة التثليج من أهم متطلبات الصيانة الناجحة للمنظومة. ويجب أن تكون المنظومة خالية من الهواء بنسبة تقارب 100%، ومن المعروف أنه مهما كانت عملية الإخواء دقيقة فإن المنظومة لن تكون نظيفة مالم يتم الاعتناء بعملية نصب وربط أجزاء منظومة التثليج من البداية.

2. **عدم استخدام الضواغط الترددية في عملية الإخواء**: تُعد ضواغط التثليج الترددية الاعتيادية غير ملائمة لإجراء عملية الإخواء، حيث إن هذه الضواغط لم تصمم لغرض عمليات الإخواء، لذا لا ينصح باستعمالها، وإنما تستعمل مضخات الإخواء المخصصة لهذا الغرض، وهنالك نوعان من مضخات الإخواء هما، مضخة الإخواء أحادية المرحلة، وتستعمل في نظام الإخواء الثلاثي أما مضخة الإخواء ثنائية المراحل فتستعمل في نظام الإخواء الفائق.
3. **استخدام المضخات الدوارة لأغراض الإخواء**: تستعمل مضخة الإخواء من النوع الدوار ثنائية المراحل والمبينة في الشكل (5-19) لغرض إزالة بخار الماء والرطوبة من أنابيب وأجزاء منظومة التثليج. ولهذه المضخة القدرة على إخواء المنظومة حتى ضغط يعادل **0.25** ملم زئبق، وتتم عملية إزالة الرطوبة من المنظومة عن طريق تخفيض الضغط داخل أنابيب وأجزاء المنظومة مما يسهل عملية تبخر الرطوبة العالقة في أجزاء المنظومة وخروجها في أثناء عملية سحب الهواء. وهناك طريقتان في عملية الإخواء كما يأتي:

تمرين 5-10 استخدام الإخواء الفائق Deep Vacuum لإخواء منظومة تثليج

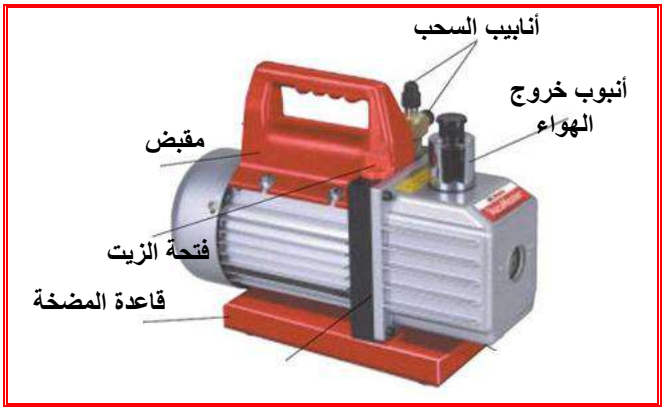
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استخدام الإخواء الفائق في إخواء منظومة تثليج

المواد والعُدد المطلوبة: 1-مضخة إخواء، المبينة في الشكل (5-19) ، 2- مقياس (ثرمستور) لقياس ضغط الهواء Thermistor Vacuum Gauge والمبين في الشكل (5-20) ، 2- وصلة ربط بشكل حرف T المبينة في الشكل (5-21).

خطوات العمل:

1. استعمل مقياس ثرمستور مع مضخة إخواء، حيث يتحسس مقياس ثرمستور ضغط الخواء ولغاية 0.5 ملم زئبق، ويمكنه أن يتحسس خلو المنظومة من الرطوبة وكذلك خلوها من التسرب، ويمكن القول بأن مقياس ثرمستور يستعمل كدليل على جاهزية المنظومة لعملية الشحن.
2. اربط مقياس ثرمستور كجزء من مضخة الإخواء باستعمال وصلة ربط على شكل حرف T، والمبينة في الشكل (5-21).
3. اربط الثرمستور مع مضخة الإخواء ومقياس الشحن، كما مبين في الشكل (5-22).
4. تُعد إزالة الرطوبة من المنظومة هي الفرق الرئيس بين الإخواء الفائق والإخواء الثلاثي لمنظومة التثليج، حيث إن الإخواء الثلاثي لن يزيل الرطوبة من المنظومة بشكل تام، إذ إن ضغط الهواء يشجع على تبخر الرطوبة من المنظومة وبعض الموائع المذابة التي تتبخر عند ضغط خواء فائق.
5. أوقف مضخة الإخواء عن العمل واغلق الصمام الذي يربط مضخة الإخواء بالمنظومة.

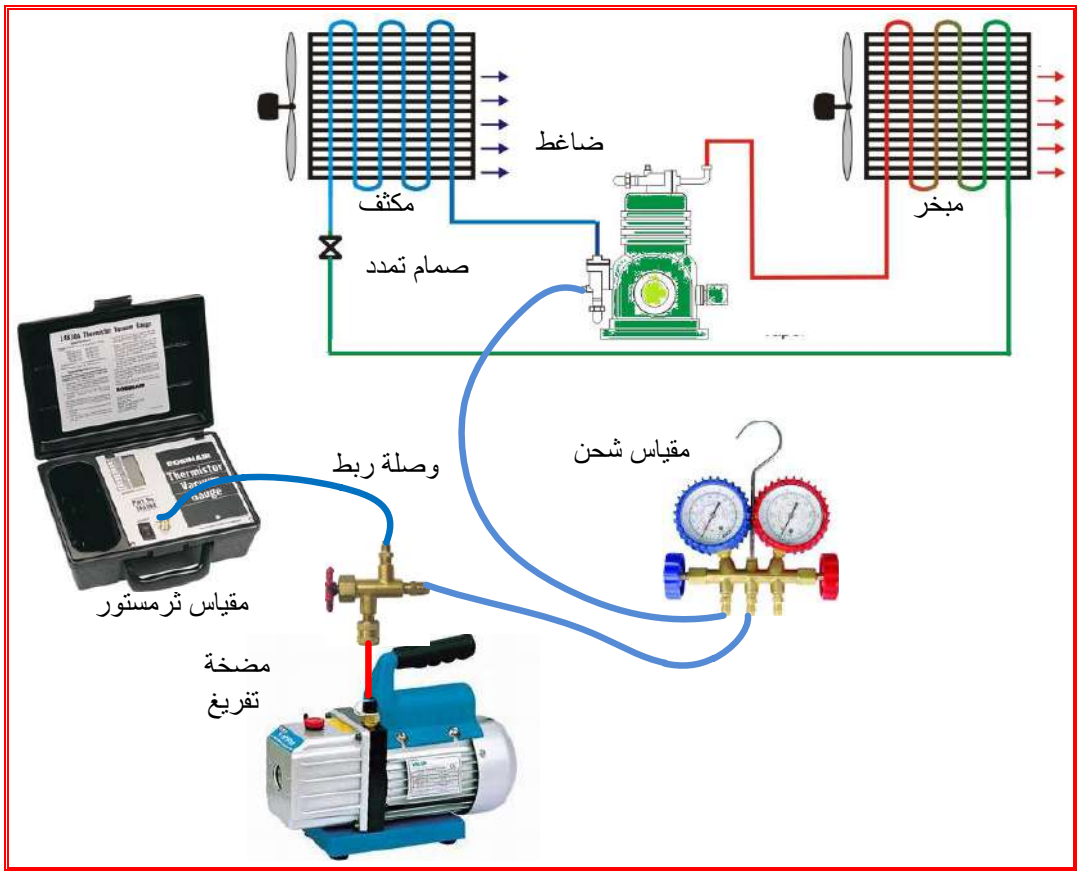
6. راقب مقياس ضغط الخواء الفائق، فإذا أشار المقياس زيادة في الضغط فهذا يدل على احتواء المنظومة على بعض الرطوبة، هذا على أساس أن المنظومة قد فحصت مسبقاً، وتم التأكد من عدم احتوائها على فتحات التسرب.
7. استعمل فتحات عديدة لغرض تحقيق الإخواء الفائق، حيث إن سحب الهواء من المنظومة من فتحة واحدة يعد غير كاف، ويتم سحب 94% من الرطوبة فقط تحت ضغط خواء يعادل 50 ملم زئبق.
8. سخن المنظومة إلى درجة حرارة مقدارها 38°C (درجة غليان الماء عند ضغط 50 ملم زئبق).
9. تشغيل المنظومة بشكل متقطع في أثناء عملية الإخواء لغرض تحرير الهواء المحتجز في بعض أجزاء المنظومة فضلاً عن تسخين الملفات الكهربائية لمحرك الضاغط التي يمكن أن تحجز بعض الهواء والرطوبة خلالها.
10. يفضل أن يستمر إخواء المنظومة لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة مقدارها 65°C، أو لمدة 8 ساعات عند درجة 120°C.
11. اشحن المنظومة ببخار مائع التثليج ثم استعادته مرة أخرى بواسطة منظومة استرجاع مائع التثليج.
12. أعد العملية مرة أخرى، ولغرض إزالة ما تبقى من الهواء في داخل، وعندها يمكن القول أن ما تبقى من هواء داخل المنظومة يمثل 0.01% من مجمل الهواء الكلي الذي تحتويه المنظومة.



شكل 5-19 مضخة إخواء من النوع الدوار ثنائية المراحل

شكل 5-20 مقياس ثرمستور لقياس ضغط الخواء

شكل 5-21 وصلة الربط المستعملة مع مقياس ثرمستور



شكل 5-22 طريقة ربط الثرمستور مع مضخة الإخواء ومقياس الشحن

تمرين 5-11 استخدام الإخواء الثلاثي Triple Evacuation لمنظومة تثليج تجارية.

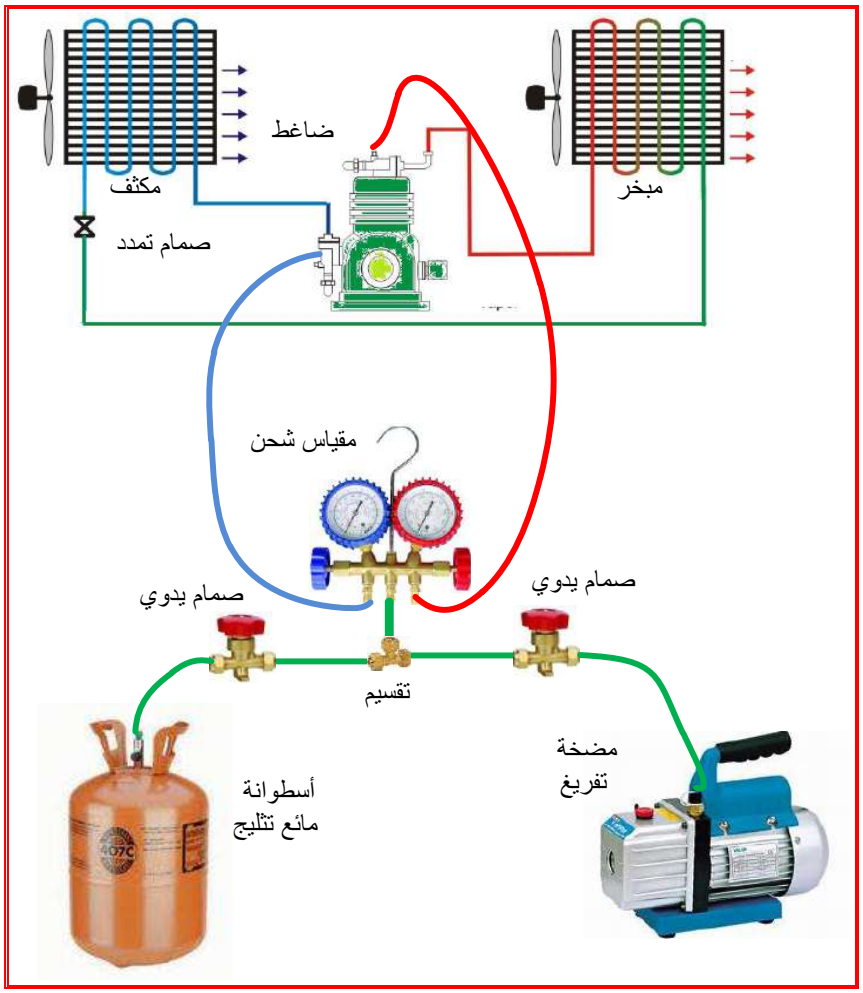
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استخدام الإخواء الثلاثي لإخواء منظومة تثليج تجارية.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- مضخة إخواء، 2- مقياس شحن، 3- أسطوانة نيتروجين جاف.

خطوات العمل:

1. أضبط صمام منظم ضغط أسطوانة النيتروجين عند 1300 كيلو باسكال. ويجب عدم تسخين أسطوانة النيتروجين أو ثاني أوكسيد الكاربون مطلقاً، ويجب أن لا تزيد درجة حرارة أسطوانة النيتروجين وثاني أوكسيد الكاربون عن 45°C.
2. افحص المنظومة بغاز النيتروجين الجاف أو غاز ثاني أوكسيد الكاربون، عند 1150 كيلو باسكال، وتأكد من خلوها من التسرب قبل استعمال الإخواء الثلاثي.
3. راقب منظومة التثليج، ويمكن أن نقول إن المنظومة خالية من التسرب إذا استمرت على المحافظة على ضغط ثابت لمدة 3 إلى 4 ساعات.

4. اربط المنظومة ومعدات الإخواء، كما مبين في الشكل (5-23).
5. أفرغ المنظومة أولاً عند ضغط 50 ملم زئبق.
6. اشحن المنظومة ببخار مائع التثليج عند ضغط 100 كيلو باسكال.
7. استرجاع البخار من المنظومة مرة أخرى باستعمال منظومة استرجاع مائع التثليج ولضغط هواء يساوي 50 ملم زئبق.
8. أعد شحن المنظومة ببخار مائع التثليج وعند ضغط 100 كيلو باسكال.
9. استرجاع البخار من المنظومة مرة أخرى باستعمال منظومة استرجاع مائع التثليج ولضغط هواء يساوي 50 ملم زئبق.
10. عند نهاية الإخواء تكون المنظومة جاهزة للشحن.



شكل 5-23 طريقة ربط المنظومة مع مضخة الإخواء لعمل إخواء ثلاثي

5-5 شحن منظومة التثليج Refrigeration System Charging

عند شحن أو التأكد من شحنة مائع التثليج نحتاج إلى عُدة الشحن، ويجب معرفة نوع مائع التثليج المستعمل مع جدول علاقة الضغط بدرجة حرارة مائع التثليج، حيث يستعمل هذا الجدول لمعرفة الضغط من درجة الحرارة وبالعكس، فعلى سبيل المثال عند ضغط مقداره 10 بار وعند استعمال الجدول (5-7) تكون درجة حرارة مائع التثليج R-22 تساوي 23.4°C، ولمائع التثليج R-407C فإنها تساوي 24.7°C، ولمائع التثليج R-134a تساوي 39.4°C، وهكذا. وهنالك عدد من الطرائق المستعملة لشحن منظومة التثليج.

تمرين 5-12 شحن منظومة تثليج عن طريق جهة الضغط الواطئ

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية شحن منظومة تثليج عن طريق الضغط الواطئ.

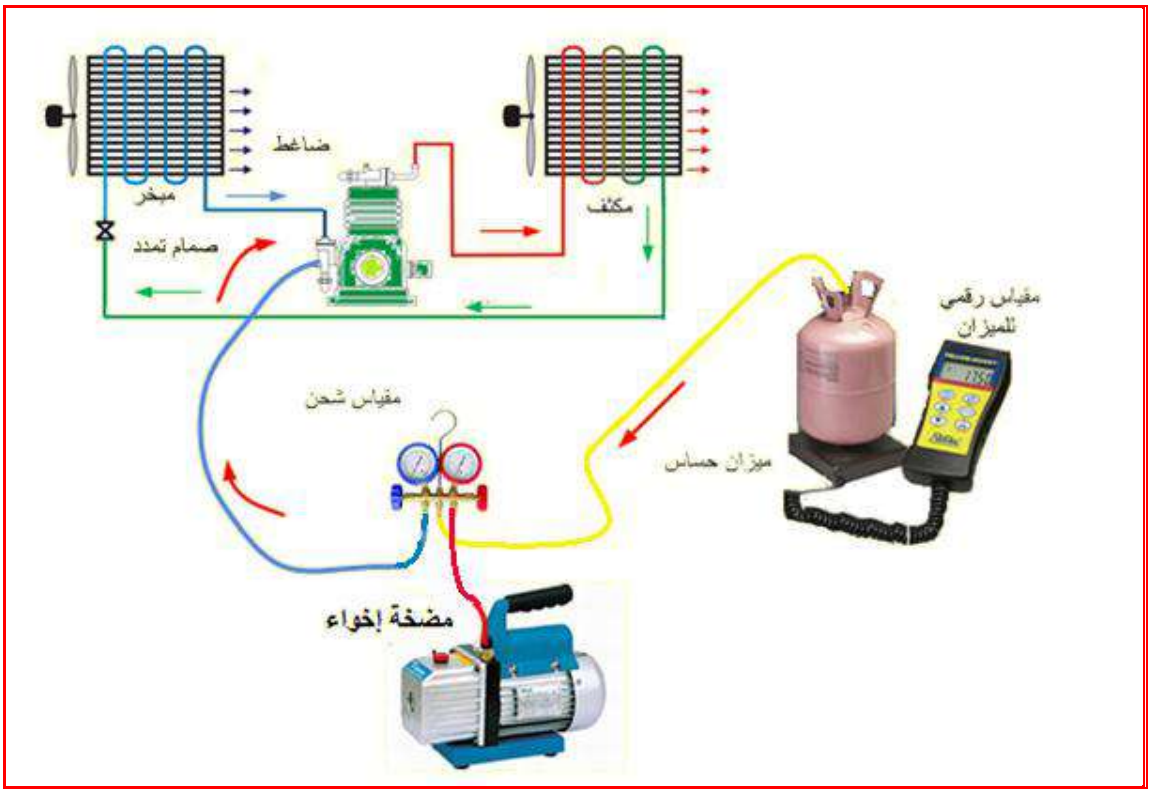
المواد والعُدد المطلوبة: 1- مقياس شحن، 2- مضخة إخواء، 3- أسطوانة مائع التثليج، 4- ميزان حساس.

خطوات العمل:

تُعد عملية الشحن عن طريق جهة الضغط الواطئ عملية نظيفة إذا تم شحن بخار مائع التثليج فقط. لاحظ الشكل (5-24).

1. التأكيد على وجود الفني المختص خلال عملية الشحن.
2. تنظيف الوصلات والأنابيب المطاطية ومقياس الشحن بشكل جيد.
3. إنجاز عملية فحص وإصلاح التسرب للدورة.
4. إنجاز عملية إخواء الدورة بشكل تام كما مر ذكره.
5. ارتداء ملابس العمل والقفازات والنظارة الواقية.
6. أغلق خط السحب جزئياً لمنظومة التثليج إذ تؤدي هذه العملية إلى زيادة تبخر مائع التثليج من أسطوانة مائع التثليج، التي تعمل كمبخر وقتي في منظومة التثليج، إذ يتم تبخر مائع التثليج من الأسطوانة في أثناء عمل الضاغط مما يؤدي إلى سحب شحنة مائع التثليج من الأسطوانة وليس من المبخر.
7. سخن أسطوانة مائع التثليج، إذا تطلب الأمر، عن طريق غمر أسطوانة مائع التثليج في وعاء يحتوي على ماء ساخن، ويجب عدم استعمال مشعل اللحام أو أي مصدر حراري لتسخين أسطوانة مائع التثليج.

8. حافظ على الضغط الواطئ عند الحد الطبيعي، إذ إن زيادة ضغط السحب تؤدي إلى زيادة الحمل على الضاغط، في حين يؤدي العمل على ضغط منخفض إلى طرد زيت الضاغط بشكل كبير إلى المبخر.
9. ارفع أسطوانة مائع التثليج حال الانتهاء من عملية الشحن.
10. الحذر من وصول سائل مائع التثليج إلى الضاغط خلال عملية الشحن عن طريق جانب الضغط الواطئ، حيث تؤدي هذه العملية إلى تحطم صمامات الدفع للضاغط.
11. استعمال الميزان الحساس لقياس كمية الشحنة الموصي بها وحسب دليل الجهاز.



شكل 5-24 شحن منظومة التثليج عن طريق جهة الضغط الواطئ

تمرين 5-13 التأكد من أن المنظومة قد شحنت بشكل مناسب اعتماداً على ضغط الدفع للضاغط.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية التأكد من أن منظومة التثليج قد أخذت الشحنة المطلوبة من مائع التثليج باعتماد ضغط الدفع للضاغط.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- مقياس شحن، 2- مقياس درجة الحرارة، 3- جدول الخواص الحرارية لمائع التثليج.

خطوات العمل:

1. جِد درجة حرارة التكثيف التصميمية للمنظومة، تكون درجة الحرارة التصميمية للمكثف مقاربة لدرجة حرارة الهواء الخارجي صيفاً، ولتكن 40°C.
2. زد على درجة حرارة التكثيف قيمة مقدارها 17°C، ستكون درجة الحرارة عندها تساوي 57°C، ولنفرض أن مائع التثليج هو R-407C، من جدول خواص مائع التثليج R-407C نجد أن ضغط التشبع المقاس عند درجة حرارة مقدارها 57°C يساوي بحدود 23,3 بار.
3. استمر بشحن المنظومة بمائع التثليج R-407C إلى أن يستقر ضغط الدفع عند 23,3 بار، وعند زيادة ضغط الدفع عن هذا الحد يجب سحب جزء من مائع التثليج من المنظومة، أما إذا كان الضغط أقل من 23,3 بار فيجب إضافة كمية من مائع التثليج إلى الدورة إلى أن يصبح ضغط الدفع يساوي 23,3 بار.
4. إذا احتوت منظومة التثليج على زجاجة بيان فيمكن التعرف على كفاءة الشحن عن طريق مراقبة زجاجة البيان والتأكد من عدم وجود فقاعات في أثناء عمل الضاغط.

تمرين 5-14 التأكد من أن المنظومة قد شحنت بشكل مناسب باعتماد التبريد المفرط في حال استعمال صمام تمدد حراري.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية التأكد من أن منظومة التثليج قد أخذت الشحنة المطلوبة من مائع التثليج باعتماد التبريد المفرط في حال استعمال صمام تمدد حراري.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة شحن، 2- مقياس درجة الحرارة، 3- جدول الخواص الحرارية لمائع التثليج.

خطوات العمل:

1. اربط عُدة الشحن على خط السائل بعد المكثف مباشرة.
2. استعمل محرار لقياس درجة حرارة خط السائل.
3. باستعمال الضغط ودرجة الحرارة يمكن حساب مقدار الإفراط بالتبريد كما يأتي، فمثلاً عند استعمال مائع تثليج من النوع R-134a وعند ضغط تكثيف مقداره 11 بار تكون درجة حرارة التشبع تساوي 43°C، وكانت درجة حرارة خط السائل تساوي 38°C.

4. نستعمل العلاقة التالية لحساب مقدار الأفراط في التبريد

مقدار الإفراط في التبريد =

درجة حرارة تشبع مائع التثليج عند ضغط خط السائل – درجة الحرارة المقاسة لخط السائل.

5. مقدار الإفراط في التبريد = $43 - 38 = 5°C$
6. قراءة مقدار الإفراط في التبريد من على صمام التمدد الحراري، فإذا كان مقدار الإفراط في التبريد التصميمي يساوي 7°C، فإن درجة حرارة الإفراط في التبريد المحسوبة هي أقل من التصميمية، لذا يجب إضافة كمية من مائع التثليج، أما إذا كان مقدار الإفراط في التبريد أكبر من المقدار التصميمي فيجب سحب كمية من مائع التثليج بواسطة منظومة استرجاع مائع التثليج.

تمرين 5-15 التأكد من أن المنظومة قد شحنت بشكل مناسب باعتماد تحميص بخار مائع التثليج عند استعمال صمام تمدد حراري.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية التأكد من أن منظومة التثليج قد أخذت الشحنة المطلوبة من مائع التثليج باعتماد تحميص بخار مائع التثليج عند استعمال صمام تمدد حراري.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة شحن، 2- مقياس درجة الحرارة، 3- جدول الخواص الحرارية لمائع التثليج.

خطوات العمل:

1. إربط عُدة الشحن على خط الدفع بعد الضاغط مباشرة.
2. إستعمل محرار لقياس درجة حرارة خط الدفع.
3. باستعمال الضغط ودرجة الحرارة يمكن حساب مقدار التحميص كما يأتي، فمثلاً عند استعمال مائع تثليج من النوع R-134a وعند ضغط سحب (الضغط الواطئ) مقداره 2 بار تكون درجة حرارة التشبع تساوي ($-10.1°C$)، وكانت درجة حرارة خط السحب تساوي 5°C.
4. إستعمل العلاقة التالية لحساب مقدار التحميص:

مقدار التحميص =

درجة حرارة خط السحب المقاسة – درجة حرارة تشبع مائع التثليج عند ضغط الدفع.

5. مقدار التحميص $5 - (-10.1) = 15.1°C$

6. قراءة مقدار التحميص من على صمام التمدد الحراري، فإذا كان مقدار التحميص يساوي 10°C، فإن درجة حرارة التحميص المحسوبة هي أكبر من التصميمية، لذا يجب إضافة كمية من مائع التثليج، أما إذا كان مقدار التحميص أقل من المقدار التصميمي فيجب سحب كمية من مائع التثليج بواسطة منظومة استرجاع مائع التثليج في مثل هذه الحالة.

7. عادة يكون مقدار تحميص البخار لصمام التمدد الحراري بين 8 إلى 12°C.

جدول 5-7 علاقة درجة حرارة التشبع بمائع التثليج

P	T				
Bar	°C				
	R-12	R-134a	R-22	R-407	R-404A
1	-30.1	-26.4	-41.0	-36.8	-46.0
1.2	-25.7	-22.4	-37.1	-33.0	-42.2
1.4	-21.9	-18.8	-33.6	-29.6	-38.8
1.6	-18.5	-15.6	-30.5	-26.6	-35.7
1.8	-15.4	-12.7	-27.7	-23.9	-33.0
2	-12.5	-10.1	-25.1	-21.4	-30.5
2.2	-9.9	-7.6	-22.7	-19.1	-28.1
2.4	-7.4	-5.4	-20.5	-17.0	-26.0
2.6	-5.1	-3.2	-18.4	-15.0	-23.9
2.8	-2.9	-1.2	-16.5	-13.1	-22.0
3	-0.9	0.7	-14.6	-11.3	-20.2
3.2	1.1	2.5	-12.8	-9.6	-18.4
3.4	3.0	4.2	-11.2	-8.0	-16.8
3.6	4.8	5.8	-9.5	-6.5	-15.2
3.8	6.5	7.4	-8.0	-5.0	-13.7
4	8.2	8.9	-6.5	-3.6	-12.2
4.2	9.7	10.4	-5.1	-2.2	-10.8
4.4	11.3	11.8	-3.7	-0.9	-9.5
4.6	12.8	13.2	-2.4	0.3	-8.2
4.8	14.2	14.5	-1.1	1.6	-6.9
5	15.6	15.7	0.1	2.8	-5.7

تابع جدول 5-7 علاقة درجة حرارة التشبع بمائع التثليج

P	T				
Bar	°C				
	R-12	R-134a	R-22	R-407	R-404A
5.2	16.9	17.0	1.4	3.9	-4.5
5.4	18.3	18.2	2.5	5.0	-3.3
5.6	19.5	19.3	3.7	6.1	-2.2
5.8	20.8	20.5	4.8	7.2	-1.1
6	22.0	21.6	5.9	8.2	-0.1
6.2	23.2	22.7	6.9	9.2	1.0
6.4	24.3	23.7	8.0	10.2	2.0
6.6	25.5	24.7	9.0	11.1	3.0
6.8	26.6	25.7	10.0	12.1	3.9
7	27.7	26.7	10.9	13.0	4.9
7.2	28.7	27.7	11.9	13.9	5.8
7.4	29.7	28.6	12.8	14.8	6.7
7.6	30.8	29.5	13.7	15.6	7.6
7.8	31.8	30.4	14.6	16.4	8.5
8	32.7	31.3	15.5	17.3	9.3
8.2	33.7	32.2	16.3	18.1	10.2
8.4	34.6	33.1	17.2	18.9	11.0
8.6	35.6	33.9	18.0	19.6	11.8
8.8	36.5	34.7	18.8	20.4	12.6
9	37.4	35.5	19.6	21.2	13.3
9.2	38.3	36.3	20.4	21.9	14.1
9.4	39.1	37.1	21.2	22.6	14.9
9.6	40.0	37.9	21.9	23.3	15.6
9.8	40.8	38.6	22.7	24.0	16.3
10	41.6	39.4	23.4	24.7	17.1
10.2	42.5	40.1	24.1	25.4	17.8
10.4	43.3	40.9	24.9	26.1	18.5
10.6	44.1	41.6	25.6	26.8	19.2
10.8	44.8	42.3	26.3	27.4	19.8
11	45.6	43.0	27.0	28.1	20.5
11.2	46.4	43.7	27.6	28.7	21.2
11.4	47.1	44.3	28.3	29.3	21.8

تابع جدول 5-7 علاقة درجة حرارة التشبع بمائع التثليج

P	T				
Bar	°C				
	R-12	R-134a	R-22	R-407	R-404A
11.6	47.9	45.0	29.0	29.9	22.5
11.8	48.6	45.7	29.6	30.5	23.1
12	49.3	46.3	30.3	31.1	23.7
12.2	50.0	47.0	30.9	31.7	24.3
12.4	50.7	47.6	31.5	32.3	24.9
12.6	51.4	48.2	32.1	32.9	25.6
12.8	52.1	48.9	32.8	33.5	26.1
13	52.8	49.5	33.4	34.0	26.7
13.2	53.5	50.1	34.0	34.6	27.3
13.4	54.1	50.7	34.6	35.2	27.9
13.6	54.8	51.3	35.2	35.7	28.5
13.8	55.4	51.9	35.7	36.2	29.0
14	56.1	52.4	36.3	36.8	29.6
14.2	56.7	53.0	36.9	37.3	30.1
14.4	57.4	53.6	37.4	37.8	30.7
14.6	58.0	54.1	38.0	38.3	31.2
14.8	58.6	54.7	38.6	38.9	31.8
15	59.2	55.2	39.1	39.4	32.3
15.2	59.8	55.8	39.6	39.9	32.8
15.4	60.4	56.3	40.2	40.4	33.3
15.6	61.0	56.9	40.7	40.9	33.8
15.8	61.6	57.4	41.2	41.3	34.4
16	62.2	57.9	41.8	41.8	34.9
16.2	62.8	58.4	42.3	42.3	35.4
16.4	63.3	59.0	42.8	42.8	35.9
16.6	63.9	59.5	43.3	43.2	36.3
16.8	64.5	60.0	43.8	43.7	36.8
17	65.0	60.5	44.3	44.2	37.3
17.2	65.6	61.0	44.8	44.6	37.8
17.4	66.1	61.5	45.3	45.1	38.3
17.6	66.7	61.9	45.8	45.5	38.7
17.8	67.2	62.4	46.2	46.0	39.2
18	67.8	62.9	46.7	46.4	39.7

تابع جدول 5-7 علاقة درجة حرارة التشبع بمائع التثليج

P	T				
Bar	˚C				
	R-12	R-134a	R-22	R-407	R-404A
18.2	68.3	63.4	47.2	46.8	40.1
18.4	68.8	63.9	47.7	47.3	40.6
18.6	69.3	64.3	48.1	47.7	41.0
18.8	69.9	64.8	48.6	48.1	41.5
19	70.4	65.2	49.0	48.5	41.9
19.2	70.9	65.7	49.5	49.0	42.4
19.4	71.4	66.2	49.9	49.4	42.8
19.6	71.9	66.6	50.4	49.8	43.2
19.8	72.4	67.1	50.8	50.2	43.7
20	72.9	67.5	51.3	50.6	44.1
20.2	73.4	67.9	51.7	51.0	44.5
20.4	73.9	68.4	52.2	51.4	44.9
20.6	74.3	68.8	52.6	51.8	45.3
20.8	74.8	69.2	53.0	52.2	45.8
21	75.3	69.7	53.4	52.6	46.2
21.2	75.8	70.1	53.9	53.0	46.6
21.4	76.2	70.5	54.3	53.4	47.0
21.6	76.7	70.9	54.7	53.7	47.4
21.8	77.2	71.3	55.1	54.1	47.8
22	77.6	71.7	55.5	54.5	48.2
22.2	78.1	72.2	55.9	54.9	48.6
22.4	78.6	72.6	56.3	55.2	49.0
22.6	79.0	73.0	56.7	55.6	49.3
22.8	79.5	73.4	57.1	56.0	49.7
23	79.9	73.8	57.5	56.3	50.1
23.2	80.3	74.2	57.9	56.7	50.5
23.4	80.8	74.5	58.3	57.1	50.9
23.6	81.2	74.9	58.7	57.4	51.3
23.8	81.7	75.3	59.1	57.8	51.6
24	82.1	75.7	59.5	58.1	52.0
24.2	82.5	76.1	59.9	58.5	52.4
24.4	82.9	76.5	60.3	58.8	52.7
24.6	83.4	76.8	60.6	59.2	53.1

أسئلة الفصل الخامس

س1: ما اعتبارات بناء دائرة ميكانيكية لمنظومة تثليج من ناحية موقع نصب الضاغط وربط وحدة التكثيف بالدورة؟

س2: متى تنصب فاصلات الزيت عند جهة الضغط العالي لمنظومة التثليج؟

س3: ما خطوات فحص ومعايرة منظومة الحماية لضاغط ترددي؟

س4: كيف تنصب مصيدة الزيت وأين؟ ارسم مخططاً لمصيدة زيت.

س5: ما اعتبارات نصب المكثفات المبردة بالماء؟ أذكرها باختصار.

س6: ما اعتبارات نصب برج التبريد أذكرها باختصار؟

س7: ما مزايا فحص التسرب بواسطة رغوة الصابون؟ وما عيوبها؟

س8: أشرح تركيب وطريقة عمل كاشف التسرب باستعمال مشعل الهاليد.

س9: ما الخطوات الواجب اتباعها لإصلاح التسرب في منظومة التثليج؟

س10: اشرح سبب إمرار غاز النيتروجين الجاف في دورة التثليج في أثناء عملية اللحام.

س11: ما طرائق إخواء منظومة التثليج من الهواء؟

س12: ما الفرق بين الإخواء الفائق والإخواء الثلاثي؟

س13 لماذا سميت طريقة الإخواء الثلاثي بهذا الاسم؟

س14: اشرح طريقة الإخواء الثلاثي مع الرسم.

س15: ما الطرائق المستعملة في التأكد من كفاية شحنة مائع التثليج؟

س16: املأ الفراغات التالية بما يناسبها:

- تترك سماحية مقدارها ..... لكل ..... من مسافة التماس.
- لا تستعمل الضواغط مـــن النوع..... في ربـــــــط الضواغــط على التـــوازي، وذلك لأن .....

- يتم فحص التسرب من منظومة التثليج الانضغاطيــة بعدة طرائق منها.....و .....و .....
- يستعمل كاشف التسرب الإلكتروني لفحص التسرب لجميع أنواع موائع التثليج باستثناء مائع التثليج .....
- لا يستعمل كاشف التسرب الإلكتروني في الفضاءات التي تحوي مواد .....

س17: منظومة تثليج تعمل على مائع تثليج R-22 درجة حرارة التكثيف للمنظومة تساوي42°C، أوجد ضغط الشحن عند خط الدفع المناسب لهذه المنظومة.

س18: منظومة تثليج تحتوي على صمام تمدد حراري، إشرح طريقة اختيار درجة حرارة الأفراط في التبريد لمعرفة كفاية شحنة مائع التثليج .

س19: منظومة تثليج تعمل على مائع التثليج R-407C ، كان مقدار الأفراط في التبريد التصميمي لصمام التمدد 15°C، وكانت درجة حرارة خط السحب 30°C، وضغط السحب يساوي 14 بار. هل أن شحنة مائع التثليج كافية؟ ولماذا؟ وفي حال كون الشحنة غير مناسبة بين هل تحتاج المنظومة إلى إضافة أو سحب مائع التثليج.

س20: منظومة تثليج تحتوي على مائع تثليج R-404A، تحتوي على صمام تمدد حراري ذي درجة تحميص مقدارها 8°C، وضغط دفع يساوي 18 بار، وكانت درجة حرارة خط الدفع تساوي 50°C، هل أن شحنة مائع التثليج كافية؟ ولماذا؟ وفي حال كون الشحنة غير مناسبة بين أتحتاج المنظومة إلى إضافة أو سحب مائع التثليج؟

الفصل السادس

صيانة المخازن المبردة والمجمدة

Maintenance of Cold & Freezer Store

صيانة المخازن المبردة والمجمدة

Maintenance of Cold & Freezer Store

1-6 مقدمة Introduction

تستخدم المخازن المبردة والمجمدة في حفظ اللحوم والفواكه والخضر والحبوب، ويتم الحفظ عند درجات حرارة مختلفة تتناسب ونوع الطعام الذي يراد حفظه، ففي الخضروات تكون درجات حرارة الحفظ أكبر من الصفر السيليزي أما في اللحوم فتكون تحت الصفر السيليزي عادة، وقد تم التطرق إلى المخازن المبردة والمجمدة وموضوع حفظ الأغذية في كتاب العلوم الصناعية للمرحلة الثانية، وسيتم التأكيد في هذا الفصل على صيانة المخازن المبردة والمجمدة.

من أهم المشاكل التي تواجه المخازن المبردة أوالمجمدة هو تكثف بخار الماء في الهواء داخل المخزن أو البخار الصادر من المنتجات المخزونة، عند فتح باب المخزن يدخل الهواء الخارجي المحمل بالرطوبة إلى حيز المخزن المبرد أو المجمد، وعند غلق باب المخزن فإن الهواء سوف يدور عبر مبخر المخزن، مما يؤدي إلى تكثف بخار الماء المحمول بالهواء على أنابيب المبخر، ومن ثُم انجماده بين زعانف المبخر، وحدوث انسداد مسارات الهواء بين زعانف المبخر. إن انسداد مجاري الهواء بين زعانف المبخر يؤدي إلى عجز المروحة عن تدوير الهواء خلال المبخر، ومن ثُم ارتفاع درجة الحرارة داخل المخزن عن درجة الحرارة المرغوبة (المطلوبة)، وفصل منظومة التثليج باستمرار. لذا يتطلب الأمر إذابة الجليد المتجمع على المبخر باستمرار، وعلى هذا الأساس يتوجب إضافة منظومة إذابة الجليد إلى الجهاز، وبالذات على المبخر.

تتكون منظومة إذابة الجليد من مؤقت زمني مهمته فصل التيار الكهربائي عن الضاغط ومروحة المبخر وتحويله إلى مسخن إذابة الجليد كي يقوم بإذابة الجليد المتجمع على المبخر. ويعمل عادة مؤقت إذابة الجليد كل 8 ساعات من عمل الضاغط أو حسب تصميم الجهاز. حيث إن مسخن إذابة الجليد عبارة عن سلك حراري داخل أنبوب زجاجي مقاوم للحرارة، أو داخل أنبوب نحاس يوضع بين أنابيب المبخر. عند اشتغال منظومة الإذابة يقوم المسخن بإذابة الجليد المتراكم، ويتجمع الماء المنصهر أسفل المبخر. وللتخلص من الماء الناتج عن العملية يجب أن يجهز المبخر بأنبوب تصريف لغرض تصريف الماء إلى خارج المخزن. وبسبب انخفاض درجة حرارة المخزن المجمد فأنه من الممكن أن ينجمد الماء داخل أنبوب التصريف مما يؤدي إلى تجمع الماء في قاعدة المبخر، وتكتله بشكل يمكن أن يغلق مسارات الهواء بين زعانف المبخر، لذا يجب عزل أنبوب تصريف الماء عزلاً حرارياً جيداً لمنع انجماد الماء داخل الأنبوب، ويتم في كثير من الأحيان لف أنبوب التصريف بمسخن آخر لضمان عدم إنجماد الماء داخله.

2-6 خدمة وصيانة منظومة التثليج لمخزن مبرد

Service & Maintenance of Cold Store

تحوي منظومة التثليج في المخازن المبردة على عدة أجزاء كما في أية منظومة تثليج انضغاطية. وحيث تم التطرق إلى أغلب أجزاء منظومة التثليج في الفصول السابقة، لذا سنؤكد في هذه الفقرة على خدمة وصيانة مبخر المنظومة والأجزاء الملحقة بها.

1-2-6 العزل الحراري لأنبوب تصريف المياه الناتجة عن ذوبان الجليد المتراكم على المبخر

إن من مساوئ انجماد خط تصريف المياه الناتجة عن ذوبان الجليد المتراكم على المبخر هو تجمعها وانجمادها أسفل المبخر، ويبين الشكل (6-1) أحد الحالات الناتجة عن انجماد خط التصريف، وفي حال عطل منظم درجة الحرارة واستمرار منظومة التثليج بالعمل فأن ذلك يؤدي إلى انجماد الماء على جميع أجزاء منظومة التثليج ولا سيما الضاغط، كما مبين في الشكل (6-2).

شكل 6-1 انجماد الماء أسفل المبخر بسبب انسداد أنبوب تصريف الماء بالجليد

شكل 6-2 تكون الجليد على الضاغط بسبب عطل منظم درجة الحرارة وانسداد أنبوب تصريف الماء

تمرين 6-1: عزل أنبوب تصريف ماء مبخر مخزن مجمد

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية عزل أنبوب تصريف مخزن مجمد.

المواد والعُدد المطلوبة: 1-عازل حراري إسفنجي، 2- أداة قطع.

طريقة العمل: اعتماداً على الشكل (6-3) نتبع الخطوات التالية:

1. في حال تراكم الجليد أسفل المبخر نعمل على تكسير وإزالة الجليد بواسطة مطرقة من الخشب وأداة مدببة، كما مبين في الشكل (6-3-1)، ثم نزيل الجليد ليصبح أسفل المبخر خالياً من الجليد كما في الشكل (6-3-2).
2. يوضح الشكل (6-3-3) أنبوب تصريف الماء وكيفية ربطه بالمبخر.
3. إزالة الأنبوب الثانوي الذي يُربط مع أنبوب التصريف الرئيسي وترك الماء ينضح من قاعدة المبخر، كما مبين في الشكل (6-3-4).
4. استخدام عازل إسفنجي بسمك 2.5 سم يحتوي على خط مفتوح طولياً، كما في الشكل (6-3-5).
5. إحاطة الأنبوب على طوله بالعازل، كما مبين في الشكل (6-3-6).
6. تثبيت العازل برابط بلاستيكي مع إحكام الأسلاك الأخرى إن وجدت، كما في الشكل (6-3-7)
7. يبين الشكل (6-3-8) أنبوب تصريف الماء بعد عزله عزلاً حرارياً.

1- إزالة الجليد المتجمع أسفل المبخر

2- شكل المبخر بعد إزالة الجليد

3- طريقة ربط المبخر بأنبوب التصريف

4- إزالة الأنبوب الثانوي الذي يربط مع أنبوب التصريف الرئيسي وترك الماء ينضح

5- العازل الإسفنجي المستعمل في العزل الحراري

6- إحاطة أنبوب التصريف بالعازل

7- ربط العازل بحزام مع الأسلاك إن وجدت

8- شكل أنبوب التصريف بعد عزله حرارياً

شكل 6-3 طريقة عزل أنبوب تصريف الماء عزلاً حرارياً لمنع انجماده

6-2-2 فحص وصيانة منظومة إذابة الجليد للمبخر

يؤدي عطل المسخن الكهربائي أو المؤقت الزمني الى تراكم الجليد على مبخر منظومة التثليج، ويكون الجليد عازلاً بين الحيز والمبخر، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المخزن المبرد أو المخزن المجمد فوق درجات الحرارة التصميمية، لذا يتطلب الأمر فحص وصيانة وإصلاح منظومة إذابة الجليد، وسيتم توضيح طريقة صيانة منظومة إذابة الجليد بالتمرينين الآتيين.

تمرين 6-2 فتح وفحص مسخن إذابة الجليد

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية فتح وفحص سخان إذابة الجليد.

المواد والعُدد المطلوبة: 1-عُدة عمل كاملة، 2- مقياس متعدد الأغراض، 3- ملابس عمل كاملة مع مُعدات السلامة

طريقة العمل:

يوجد المسخن الكهربائي في المبخر، ويختلف شكله وتثبيته حسب الشركة المصنعة للمخزن المبرد أو المجمد. وقد سبق التطرق إلى فحص مسخن إذابة الجليد في المرحلة الأولى، ويستخدم المقياس متعدد الأغراض للفحص وذلك عن طريق قياس طرفي المسخن، فعندما تكون قراءة المقياس صفرا أو قيمة قليلة فهذا يدل على وجود دائرة قصر في المسخن، أما إذا كانت القراءة عالية جداً فهذا يدل على وجود قطع في سلك المسخن.

تمرين 6-3 فتح وفحص مؤقت إذابة الجليد

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية فتح وفحص مؤقت إذابة الجليد.

المواد والعُدد المطلوبة:1- مؤقت إذابة الجليد، 2- عُدة عمل، 3- شحم تزييت.

خطوات العمل:

يمكن معرفة فشل المؤقت الزمني عن العمل بطريقتين، الأولى عن طريق ارتفاع درجة حرارة المخزن المبرد نتيجة لتراكم الثلج على المبخر. ومن المشاكل الشائعة للمؤقت الزمني هو حشر في المسنن الدوار، أو تلف المحرك الكهربائي للمؤقت. ويمكن أن يؤدي عطل المؤقت الزمني إلى عدم عمل الضاغط أيضاً، ويمكن فحص هذا العطل عن طريق وضع المؤقت الزمني يدوياً على حالة إذابة الجليد، وعندها يجب أن يعمل المؤقت لمدة 30 إلى 40 دقيقة حسب تصميم الجهاز عند حالة إذابة الجليد، وبعدها يبدأ الضاغط بالعمل، فإذا لم يعمل الضاغط بعد انقضاء المدة الزمنية المحددة فهذا يدل على عطل المؤقت الزمني، والطريقة الثانية تتم عن طريق ملاحظة المبخر، فإذا كان هنالك تجمعٌ للجليد بشكل كثيف فهذا يدل على عطل المسخن أو عطل المؤقت

الزمني. في حال سلامة المحرك الكهربائي للمؤقت الزمني يتم التأكد من المسنن الدوار، فإذا لم يدور المسنن عند إيصال التيار الكهربائي فيستلزم الأمر فتح الموقت الزمني كما يأتي:

1. افتح الغلاف الخارجي للمؤقت الزمني، وستلاحظ وجود مسنن دوار وملف المحرك الكهربائي، كما مبين في الشكل (6-4-1).
2. ارفع المسنن الدوار من مكانه، كما مبين في الشكل (6-4-2).
3. استخدم الشحم الخاص لتشحيم أجزاء المؤقت الزمني، ويجب عدم المبالغة في استخدام الشحم حيث أن كمية صغيرة ترفع بواسطة فاتح اللوالب تكون كافية كما مبين في الشكل (6-4-3).
4. ضع كمية قليلة من الشحم على المسننات الداخلية للمؤقت الزمني، كما مبين في الشكل (6-4-4).
5. ضع كمية قليلة من الشحم على محور المسنن وعلى أسنان المسنن، كما مبين في الشكل (6-4-5).
6. اعد المسنن إلى مكانه، وارجع الغلاف الخارجي للمؤقت الزمني واربطه على مصدر الكهرباء، وتأكد من دوران المسنن. كما مبين في الشكل (6-4-6) .

ا- فتح الغطاء الخارجي للمؤقت الزمني

2- رفع المسنن الداخلي

3- استخدام الشحم لغرض التشحيم

4- تزيت المسننات الداخلية

5- تشحيم المسنن بالشحم

6- إعادة المسنن إلى مكانه

شكل 6-4 صيانة المؤقت الزمني لإذابة الجليد

ملاحظة: في المنظومات الحديثة يستغنى عن هذا النوع من المؤقت الزمني ومتحسسات الحرارة ويستعاض عنها بدائرة إلكترونية تنظم عمل المسخن الكهربائي والسيطرة على درجات الحرارة المرغوبة للمخزن.

3-6 منظومة تثليج لغرفة مبردة أو مجمدة

Refrigeration System for Cold or Freezer Store

1-3-6 وصف الدائرة الميكانيكية لمنظومة التثليج

يتكون المخزن المبرد أو المجمد من غرفة بأبعاد معينة، تعزل جدرانها وأرضيتها وسقفها عزلاً حرارياً جيداً، وتحتوي الغرفة على جزئي منظومة التثليج، هما الجزء الخارجي والذي يسمى بوحدة التكثيف وتنصب خارج المخزن، كما مبين في الشكل (6-5)، والجزء الثاني هو مجموعة المبخر وتنصب داخل المخزن، كما هو مبين في الشكل (6-6).

شكل 6-5 مخزن مبرد أو مجمد مبين فيه وحدة التكثيف وكيفية نصبها خارج الغرفة

شكل 6-6 مخزن مبرد أو مجمد مبين فيه وحدة المبخر وصمام التمدد الحراري

أولاً: وحدة التكثيف تتكون وحدة التكثيف من:

1. **الضاغط**: تم في الفصل الثالث شرح مفصل عن موضوع الضاغط.

2. **المكثف**: قد يكون من النوع المبرد بالماء أو بالهواء، ويعتمد نوع المكثف المستعمل على سعة منظومة التثليج. فإذا كان المكثف من النوع المبرد بالماء الذي يستعمل عادة للسعات الكبيرة فيتطلب الأمر نصب برج تبريد ومضخات لدفع مياه تبريد المكثف وشبكة أنابيب لنقل الماء من المكثف إلى برج التبريد وبالعكس. إما إذا كان المكثف من النوع المبرد بالهواء فيتطلب الأمر نصب مروحة بسعة تناسب سعة المكثف لغرض توفير حركة للهواء على سطح المكثف.

3. **مستقبل سائل مائع التثليج الخارج من المكثف**، الذي يعمل على فصل البخار عن سائل مائع التثليج بحيث يحقق دخولاً لمائع التثليج إلى صمام التمدد بالحالة السائلة فقط.

4. **مرشح مجفف**: يستعمل لغرض ترشيح وتجفيف مائع التثليج الخارج من المكثف.

5. **زجاجة بيان**: تستعمل لملاحظة حالة مائع التثليج ومدى تكثفه، حيث إن ظهور فقاعات في زجاجة البيان قد تدل على قصور في أداء المكثف أو انسداد في بعض أجزاء الدورة أو نقص في كمية مائع التثليج.

6. **مقياس للضغط العالي** وآخر **لقياس الضغط الواطئ**.

7. **صمام بملف كهربائي**: يوضع في خط السائل لمائع التثليج، ويستعمل لقطع تدفق مائع التثليج إلى المبخر أثناء توقف الضاغط.

8. **قاطع وقاية من زيادة الضغط العالي، وقاطع وقاية من الضغط الواطئ**.

9. **قاطع وقاية من انخفاض ضغط الزيت**.

لاحظ الشكل (6-7) الذي يبين وحدة تكثيف ذات سعة صغيرة نسبياً تستعمل في المخازن المبردة أو المجمدة من نوع المكثف يبرد بالهواء والضاغط من نوع نصف مغلق.

شكل 6-7 وحدة تكثيف منظومة تثليج

ثانياً: مجموعة المبخر

وتتكون من الآتي، لاحظ الشكل (6-6) السابق.

1. **شبكة أنابيب المبخر**، وهي عبارة عن شبكة من الأنابيب النحاسية، تحتوي على زعانف رقيقة من الألمنيوم لغرض زيادة كفاءة انتقال الحرارة.
2. **مروحة المبخر**، قد تكون من النوع المحوري أو من النوع الطارد المركزي.
3. **سخان إذابة الجليد**، الذي يستعمل لإزالة الجليد المتراكم على المبخر.
4. **صمام تمدد حراري**.
5. **أنبوب تصريف الماء الناتج عن ذوبان الجليد**.

6-3-2 فتح أجزاء منظومة التثليج

عند الحاجة إلى صيانة منظومة تثليج انضغاطية، يتطلب الأمر فتح أجزاء المنظومة ومن المهم جداً أن يتم استرجاع مائع التثليج من الدورة قبل البدء بفتح الدورة، ومن ثم نتبع الخطوات التالية:

1. اعزل الجزء الذي تريد فتحه عن أجزاء المنظومة.
2. استرجاع مائع التثليج من أي جزء يتطلب الأمر فتحه وإزالته.
3. يجب أن يكون الضغط داخل أي جزء ترغب في إزالته يساوي الضغط الجوي.
4. نظف وجفف وصلات الربط التي تربط الجزء إلى المنظومة.
5. إغلاق جميع فتحات الجزء مباشرة بعد إزالته.

6-3-2-1 استرجاع مائع التثليج

من الضروري جداً عدم تسريب شحنة مائع التثليج إلى الجو مطلقاً للحفاظ على طبقة الأوزون والبيئة كما تم توضيحه سابقاً، ويتم استرجاع مائع التثليج عن طريق نصب عُدة الشحن على المنظومة، كما مبين في الشكل (6-8)، وهنالك ثلاث طرائق لاسترجاع مائع التثليج هي:

1. **استرجاع بخار مائع التثليج.**
2. **استرجاع سائل مائع التثليج.**
3. **طريقة الدفع والسحب.**

تذكر

إن كل غرام واحد من بخار مائع التثليج R-22 عند الضغط الجوي وعند درجة حرارة مقدارها 45ْس، يحتوي على 7,000,000,000,000,000,000 جزيئة من مائع التثليج R-22 وإن كل جزيئة واحدة من الكلور كافية لتدمير 100000 جزيئة أوزون، قَدّرْ كم جزئية أوزون في الغلاف الجوي سوف تدمر! فلا تكن مسؤولاً عن تدمير بيئتك.

تمرين 6-4 استرجاع بخار مائع التثليج

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استرجاع مائع التثليج في طور البخار.

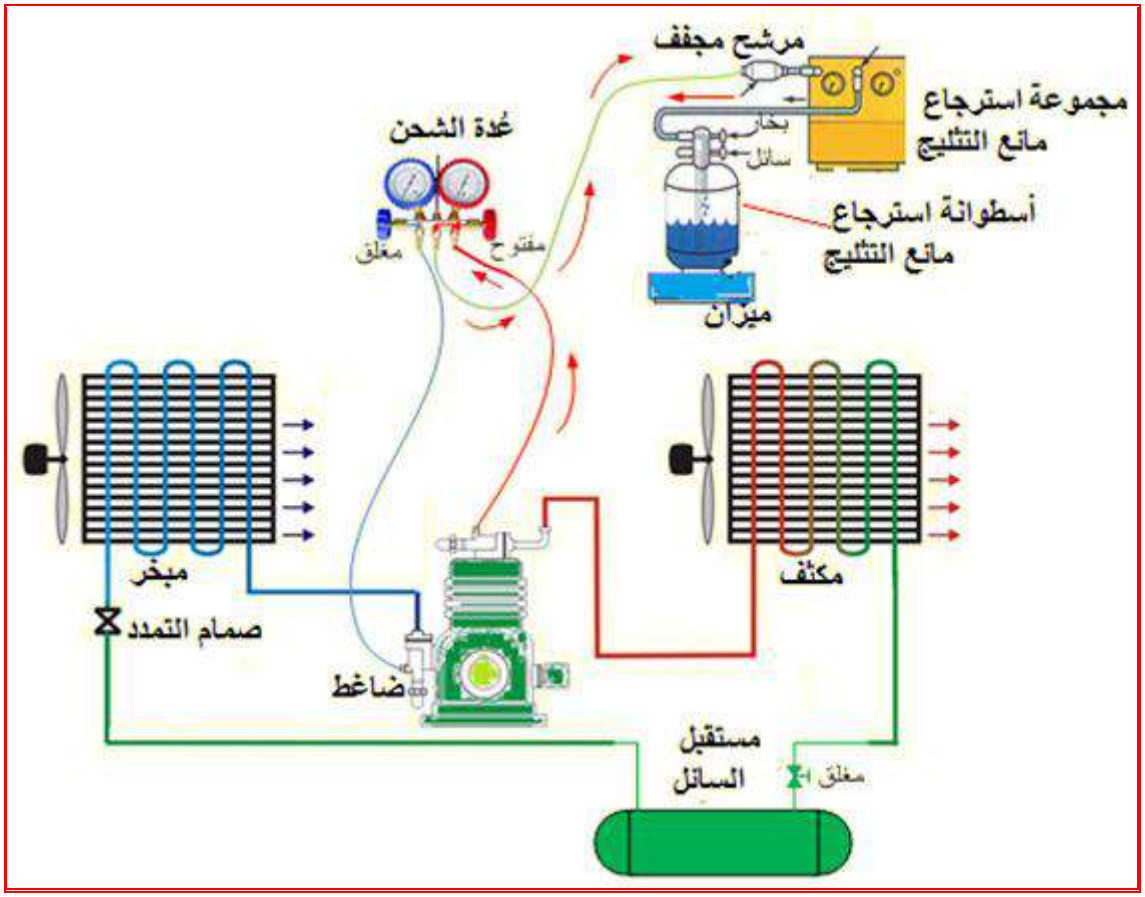
المواد والعُدد المطلوبة: 1- مجموعة استرجاع مائع التثليج، 2- عُدة شحن، 3- ميزان حساس، 4- عُدة عمل، 5- لباس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

تُعد طريقة استرجاع مائع التثليج بحالة البخار الأكثر شيوعاً وتناسب جميع أنواع منظومات التثليج. ومن عيوبها إنها بطيئة وتواجه صعوبة في منظومات التثليج الكبيرة التي تحتوي على كمية كبيرة من مائع التثليج، وتربط منظومة استرجاع مائع التثليج، كما مبين في الشكل (6-8)، وتنجز عملية استرجاع مائع التثليج بحالة البخار، المبينة في الشكل (6-9) من الخطوات الآتية:

1. اربط عُدة الشحن بوحدة التثليج عن طريق ربط الأنبوب الأحمر لعُدة الشحن الذي يمثل الضغط العالي بصمام الدفع للضاغط أو منظومة التثليج، ومن ثم اربط الأنبوب الأزرق لعُدة الشحن الذي يمثل الضغط الواطئ بصمام السحب للضاغط أو منظومة التثليج، في حين يربط الأنبوب الأصفر لعُدة الشحن الذي يمثل النقطة المشتركة بصمام السحب لمجوعة استرجاع مائع التثليج، كما مبين في الخطوات 1 و 2 و 3 و 4 و 5 و6 من الشكل (6-9).
2. استعملْ أنبوب مطاطي آخر (أحمر اللون غالباً) لربط خط الدفع لمجموعة استرجاع مائع التثليج بصمام السائل لأسطوانة استرجاع مائع التثليج، كما مبين في الخطوات 7 و 8 من الشكل (6-9).
3. يبين الشكل (6-9-9) الشكل النهائي لعملية الربط.
4. استعملْ ميزان حساس لقياس كمية مائع التثليج المسترجع حيث يمكن لشاشة الميزان أن تشير إلى الرقم صفر قبل البدء بعملية الاسترجاع كما مبين في الشكل (6-9-10).
5. ضعْ مفتاح مجموعة استرجاع مائع التثليج على حالة العمل، ثم ضعْ عتلة التحكم على حالة بخار VAPOR، كما مبين في الشكل (6-9-11) والشكل (6-9-12).

6. اِفتحْ صمام الضغط الواطئ لمقياس الشحن، كما مبين في الشكل (6-9-13).
7. ستلاحظ انخفاض سريع في قراءة مقياس الضغط الواطئ، وعند وصول المقياس إلى الضغط صفر، سيتوهج مصباح انتهاء عملية الاسترجاع، دع الجهاز يعمل مرة ثانية وثالثة إلى أن يتوقف عن العمل. كما مبين في الاشكال (6-9-14)، (6-9-15)،(6-9-16) .
8. ضعْ مفتاح مجموعة استرجاع مائع التثليج على التوقف، وكذلك عتلة الجهاز، كما مبين في الشكلين (6-9-17)، (6-9-18).
9. يتطلب الأمر هنا تفريغ مجموعة استرجاع مائع التثليج مما تبقى من بخار عالق بها.
10. تتم هذه العملية عن طريق تشغيل مجموعة استرجاع مائع التثليج، ووضع العتلة على التفريغ PURGE، كما مبين في الشكل (6-9-19) والشكل (6-9-20)، بعد انتهاء العملية سيتوهج المصباح إيذاناً بانتهاء عملية التفريغ.كما مبين في الشكل (6-9-21)
11. أطفئ الجهاز وضع العتلة على الوضع مغلق، ثم أغلق صمام السائل في اسطوانة استرجاع مائع التثليج. وبهذا تكون عملية استرجاع بخار مائع التثليج قد اكتملت.كما مبين في الشكل (6-9-22)



شكل 6-8 طريقة استرجاع مائع التثليج من الدورة الانضغاطية

1- ممكن أن يختلف مقياس عُدة الشحن عن المقياس المعتاد

2- أجزاء مجموعة استرجاع مائع التثليج

3- قبل البدء يجب أن تكون ذراع اختيار الاسترجاع على حالة الغلقOFF

4- اربط الأنبوب الأحمر لعُدة الشحن عند صمام الضغط العالي

5- اربط الأنبوب الأزرق لعُدة الشحن مع صمام الضغط الواطئ

6- اربط الأنبوب المشترك لعُدة الشحن إلى صمام السحب في مجموعة استرجاع مائع التثليج

7- اربط الأنبوب المطاطي الأحمر إلى صمام السائل في أسطوانة استرجاع مائع التثليج

8- اربط النهاية الثانية للأنبوب الأحمر إلى فتحة الدفع لمجموعة استرجاع مائع التثليج

9- الشكل النهائي لربط مجموعة استرجاع مائع التثليج بوحدة تكييف هواء مجمعة

10- شاشة الميزان الحساس

11- صل التيار الكهربائي لمجموعة استرجاع مائع التثليج

12- ضع عتلة التحكم على اختيار بخار VAPOR

13- أفتح جهة الضغط الواطئ لعُدة الشحن

14- لاحظ مقياس الضغط الواطئ سيبدأ بالهبوط بشدة

15- عند وصول ضغط مقياس السحب إلى الصفر فهذا يدل على انتهاء عملية استرجاع مائع التثليج

16- تحتوي بعض الأجهزة على مصباح يشير إلى انتهاء عملية الاسترجاع

17- أطفئ التيار الكهربائي عن المجموعة

18- حرك العتلة على وضعية الغلق

19- صل التيار الكهربائي للمجموعة لبدء التفريغ

20- ضع العتلة على وضع تفريغ PURGE

21- سيضئ المصباح منبهاً انتهاء عملية التفريغ

22- أغلق الجهاز وضع العتلة على وضع الأغلاق واغلق صمام السائل في القنينة

شكل 6-9 عملية استرجاع بخار مائع التثليج

تمرين 6-5 استرجاع مائع التثليج بحالة السيولة

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استرجاع مائع التثليج في طور السائل.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- مجموعة استرجاع مائع التثليج، 2- مقياس شحن، 3- ميزان حساس، 4- عُدة عمل، 5- لباس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

تُعد هذه الطريقة الأسرع بين الطرائق الثلاث، وتكون مفيدة في نقل مائع التثليج بحالة السيولة من أسطوانة إلى أخرى، ويكون ربط مجموعة استرجاع مائع التثليج مع منظومة التثليج شبيهاً بالربط المستعمل في استرجاع بخار مائع التثليج. وتختلف خطوات العمل عن سابقتها عندئذٍ، كما مبين في الشكل (6-10).

1. الربط كما مبين في الشكل (6-10-1) مشابه للربط السابق.
2. توضع العتلة على حالة السائل LIQUID.
3. يفتح صمام الضغط العالي لمقياس الشحن.
4. عند ثبوت قراءة الميزان يعني هذا انتهاء عملية الاسترجاع، ويتوهج مصباح الجهاز.
5. دع المجموعة تعمل لعدة مرات إلى أن تتوقف كلياً.
6. أفرغ مجموعة الاسترجاع وأغلق صمام السائل.

1- الربط مشابه تماماً لربط استرجاع بخار مائع التثليج

2- توضع العتلة على حالة السائل LIQUID

3- يتم فتح صمام الضغط العالي في المقياس

4- يتم مراقبة شاشة الميزان فعند ثبوت القراءة يعني هذا انتهاء عملية الاسترجاع

5- أفرغ مجموعة استرجاع مائع التثليج

6- غلق صمام السائل

شكل 6-10 طريقة استرجاع سائل مائع التثليج

تمرين 6-6 استرجاع مائع التثليج بطريقة الدفع والسحب.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية استرجاع مائع التثليج بطريقة الدفع والسحب.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- مجموعة استرجاع مائع التثليج، 2- مقياس شحن، 3- ميزان حساس، 4- عُدة عمل، 5- لباس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

وفيها تتم عملية استرجاع مائع التثليج على مرحلتين، حيث يتم فيها استرجاع سائل مائع التثليج أولاً، وعند انتهاء العملية يُعاد الربط ليتم سحب بخار مائع التثليج، وتستعمل هذه الطريقة في المنظومات الكبيرة التي تحتوي على كتلة كبيرة من مائع التثليج، حيث يتطلب الأمر وقتاً طويلاً لإزالته عند استخدام استرجاع بخار مائع التثليج. ولا تستعمل هذه الطريقة في الحالات الآتية:

- لا تستعمل مع المضخات الحرارية (Heat Pump) ومنظومات التثليج التي تحتوي على صمام عاكس
- المنظومات التي تحوي على مستقبل للسائل Liquid Receiver.
- المنظومات التي تقل كتلة مائع التثليج فيها عن 5 كيلوغرام.
- لا تستعمل عُدة الشحن في هذا الربط، ويُستعاض عنها بزجاجة بيان تربط عند صمام السائل لقنينة الاسترجاع، وتتم العملية حسب الخطوات الآتية كما في الشكل (6-11):

1. يربط صمام السحب في ضاغط منظومة التثليج إلى صمام سحب مجموعة الاسترجاع، ثم يربط صمام الدفع لضاغط منظومة التثليج إلى صمام السائل في اسطوانة الاسترجاع عبر زجاجة بيان. وأخيراً يربط صمام البخار لأسطوانة الاسترجاع إلى صمام السحب لمجموعة الاسترجاع، كما مبين في الشكل (6-11-1).
2. يفتح صمام البخار في أسطوانة استرجاع مائع التثليج، كما مبين في الشكل (6-11-2).
3. يفتح صمام السائل في أسطوانة استرجاع مائع التثليج، كما مبين في الشكل (6-11-3).
4. توضع العتلة على وضع بخار VAPOR، كما مبين في الشكل (6-11-4).
5. شغل مجموعة استرجاع مائع التثليج، كما مبين في الشكل (6-11-5).
6. لاحظ زجاجة البيان عند صمام السائل في أسطوانة استرجاع مائع التثليج، ستلاحظ جريان سائل مائع التثليج، كما مبين في الشكل (6-11-6).
7. راقب قراءة شاشة الميزان، ستلاحظ زيادة مستمرة في القراءة إلى أن تثبت القراءة عن قيمة معينة وهذا يدل على نفاذ مائع التثليج من منظومة التثليج، كما مبين في الشكلين (6-11-7)، (6-11-8).
8. سيتوهج مصباح المجموعة إيذاناً بانتهاء عملية الاسترجاع، كما مبين في الشكل (6-11-9).
9. أغلق صمام البخار، ثم قم بإفراغ مجموعة الاسترجاع، وأخيراً أغلق صمام السائل.

10. بعد الانتهاء من هذه الخطوة يجب الرجوع إلى طريقة استرجاع بخار مائع التثليج لإنجاز عملية الاسترجاع بشكل تام.

1- ربط مجموعة استرجاع مائع التثليج بمنظومة التثليج

2- يفتح صمام البخار أولاً

3- يفتح صمام السائل ثانياً

4- ضع العتلة على قراءة بخار VAPOR

5- شغل مجموعة استرجاع مائع التثليج

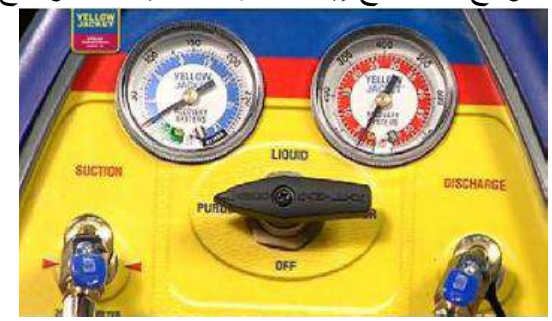
6- لاحظ سريان سائل مائع التثليج من خلال زجاجة البيان

7- راقب كتلة المائع المسترجع

8- عند ثبوت قراءة الميزان يعني انتهاء عملية الاسترجاع

9- توهج المصباح إيذاناً بانتهاء عملية الاسترجاع

10- أغلق صمام البخار أولاً



11- افرغ مجموعة الاسترجاع

12- اغلق صمام السائل

شكل 6-11 طريقة الدفع – السحب في استرجاع مائع التثليج.

بعد الانتهاء من استرجاع مائع التثليج بالكامل، يتم العمل على فتح أجزاء منظومة التثليج كما يأتي:

تمرين 6-7 رفع الضاغط من الدورة

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية رفع الضاغط من منظومة التثليج.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- منضدة عمل،3- ملابس ومُعدات السلامة المهنية.

خطوات العمل:

1. نظف وصلات الربط بواسطة مزيل الشحم قبل البدء بفتحها، ثم افتح وصلة ربط صمامي السحب والدفع. مع التأكيد على عدم إزالة خطي السحب والدفع عن الضاغط.
2. افتح اللوالب التي تثبت الضاغط بالقاعدة، ويجب إزالة الزيت من الضاغط مباشرة وحفظه استعداداً للتخلص منه، ويجب عدم إعادة استعمال الزيت مرة أخرى.
3. لحماية مانع تسرب عمود المرفق، فيجب عدم إسناد الضاغط على عجلة الدوران المرتبطة بعمود المرفق، ويحفظ الضاغط على قاعدة صلبة مع عدم تسليط أي ثقل على عجلة الدوران.
4. يمكن إزالة عجلة الدوران بواسطة ساحبة عجلة الدوران مع استعمال القليل من الحرارة لتسخين منطقة اتصال عجلة الدوران بعمود المرفق.

تمرين 6-8 رفع مكثف المبرد بالهواء

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية رفع المكثف من دورة التثليج.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- ملابس ومُعدات السلامة المهنية.

خطوات العمل:

قبل البدء بعملية رفع المكثف، يجب التأكد من أن المكثف خالٍ من مائع التثليج، وأن الضغط داخل المكثف يساوي الضغط الجوي. ثم نتبع الخطوات الآتية:

1. اغلق صمام الخدمة الذي يفصل المكثف عن مستقبل السائل، ثم افتح صمام خدمة المكثف إلى أن يتساوى ضغط المكثف مع الضغط الجوي.
2. يمكن أن يحتوي المكثف على زيت تزييت لذا يجب ربط عُدة الشحن إلى المكثف، ومن ثم سحب الزيت من المكثف.
3. نظف المكثف من الخارج قبل رفعه، ويتم ذلك عن طريق الهواء المضغوط أو المكنسة الكهربائية أو الفرشاة السلكية. مع تجنب إتلاف زعانف المكثف. كما يجب تغليف المكثف بعد إزالته لغرض المحافظة على الزعانف بشكل سليم.
4. عند رفع التوصيلات الكهربائية يجب تعليمها وترقيمها لغرض الاعتماد على الترقيم في إعادة الربط الكهربائي للدائرة الكهربائية.
5. ارفع المحرك الكهربائي للمراوح وريش المراوح، ويجب أن تُعلَم هذه القطع وتخزن في مخازن مناسبة لإعادة استعمالها مرة ثانية.

تمرين 6-9 رفع المبخر

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية رفع المبخر من دورة التثليج.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- ملابس ومُعدات السلامة المهنية.

خطوات العمل:

عند رفع المبخر نتبع الخطوات الآتية:

1. اربط عُدة الشحن على خط خدمة الضاغط وافحص بحثاً عن التسرب.
2. اعزلْ التيار الكهربائي عن مراوح المبخر وصمام الملف مع تعليم وترقيم الأسلاك الكهربائية.
3. اعزلْ التيار الكهربائي عن سخان إذابة الجليد، ثم افصل الأسلاك الكهربائية وعلَمها.
4. نظفْ وصلات الربط من شحم التشحيم ثم افتح صامولات ربط المبخر، وارفع المبخر مع الانتباه إلى زعانف المبخر.

تمرين 6-10 رفع صمام التمدد الحراري.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية رفع صمام التمدد الحراري من دورة التثليج.

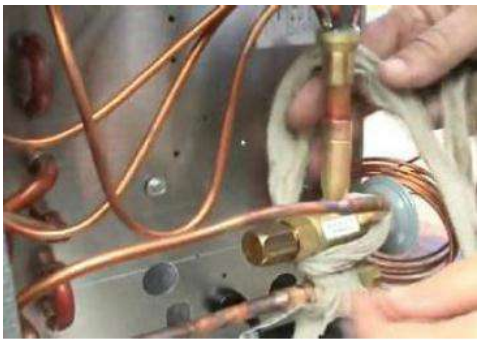
المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- مجموعة لحام أوكسي- أستيلين، 3- ملابس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

يمكن أن يكون صمام التمدد الحراري من النوع الذي يُربط مع المبخر بواسطة صامولات، وفي حال كون المبخر من هذا النوع يعمل على تنظيف وصلات الربط وفتحها بعناية، أما إذا كان صمام التمدد من النوع الذي يُلحم مع المبخر فنتبع الخطوات الآتية، كما في الشكل (6-12):

1. استعملْ قطعة من القماش مبلله بشكل جيد، وابدأ بلفها حول الصمام ابتداءً من رأس الصمام، كما مبين في الشكل (6-12-2)، والاستمرار بلفها إلى أن تغطي جميع أجزاء الصمام، كما مبين في الشكل (6-12-3).
2. حضرْ مشعل لحام الأوكسي- أستيلين، كما مبين في الشكل (6-12-4).
3. سخنْ منطقة اتصال المعادل الخارجي بالصمام بواسطة اللهب، كما مبين في الشكل (6-12-5)، ومن ثم اسحب الأنبوب، كي ينفصل عن جسم الصمام، كما مبين في الشكل (6-12-6).
4. في حال كون اتصال أنبوب التغذية (خط السائل القادم من مستقبل السائل) بالصمام عن طريق صامولة، قم بتنظيف الصامولة ثم افتحها، أما إذا كان الاتصال بواسطة اللحام فنعمل على تسخين منطقة اللحام وسحب الأنبوب كما سبق.
5. أعدْ ترطيب قطعة القماش بكمية من الماء، ثم ابدأْ بتسخين منطقة اتصال الصمام بموزع السائل مع الاستمرار بالتسخين، كما مبين في الشكل (6-12-7).
6. عند انصهار منطقة اللحام اسحبْ الأنبوب، كما مبين في الشكل (6-12-8)، في هذه الحالة يكون الصمام جاهزاً للرفع من مكانه.

1- شكل صمام التمدد الحراري



2- لف صمام التمدد الحراري بقطعة قماش مبلله قبل رفعه

3- شكل الصمام بعد لف قطعة القماش المبللة

4- إشعال مشعل الأوكسي- أستيلين

5- صهر نقطه اتصال المعادل الخارجي بالصمام

6- سحب المعادل الخارجي

7- صهر نقطة أتصال مخرج الصمام بموزع السائل

8- سحب الصمام

شكل 6-12 رفع صمام التمدد الحراري المثبت على المبخر باللحام

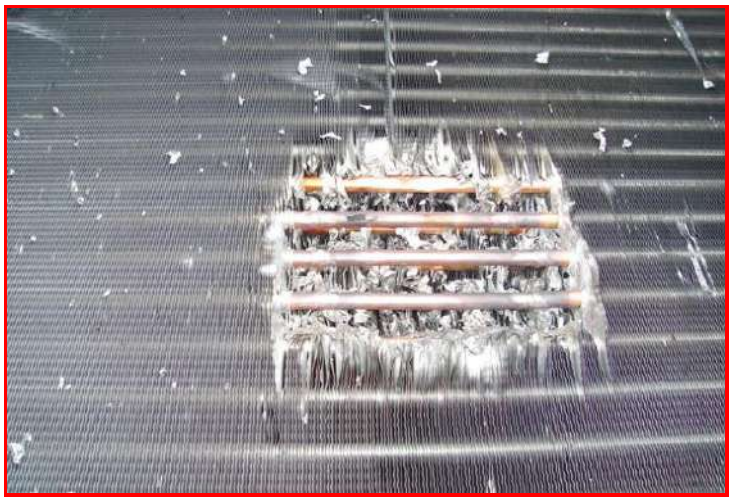
تمرين 6-11 رفع المحركات الكهربائية

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية رفع المحركات الكهربائية.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- ملابس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

1. افصل التيار الكهربائي عن طريق قاطع الدورة ثم افصل المنصهرات إن وجدت.
2. علَم وُرقم الأسلاك الكهربائية إذا لم تكن مرقمة ثم افصلها الأسلاك الكهربائية عن مكانها.
3. افصل حزام نقل الحركة إن وجد.
4. أفتحْ اللوالب التي تثبت المحرك بقاعدة الجهاز.
5. ارفع المحرك من مكانه مع التأكيد على عدم تضرر مروحة المحرك أو زعانف أنابيب المكثف أو المبخر، كما مبين في الشكل (6-13).
6. ارفع المحرك الكهربائي واعمل على رفع عجلة الدوران، ويتم ذلك عن طريق فتح اللولب الذي يثبت العجلة بمحور الدوران، ويستعمل مفتاح (ألنكي) Allen key، كما في الشكل (6-14-1).
7. ثبتْ أداة السحب Puller على عجلة الدوران لغرض سحبها، كما مبين في الشكل (6-14-2).
8. ابدأ بشد لولب أداة السحب، كما مبين في الشكل (6-14-3)، إلى أن تخرج العتلة من محور دوران المحرك، كما مبين في الشكل (6-14-4).



شكل 6-13 تلف زعانف المكثف بسبب سوء رفع محرك المروحة

1- استخدام مفتاح حرف L لفتح عجلة الدوران

2- تثبيت أداة السحب على العجلة

3- شد لولب أداة السحب لسحب العجلة

4- إخراج العجلة بعد انتهاء شد اللولب

شكل 6-14 عملية سحب عجلة الدوران من محور دوران محرك كهربائي

تمرين 6-12 تجميع دورة التثليج

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تجميع دورة تثليج.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- ملابس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

بعد الانتهاء من عملية فتح أجزاء المنظومة الانضغاطية وفحص جميع أجزائها، يجب العمل على إعادة تجميع أجزاء المنظومة بشكل مناسب، كما يأتي:

1. نظفْ وجففْ كل جزء من أجزاء الدورة.
2. أفرغْ أجزاء المنظومة من الهواء مع غلق صمامات الخدمة الخاصة بها، وفي حال عدم وجود صمامات للخدمة يجب غلق أنابيب الدخول والخروج للجزء ولحامه، كي نمنع دخول الهواء والغبار والحشرات إلى هذا الجزء.
3. أفحصْ كل جزء من الأجزاء لأغراض التسرب.

من الصعوبة نصب أجزاء منظومة التثليج في حقل العمل من دون دخول أجسام غريبة أو رطوبة أو ملوثات أخرى داخل المنظومة، وعلى هذا الأساس يستعمل المرشح المجفف في كل منظومات التثليج لغرض حجب الأجسام الغريبة والملوثات والرطوبة.

أ- نصب ضاغط منظومة التثليج

1. استعملْ ضاغط بسعة مساوية للضاغط الذي يتم إبداله، واذا كان بالإمكان أن يختار من النوع ذاته للضاغط القديم، إن الضاغط قد تم تصميمة واختياره على أساس الضغوط ومعدل تدفق مائع التثليج، وإن اختلاف سعة الضاغط تؤدي إلى اختلاف في أداء المنظومة.
2. التأكد من الغلق المحكم لصمامات الخدمة، وفي حال كون صمامات الخدمة تُركت مفتوحة فيجب رفض الضاغط وعدم نصبه على الدورة، إذ إن تعرض الضاغط للظروف الجوية يؤدي إلى تشبع زيت الضاغط بالرطوبة فضلاً عن احتمال دخول الملوثات والحشرات إلى الضاغط. إن استعمال ضاغط مهمل في الدورة يؤدي إلى مشاكل كبيرة يمكن أن تحدث بسبب الضاغط.
3. انصب الضاغط في مكانه تماماً مع التأكيد على استعمال مخمدات الاهتزاز.
4. اربط جميع اللوالب التي تثبت الضاغط في قاعدة المنظومة.
5. نظفْ أماكن الربط الكهربائي بعناية، ثم اربط الأسلاك حسب المخطط الكهربائي بإحكام تام.
6. عند عدم وجود المخطط الكهربائي استعملْ العلامات والأرقام التي وضعتها في أثناء فتح الضاغط.
7. تجنب ربط أسلاك مصنوعة من الألمنيوم مع أسلاك أو وصلات ربط مصنوعة من النحاس، حيث إن هذا الربط يتآكل بسرعة مع الوقت.
8. انصب مقاييس الضغط وقواطع الحماية من الضغط العالي والضغط الواطئ.
9. أفرغ الضاغط من الهواء واشحنه ببخار مائع التثليج المستعمل في شحن الدورة إلى ضغط 200 كيلو باسكال.

ب- نصب مكثف منظومة التثليج

1. غَلفْ المكثف بعناية قبل رفعه أو نصبه، حيث إن من أهم متطلبات نصب المكثف هو العناية الفائقة بزعانف المكثف، إذ أن تلف هذه الزعانف يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في أداء المكثف.
2. انصب المكثف بمستوى أفقي قدر الإمكان.
3. تأكدْ من غلق فتحتي الدخول والخروج للمكثف قبل نصبه.
4. اربط المكثف إلى الضاغط أو مستقبل السائل إن وجد باستعمال صامولات الربط ويجب الاعتناء بتفليج الأنابيب لمنع التسرب، ويجب أن يكون الأنبوب الواصل بين المكثف والضاغط بطول مناسب، كي لا يحصل شد للأنبوب ومن ثُم فشل الربط نتيجة لاهتزاز الضاغط.

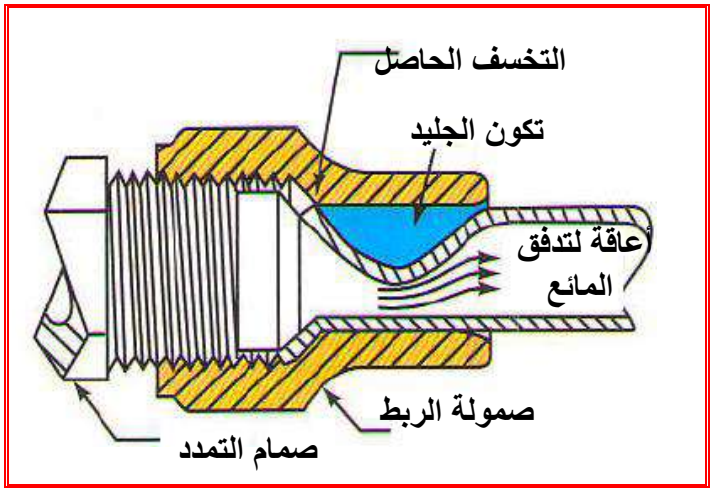
5. نظفْ وصلات الربط بفرشاة سلكية، واستعملْ شريط التفلون على أسنان لولب الربط.
6. افحصْ المكثف لأغراض التسرب عن طريق شحنه بغاز النيتروجين الجاف إلى ضغط 200 كيلوباسكال.
7. في حال عدم وجود تسرب يضغط المكثف من 800 إلى 1300 كيلو باسكال، يُفحص مرة ثانية لأغراض التسرب.
8. في حال عدم وجود التسرب يتم نصب المحرك الكهربائي ومروحة المكثف، وتأكد من عمل المروحة.
9. أعد فحص التسرب مرة ثانية، وفي حال عدم وجود تسرب ثبت غلاف المكثف بأحكام.

ت- نصب المبخر

1. تأكد من أن كلاً من أنبوبي الدخول والخروج من المبخر محكمي الإغلاق قبل نصب المبخر.
2. انصب صمام التمدد الحراري على المبخر قبل نصب المبخر إلى المنظومة.
3. اربط المبخر إلى الضاغط.
4. أفرغْ كلاً من المبخر والضاغط والأنابيب المتصلة بهما من الهواء بشكل تام.
5. اعدْ عملية التفريغ مرة ثانية.
6. اشحنْ المبخر بغاز ثاني أوكسيد الكاربون أو النيتروجين الجاف إلى ضغط يتراوح من 130 إلى 280 كيلو باسكال.
7. افحصْ للبحث عن التسرب.
8. في حال عدم وجود تسرب ارفع الضغط إلى ما يقارب ضغط التكثيف للمنظومة وافحصْه مرة ثانية لأغراض التسرب.
9. سخن المبخر إلى درجة حرارة تتراوح من 80ْس إلى 90ْس ويتم تفريغ المبخر من الغاز الذي يحتويه، وذلك للتخلص من الرطوبة إن وجدت.
10. بعد التأكد من سلامة المبخر انصب منظومة إذابة الجليد، مع التأكيد على إحكام الربط الكهربائي لأجزاء منظومة إذابة الجليد.
11. انصب المراوح والمحركات الكهربائية، ويتم التأكد من عمل كلٍ من منظومة إذابة الجليد والمحركات الكهربائية.
12. انصب حاوية المبخر مع إحكام ربطها بشكل جيد.

ث- نصب صمام التمدد الحراري

1. اغلقْ جميع فتحات صمام التمدد الحراري قبل الربط.
2. اربط صمام التمدد وأفرغ خط السائل والمبخر وخط السحب من الهواء.
3. افحصْ لأغراض التسرب بعناية.
4. في حال عدم وجود التسرب ارفع الضغط داخل صمام التمدد إلى ضغط التكثيف للدورة.
5. افحصْ لأغراض التسرب.
6. تأكد من وصلة ربط المبخر بصمام التمدد، إذ إن أي فراغ تحتويه وصلة الربط قد يؤدي إلى تجمع الجليد خلاله، ومن ثُم حدوث تخسف في الأنبوب، كما مبين في الشكل (6-15)، ويؤدي التخسف إلى انسداد وإعاقة في تدفق مائع التثليج، واختلال عمل صمام التمدد، لذا يجب اتباع ما يأتي:
   - ❖ استعملْ صامولة ذات عنق قصير للربط، كما مبين في الشكل (6-16 ب).
   - ❖ استعملْ صامولة ذات ممر لخروج الجليد، كما مبين في الشكل (6- 16 ت).
   - ❖ إحكام منطقة دخول الأنبوب خلال الصامولة بمانع للتسرب لمنع دخول الرطوبة.
   - ❖ في بعض الأحيان تثقب الصامولة من الأسفل لغرض خروج الماء المتكثف من خلالها، وإن حدث انجماد فإن ضغط الجليد سوف يخرج من الثقب بدلاً من تشويه الأنبوب.



شكل 6-15 تأثير تكون الجليد على أداء صمام التمدد

ت- صامولة مع ممر لخروج الجليد

ب- صامولة ذات عنق قصير

أ- صامولة ذات عنق طويل

شكل 6-16 أنواع صامولات الربط

تمرين 6-13 معايرة صمام التمدد الحراري

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية معايرة صمام التمدد الحراري.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- ملابس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

بعد الانتهاء من نصب الصمام تتم معايرته كما يأتي:

1. لاحظ درجة حرارة المختبر في أثناء عمل منظومة التثليج.
2. في حال كون المبخر دافئ جداً، نظم فتحة الصمام لمرور مائع تثليج أكثر.
3. في حال تجمع الجليد على خط السحب، نظم فتحة الصمام لتقليل مرور مائع التثليج.
4. ويمكن الرجوع إلى الفصل الرابع الموضوع الخاص بصمام التمدد الحراري لإتمام عملية معايرة صمام التمدد الحراري.

تمرين 6-14 شحن منظومة التثليج من جانب الضغط العالي

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية شحن منظومة تثليج عن طريق الضغط العالي.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة شحن، 2- ميزان حساس، 3- أسطوانة مائع التثليج، 4- ملابس وعُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

درست سابقاً الطرائق المستعملة في تفريغ المنظومة من الهواء، ويمكن الاستعانة بها لأغراض تفريغ المنظومة استعداداً لشحنها بمائع التثليج، وشرحت طريقة شحن المنظومة من جانب الضغط الواطئ، وسيتم هنا شرح طريقة شحن المنظومة من جانب الضغط العالي.

1. اربط أسطوانة مائع التثليج بشكل مقلوب إلى منفذ الإتصال المشترك لعُدة الشحن، واربط جهة الضغط العالي لعُدة الشحن إلى صمام الدفع لضاغط منظومة التثليج، كما مبين في الشكل (6-17).
2. بعد إنجاز الربط كما مبين في الشكل (6-17)، دعْ الضاغط يعمل لفترة قصيرة من الزمن إلى أن يصل ضغط الدفع أعلى من ضغط التكثيف بحدود 240 إلى 300 كيلوباسكال.
3. أوقفْ الضاغط عن العمل، ثم أقلب أسطوانة مائع التثليج، بحيث تضمن تجهيزها مائع التثليج بالحالة السائلة.
4. افتحْ صمام أسطوانة مائع التثليج جزئياً، سيندفع سائل مائع التثليج إلى المنظومة مع صدور صوت يشير إلى تدفق السائل، وعند انقطاع الصوت يدل هذا على نفاد مائع التثليج من الأسطوانة أو تعادل الضغوط.
5. تستخدم هذه الطريقة فقط عند شحن منظومة تثليج مفرغة كلياً من مائع التثليج، ولا تستخدم عند إضافة مائع تثليج إلى المنظومة.
6. اقفلْ أسطوانة مائع التثليج، وارفع صمام عُدة الشحن، ثم شغلْ المنظومة.
7. يتم التعرف على كفاية شحنة مائع التثليج بالطرائق الآتية. درجة حرارة خط السائل مساوية أو مقاربة لدرجة حرارة الغرفة، اختفاء الفقاعات من زجاجة البيان، عدم صدور صوت تسريب في أثناء مرور مائع التثليج من خلال صمامات الدورة. أو يمكن التعرف على كفاية شحنة مائع التثليج بالطريقة التي تم توضيحها بالتفصيل في الفصل الخامس، التي تتعلق باستخدام جداول الخواص الحرارية لموائع التثليج.

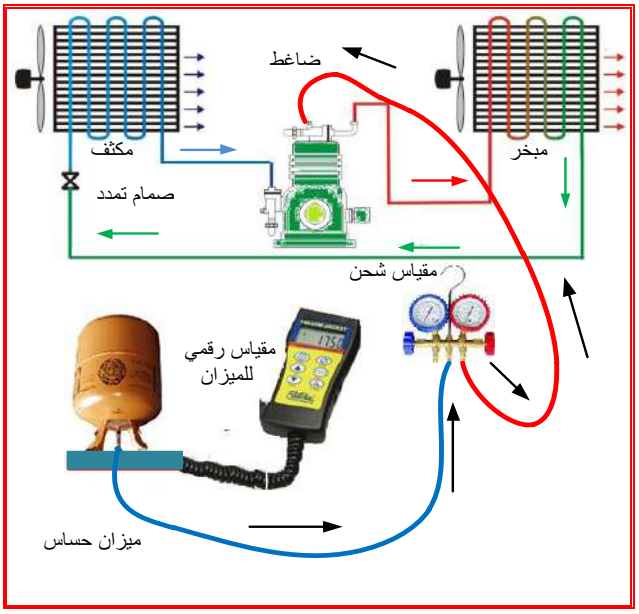
فضلاً عمّا تم ذكره عن معرفة كفاية شحنة مائع التثليج فهنالك طرائق أخرى يمكن الاعتماد عليها لمعرفة كفاية الشحنة من عدمها كما يأتي:

أعراض المنظومة عند وجود شحنة مائع التثليج أقل من الكتلة التصميمية:

- انخفاض في ضغط خط السحب.
- يعمل محرك الضاغط باستمرار ومن دون توقف.
- سخونة المحرك الكهربائي للضاغط.
- كفاءة قليلة للمنظومة.
- انخفاض درجة حرارة صمام التمدد بشكل ملحوظ وقد تظهر حالة انجماد للصمام.
- زيادة في درجة حرارة السائل والمرشح المجفف، وتسبب زيادة درجة حرارة المرشح المجفف إلى إطلاق بخار الماء الذي سبق وان امتصته المادة المازة مسبقاً، ومن ثُم يصبح مائع التثليج في الدورة رطباً، مما قد يؤدي إلى انسداد في صمام التمدد نتيجة لانجماد بخار الماء في أثناء تمدد مائع التثليج.

أعراض المنظومة عند شحنة أكبر من الكتلة التصميمية

- زيادة في ضغط خط الدفع للمنظومة.
- احتمال دخول مائع التثليج بحالة السائل إلى الضاغط.
- ارتفاع ضغط المبخر فوق الحد التصميمي.



شكل 6-17 طريقة شحن مائع التثليج من جانب الضغط العالي

تمرين 6-15 فحص منظومة التثليج للعمل

هدف التمرين: تدريب الطالب على كيفية إجراء الفحوصات الأولية لمنظومة تثليج دخلت الخدمة مؤخراً.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- جهاز فحص التسرب، 2- مقياس متعدد الأغراض، 3- عُدة شحن، 4- محارير.

خطوات العمل:

بعد إتمام ربط وتفريغ وشحن منظومة التثليج تتبع الخطوات الآتية لغرض فحص منظومة التثليج عند عملها لأول مرة، أو بعد توقفها لفترة طويلة، مع تجنب تحميل الدائرة الكهربائية والضاغط والمحركات الكهربائية حمل أكبر من طاقتها التصميمية:

1. **افحص الربط الكهربائي للمنظومة** كما يأتي:

- تأكد من أن ربط الأطوار الكهربائية بشكل صحيح، وتأكد من فرق الجهد الكهربائي المسلط على الدائرة الكهربائية، وتأكد من أن قياس الأسلاك الكهربائية يلائم شدة التيار المار خلالها.
- اربط مقياس فرق الجهد والتيار الكهربائي للدائرة.
- اربط عُدة الشحن لمتابعة كل من ضغطي السحب والدفع للضاغط.
- إذا كان المكثف من النوع المبرد بالماء، تأكد من تدوير الماء خلال المكثف وبرج التبريد.

2. **عند عمل الدورة** اِتبع ما يأتي:

- سجل قراءات كل من التيار وفرق الجهد والضغوط ومعدل تدفق الماء المستعمل لتبريد المكثف، وإذا كان بالإمكان فيفضل أن يستمر التسجيل خلال الأيام الأولى من عمل المنظومة.
- إن القراءات المستحصلة ستكون مصدراً مفيداً لتقيم أداء الدورة، ومن خلالها يمكن تشخيص الأعطال التي قد تحدث مستقبلاً.

3. **تحميل دورة التثليج (قد تكون الدورة حاوية على أكثر من مبخر)**:

- اغلقْ جزيئا الصمامات المؤدية إلى المبخرات، إذ إن تحميل الدورة بكامل طاقتها يسبب حملاً كبيراً على الضاغط.
- افتحْ واحداً من صمامات المبخر ببطء، وفي أثناء فتح الصمام يجب أن يكون ضغط السحب أعلى قليلاً من الضغط التصميمي لقاطع الوقاية من انخفاض ضغط المبخر.
- تذكر بوجوب أن لا يحمل الضاغط فوق قدرته التصميمية ولو لفترة قصيرة.
- ستبدأ درجة حرارة المبخر العامل بالانخفاض بعد فترة قصيرة من عمله، وبعدها يبدأ صمام التمدد الحراري بالتحكم بمعدل تدفق مائع التثليج مما يؤدي إلى انخفاض الحمل على الضاغط.

4. **أعد جميع المبخرات الواحد تلو الآخر** بالطريقة السابقة إلى أن يستقر حمل المنظومة.
5. **أعد تسجيل بيانات التيار، وفرق الجهد، والضغط العالي، والضغط الواطئ.**
6. **أعد فحص أداء كل صمام تمدد حراري على انفراد**، فتجمع الجليد أو تكثف بخار الماء على خط السحب يدل على مرور مائع أكثر من اللازم ، أو عدم ملائمة سعة الصمام مع المنظومة.
7. **تأكد من كفاية شحنة مائع التثليج** كما تعلمت سابقاً.
8. **إجراء فحص لأغراض التسرب** من جميع مناطق الربط يجب أن يتم بعد 24 ساعة من عمل المنظومة عملاً فعلياً.
9. **إعداد جدول لصيانة المنظومة** كما تعلمت في الفصل الأول.

ملاحظة: قد يتطلب الأمر في بعض المنظومات التجارية نصب أكثر من مبخر لضاغط ومكثف واحد، وقد تعمل المبخرات جميعها عند درجة حرارة واحدة، لذا يستعمل صمام تمدد واحد في الخط الرئيس المجهز لسائل مائع التثليج، أي أن المبخرين يعملان عند ضغط واحد. وإذا أريد نصب مبخرين يعملان عند درجات حرارة مختلفة، عندها يتم تجهيز كل مبخر بصمام تمدد مستقل، حيث يقوم كل صمام تمدد بتوفير ضغط مبخر يتناسب مع درجة الحرارة المطلوبة لكل مبخر.

تمرين 6-16 نصب دائرة تثليج تحتوي على مبخرين لتبريد الهواء ومكثف مبرد بالهواء وضاغط نصف مغلق

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على متطلبات ربط مبخرين على التوازي في منظومة تثليج.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- ضاغط نصف مغلق، 2- مكثف مبرد بالهواء، 3- مبخران لتبريد الهواء ، 4- ملحقات السيطرة على الدورة، 5- عُدة عمل كاملة.

خطوات العمل:

خط السائل

يستعمل خط السائل لنقل سائل مائع التثليج من المكثف إلى صمام التمدد الحراري، ونتبع الخطوات ادناه في نصب واختيار خط السحب:

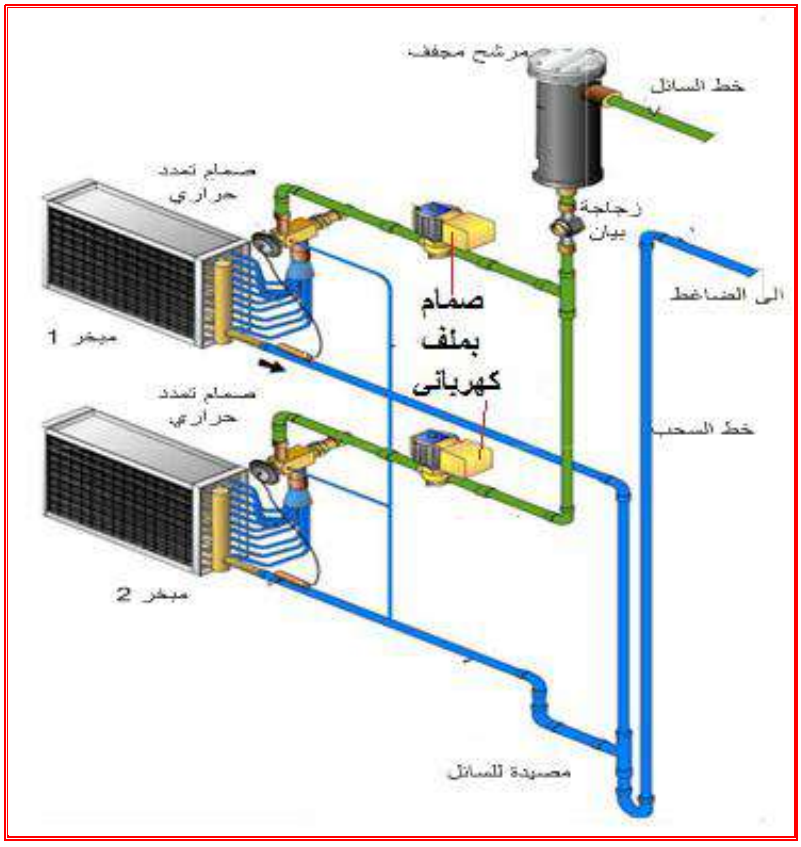
- اعتنِ باختيار أقطار أنابيب خط السائل، حسب دليل الجهاز. إن زيادة قطر خط السائل زيادةً أكبر من الزيادة المعتادة يؤدي إلى زيادة شحنة مائع التثليج في الدورة، وإلى انخفاض سرعة مائع التثليج في الخط ومن ناحية أخرى يؤدي تقليل قطر خط السائل إلى زيادة خسائر الضغط ومن ثُم تذرير مائع التثليج، لذا من المعتاد أن لا يزيد مقدار خسائر الضغط عما يكافئ 1.1 إلى 1.7°C.
- زِدْ مقدار التبريد المفرط للتخلص من حالة تذرير سائل مائع التثليج إن وجد.
- إضافة الملحقات الآتية إلى خط السائل وهي: **1- زجاجة بيان، 2- موزع السائل بعد مخرج صمام التمدد، 3- مرشح مجفف، 4- صمام التمدد الحراري، 5- صمام بملف كهربائي**، لاحظ الشكل (6-18).

شكل 6-18 ملحقات خط السائل

2- خط السحب

- اختر قطر خط السحب بدقة، والقطر الكبير يؤدي إلى زيادة الكلفة الأولية للمنظومة، فضلاً عن انخفاض سرعة بخار مائع التثليج في الخط، مما يؤدي إلى عدم إرجاع الزيت إلى الضاغط. وصمم خط السحب ليوفر خسائر ضغط يكافئ هبوطاً بدرجة الحرارة، بما لا يزيد عن 1.1 إلى 1.7°C.
- إمالة خط السحب باتجاه حركة بخار مائع التثليج بمقدار 10 ملم لكل متر من طول الأنبوب لغرض توفير الفرصة أمام الزيت للعودة إلى الضاغط مرة أخرى. ومن المعروف أن خط السحب يمتلئ ببخار مائع التثليج وزيت التزييت للضاغط، وفيه يكون الزيت أسفل الأنبوب ويسري فوقه بخار مائع التثليج، وعند توقف منظومة التثليج عن العمل قد يتكثف بخار مائع التثليج في خط السحب، مما يسبب مشاكل خطيرة للضاغط عند عمله مرة ثانية إذا سحب السائل مباشرة إلى الضاغط.
- **وعند احتواء المنظومة على أكثر من مبخر فيجب أتباع الخطوات الآتية في الربط:**

- صمم خط السحب لكل مبخر ليوفر خسائر ضغط متساوية لضمان عدم تداور الزيت وبخار مائع التثليج بين المبخرات العاملة.
- أستخدم مصيدة لسائل مائع التثليج المتكثف أسفل خط السحب، كما مبين في الشكل (6-19).



شكل 6-19 مبخران على التوازي يعملان بدرجتي حرارة مختلفتين

أسئلة الفصل السادس

س1: اذكر مساوئ انسداد أنبوب تصريف ماء المبخر، وبين كيف يتم علاج مشكلة انسداد أنبوب تصريف ماء المبخر.

س2: كيف تحدد عطل منظومة إذابة الجليد في المبخر، وأشرح كيف تتعرف على العطل.

س3: عدد أجزاء منظومة تثليج المخازن المجمدة بالتفصيل.

س4: ما طرائق استرجاع مائع التثليج؟ عددها وأشرح إحداها بالتفصيل.

س5: ما سبب التأكيد على استرجاع مائع التثليج قبل فتح منظومة التثليج؟

س6: أيهما أسرع استرجاع بخار مائع التثليج أم سائل مائع التثليج؟

س7: ما الطريقتان اللتان يتم بهما استرجاع مائع التثليج باستخدام طريقة الدفع- سحب؟

س8: ما اعتبارات رفع الضاغط من الدورة؟

س9: ما اعتبارات رفع المكثف من الدورة؟

س10: ما اعتبارات رفع المبخر من الدورة؟

س11: اشرح طريقة رفع صمام التمدد الحراري من الدورة.

س12: ما اعتبارات نصب كل من أ- الضاغط؟ ب- المكثف؟ ت- المبخر؟ ث- صمام التمدد؟

س13:ما الطرائق المستعملة لمنع تخسف الأنابيب النحاسية نتيجة لانجماد الجليد؟

س14: ما أعراض نقص شحنة مائع التثليج في الدورة؟

س15: ما فقرات فحص منظومة التثليج قبل التشغيل؟

س16: كيف يتم إدخال المبخرات العاملة في الخدمة في أثناء التشغيل الأولي للمنظومة؟

س18: متى يتم نصب صمام تمدد واحد لمبخرات عدة في منظومة التثليج؟

س19: ما ملحقات خط السائل؟

الفصل السابع

الثلاجات الأمتصاصية

Absorption Refrigerators

الثلاجة الأمتصاصية

Absorption Refrigerators

1-7 مقدمة Introduction

درست في مادة العلوم الصناعية الثلاجة الأمتصاصية ومكوناتها وطريقة عملها، وسنتطرق في هذا الفصل إلى وصف كامل لأجزاء الثلاجة الامتصاصية والأعطال المحتملة وكيفية صيانتها.

2-7 أجزاء الثلاجة الأمتصاصية Absorption Refrigerator Components

تتكون الثلاجة الأمتصاصية من دورة التثليج الخاصة بالثلاجة والمعدات الخدمية لها، كما يأتي:

1-2-7 دورة التثليج للثلاجة الأمتصاصية

تتكون دورة التثليج كما مبين في الشكل (7-1) من الآتي:

المولد، والمكثف، والمبخر، ووعاء الأمتصاص، والمضخة الفقاعية.

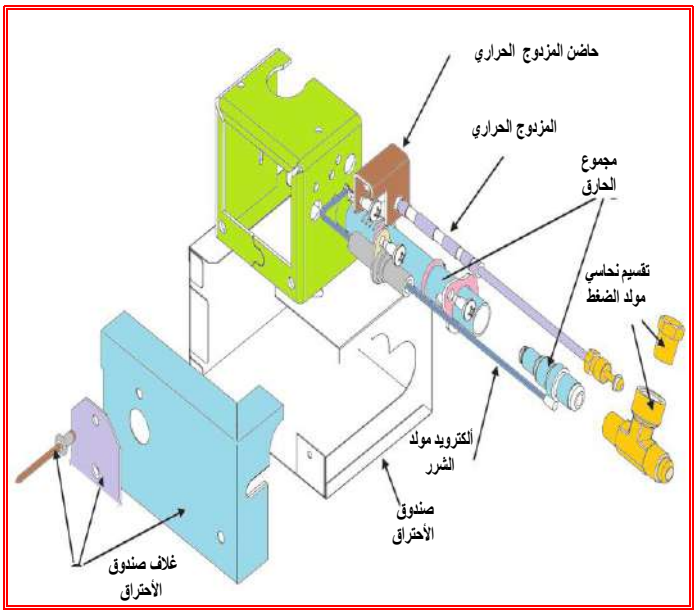
2-2-7 تجهيز الحرارة للثلاجة

يتم تزويد مولد البخار بالحرارة عن طريق أحد هذه المصادر، مصدر كهربائي عن طريق سخان كهربائي، أو استعمال شعلة الغاز السائل، أو شعلة النفط الأبيض. ويُعد الغاز السائل الأكثر استعمالاً في الأماكن النائية، وذلك لسهولة تداول هذه المادة ولقلة الملوثات الناتجة عن حرق الغاز السائل مقارنة بالنفط الأبيض وكذلك لقلة صيانة معدات إشتعال الغاز السائل مقارنة بالنفط الأبيض.

تتكون منظومة إشتعال الغاز السائل في الثلاجة الامتصاصية، كما مبين في الشكل (7-2)، من الآتي:

1. مزدوج حراري.
2. حاضن المزدوج الحراري.
3. الحارق ومجموعة الحارق.
4. إلكترود مولد الشرر.
5. صندوق الاحتراق.
6. وصلات ربط نحاسية

شكل 7-1 الدائرة الميكانيكية للثلاجة الامتصاصية

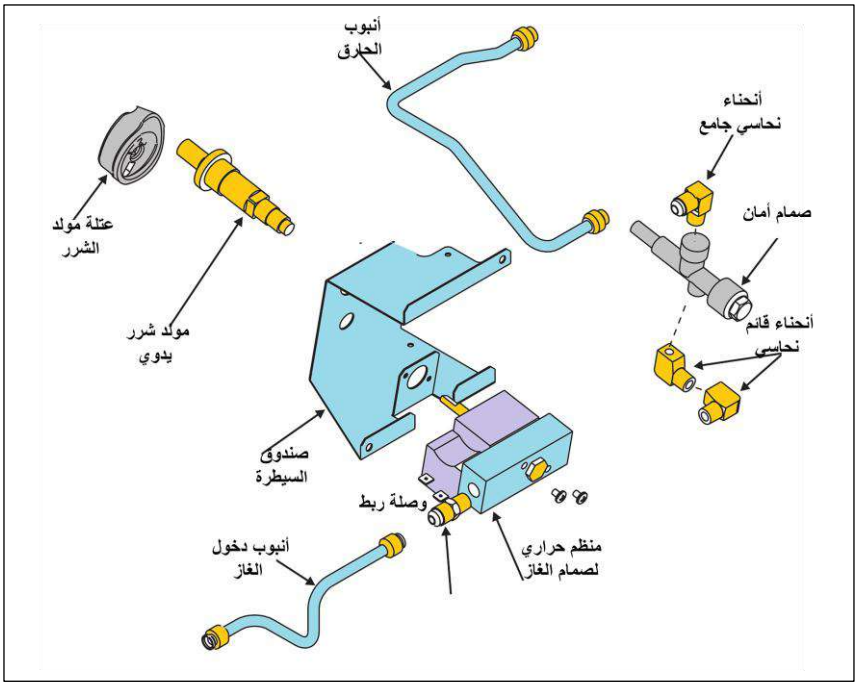


شكل 7-2 مجموعة الاحتراق

7-2-3 دائرة السيطرة على إحتراق الغاز

تتكون دائرة السيطرة على درجة حرارة الثلاجة وعلى إحتراق الغاز، كما مبين في الشكل (7-3) من:

1. أنبوب تجهيز الغاز.
2. منظم حراري لمرور الغاز.
3. أنبوب الحارق.
4. صمام أمان للغاز.
5. مولد الشرر.
6. وصلات ربط نحاسية.



شكل 7-3 مجموعة السيطرة على الاحتراق

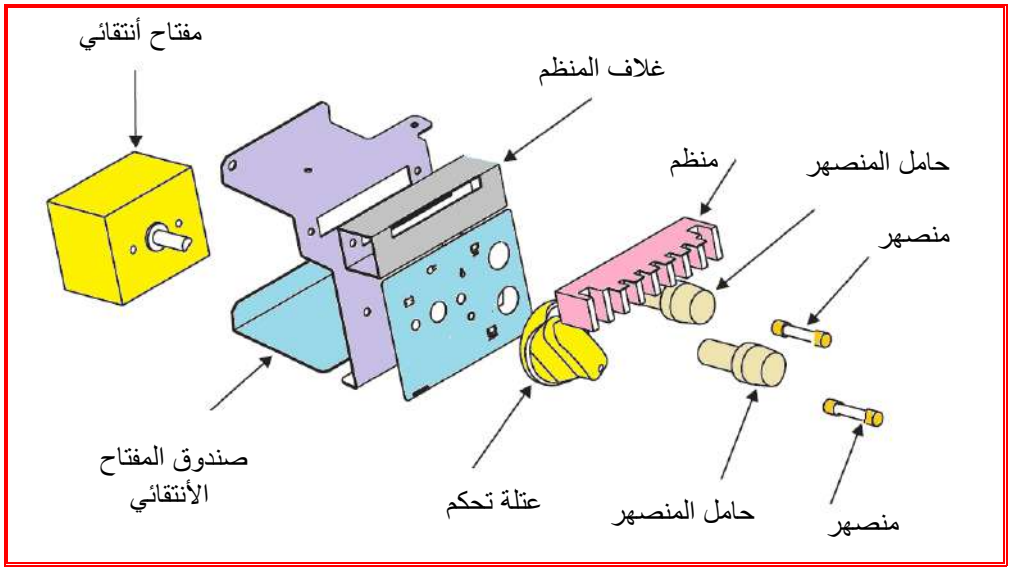
4-2-7 دائرة السيطرة الكهربائية

تعمل الثلاجة على فرق جهد 220 فولت أو 12 فولت، وتستعمل الدائرة الكهربائية لتوليد الشرارة لغرض إتمام عملية الاحتراق، وتجهز الطاقة الكهربائية أما من المصدر الرئيس للكهرباء، أو من خلال بطارية قابلة للشحن، وتتكون دائرة السيطرة الكهربائية للثلاجة، كما مبين في الشكل (7-4) من الآتي:

1. منصهرات كهربائية مع حاملاتها.
2. مفتاح انتقائي مع صندوق المفتاح.
3. عتلة التحكم.
4. منظم.

وتتوفر في بعض الثلاجات الإمتصاصية أكثر من طريقة واحدة لتوليد الحرارة المطلوبة لمولد البخار. فقد يستعمل مشعل غازي ومشعل نفطي فضلاً عن مسخن كهربائي لتوليد الحرارة اللازمة لتوليد البخار، والشخص المستخدم للثلاجة هو الذي يحدد أختيار الطريقة الملائمة له.

ويجب الإشارة إلى أن بعض الثلاجات الأمتصاصية لاتحتوي على نظام إذابة الجليد، لذا قد يتجمع الجليد على مبخر الثلاجة، وتتم عملية إذابة الجليد ببساطة عن طريق إخراج الطعام من الثلاجة، ثم فصل التيار الكهربائي عنها لفترة إلى أن يتم إذابة الجليد، ومن ثم إعادتها إلى العمل مرة أخرى.



شكل 7-4 مجموعة السيطرة الكهربائية

3-7 تمارين حول صيانة الثلاجة الامتصاصية

سيتم استعراض خطوات صيانة الثلاجة عن طريق العديد من التمارين، كما يأتي:

تمرين 7-1 فحص منظومة اشتعال ثلاجة امتصاصية تعمل على البروبان المسال.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية فحص منظومة اشتعال ثلاجة امتصاصية.

المواد والعُدد المطلوبة:

1- عُدة عمل كاملة، 2- ثلاجة امتصاصية تعمل بالبروبان المسال، 3- عُدة السلامة المهنية.

خطوات العمل:

نتبع الخطوات الآتية والموضحة بالشكل (7-5):

من المعروف أن اغلب مشاكل الاحتراق في منظومة الاحتراق للثلاجة الامتصاصية تحدث في صندوق الاحتراق، لذا سنؤكد على كيفية فتح صندوق الاحتراق وملحقاته. ويتطلب الأمر إزالة نواتج الاحتراق والسخام المتولد ولا يمكن إجراء هذه العملية إلا إذا تم فتح أجزاء منظومة الاحتراق.

1. افتحْ اللولب الوحيد الذي يحكم غلاف غرفة الاحتراق، كما مبين في الشكل (7-5-2)، وستلاحظ تجمع نواتج الاحتراق (السخام) فضلاً عن مخلفات أخرى في قاعدة الصندوق. والسلك الأحمر المبين في الشكل يمثل سلك الشرر، والأنبوب النحاسي الدقيق يمثل المزدوج الحراري والأنبوب النحاسي الآخر يمثل خط نقل البروبان في حالته الغازية.
2. افتحْ صمام خزان البروبان، ضعْ المنظم الحراري عند أعلى درجة تبريد، وضع المفتاح الانتقائي عند نقطة الغاز.
3. اضغطْ واستمرْ بالضغط على صمام الأمان لتسريب الغاز، والغرض توفير كمية من الغاز ضمن صندوق الاحتراق، ثم اضغطْ بضغطات متعاقبة على مفتاح توليد الشرر لأربع أو خمس مرات لغرض احتراق البروبان المتجمع في الصندوق، والمفروض أن يحدث احتراق لغاز البروبان ومشاهدة لهب أزرق بوضوح. ومن خلال هذه العملية يمكن استنتاج ما يأتي:

- **عند عدم وجود لهب**: تأكد من فتح صمام تجهيز البروبان عند خزان الغاز وصمام البروبان اليدوي خلف الثلاجة، وفي حال عدم وجود اللهب مع وجود رائحة غاز بروبان في المكان، فهذا يدل على فشل منظومة الاشتعال، أو انسداد في فتحة تصريف الغاز.
- **وجود لهب اصفر ضعيف**، فهذا يدل على انسداد جزئي في فتحة تصريف الغاز في منظومة الاشتعال.

- **في حال وجود لهب أزرق غامق يمس نهاية المزدوج الحراري ويحوله إلى اللون الأحمر**، كما مبين في الشكل (7-5-3)، فهذ يدل على أن المنظومة تعمل بشكل جيد لحد الآن، ويحتاج إلى اختبار آخر، وهو عن طريق الضغط على صمام الأمان لمدة 30 ثانية، فإذا انطفأ اللهب تدريجياً أو مباشرة فهذا يدل على وجود مشكلة في المزدوج الحراري، ابدأ بتنظيف نهاية المزدوج الحراري وإذا لم يفلح الأمر، ابدلْ المزدوج الحراري، وعند استمرار توهج الشعلة فهذا يدل على سلامة المزدوج الحراري.

1- منظومة الاشتعال للثلاجة الامتصاصية التي تعمل بالغاز المسال

2- فتح غلاف صندوق الأشتعال

3- وجود اللهب الأزرق وتوهج المزدوج الحراري يدل على سلامة منظومة الأشتعال

شكل 7-5 فحص منظومة الأشتعال في الثلاجة الأمتصاصية

تمرين 7-2 صيانة المزدوج الحراري لمنظومة اشتعال ثلاجة امتصاصية تعمل على البروبان المسال

الهدف من التمرين:

تدريب الطالب على كيفية فتح وصيانة المزدوج الحراري لمنظومة اشتعال ثلاجة امتصاصية.

المواد والعُدد المطلوبة:

1- عُدة عمل كاملة، 2- ثلاجة امتصاصية تعمل بالبروبان المسال، 3- عُدة السلامة المهنية.

خطوات العمل:

إذا انتهت عملية فحص منظومة الاشتعال، ووجد أن هنالك خلل في منظومة الاشتعال، يجب فتح المنظومة والتعرف على الخلل، بالاعتماد على الشكل (7-6) والخطوات أدناه كما يأتي:

1. اغلقْ صمام تجهيز غاز البروبان، ثم افصْله عن مصدر تجهيز البروبان، واعملْ على فتح المزدوج الحراري وجهاز الإشعال وصمام تصريف الحارق.
2. يشترك المزدوج الحراري وسلك مولد الشرر وأنبوب نقل الغاز بحامل واحد، لذا يتطلب الأمر فتح الحامل المشترك، كما مبين في الشكل (7-6-1)، لا تزيل المزدوج الحراري كلياً من مكانه، إذ يمكن فحصه في مكانه.
3. تكون نهاية المزدوج الحراري –عادة- سوداء اللون بسبب تعرضه إلى اللهب المستمر، ولكن يجب أن تكون نهايته منتظمة الشكل، لا يوجد فيها تشقق أو تكسر، ويستعمل ورق سنفرة ناعم لغرض تنظيف نهاية المزدوج الحراري.
4. موضع المزدوج الحراري نسبة إلى اللهب ليس حساساً جداً، ويجب التأكد من تأثره بالحرارة، ويبين الشكل (7-6-2) موضع نهاية المزدوج الحراري. ويمكن ملاحظة الانحناء البسيط للمزدوج الحراري، لإتاحة أكبر مساحة تماس ممكنة.
5. إذا كانت نهاية المزدوج الحراري غير معرضة إلى اللهب، فإن صمام تجهيز الغاز سوف يغلق، مما يؤدي إلى توقف مباشر للثلاجة جراء انطفاء شعلة الثلاجة، حيث إن استمرار تدفق غاز البروبان يأتي من الإشارة التي يرسلها المزدوج الحراري في أثناء تعرضه إلى اللهب.

1- طريقة فتح المزدوج الحراري

2- وضع نهاية المزدوج الحراري فوق اللهب

شكل 7-6 صيانة المزدوج الحراري للثلاجة الأمتصاصية

تمرين 7-3 صيانة جهاز الاشتعال لمنظومة اشتعال ثلاجة امتصاصية تعمل على البروبان المسال.

الهدف من التمرين:

تدريب الطالب على كيفية فتح وصيانة جهاز الاشتعال لمنظومة اشتعال ثلاجة امتصاصية.

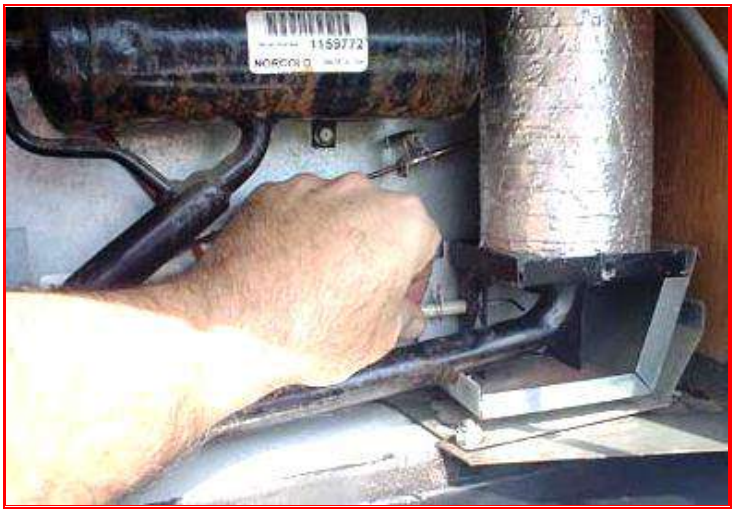
المواد والعُدد المطلوبة:

1- عُدة عمل كاملة، 2- ثلاجة امتصاصية تعمل بالبروبان المسال، 3- عُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

يتكون جهاز الاشتعال للثلاجة الامتصاصية من سلك في نهايته أنبوب معدني منحنٍ بشكل قائم، ويوضع الأنبوب القائم في منطقة اللهب، ويبين الشكل (7-7) شكل الأنبوب المعدني وموقعه.

1. ارفع الأنبوب القائم من مكانه مع بقاء اتصال السلك الواصل به في مكانه، ستلاحظ نهاية الأنبوب مسودة بسبب تعرضه إلى اللهب المستمر، نظفه بواسطة ورق سنفرة ناعم، ثم امسح نهايته بقطعة قماش مبللة، واعده إلى مكانه.
2. يجب أن تكون المسافة بين نهاية الأنبوب القائم وفتحة تصريف غاز البروبان بحدود 3 إلى 5ملم.



شكل 7-7 جهاز اشعال الثلاجة الأمتصاصية

تمرين7-4 صيانة فتحة تصريف غاز البروبان لمنظومة اشتعال ثلاجة امتصاصية تعمل على البروبان.

الهدف من التمرين: التدريب على كيفية صيانة فتحة تصريف غاز البروبان لمنظومة الاشتعال للثلاجة.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- ثلاجة امتصاصية تعمل بالبروبان المسال، 3- عُدة السلامة المهنية.

طريقة العمل:

كما ذُكر سابقاً، فإنه في حال اصفرار وعدم انتظام اللهب فهذا يدل على انسداد جزئي في فتحة تصريف غاز البروبان، لذا نتبع الخطوات الآتية كما في الشكل (7- 8) في فتح فتحة التصريف.

استعمل دائماً ماسكتي الصامولة معاً في فتح الأنابيب المعدنية، حيث إن الفتح الخاطئ للأنبوب قد تجعله يلتوي أو يتشقق مما يؤدي إلى تسرب الغاز وبالتالي الحاجة إلى إبدال الأنبوب. نستمر بفتح الصامولة الرابطة لفتحة التصريف بأنبوب نقل البروبان، كما مبين في الشكل (7-8-1).

1. اسحبْ الأنبوب الحامل لفتحة التصريف، كما مبين في الشكل (7-8-2)، وستلاحظ فتحات عمودية على جانبي الأنبوب، الفائدة منها لتجهيز الهواء اللازم لعملية الاحتراق. ويجب أن لا تتراكم الأوساخ والغبار على هذه الفتحات.
2. تكون فتحة تصريف الوقود في نهاية الأنبوب وانظر انسدادها إن وجد، استعمل ورق سنفرة ناعم لغرض تنظيف نهاية الأنبوب، ولا تستعمل إبرة رفيعة لتسليك الأنبوب نهائياً. واستعمل الكحول لملء أنبوب نقل البروبان، ولاحظ خروج الفقاعات من فتحة التصريف.
3. عند عدم خروج الفقاعات يمكنك استعمال الهواء المضغوط من خلال فتحة التصريف، ثم اعدْ استعمال الكحول مرة أخرى. استعملْ الكحول لتنظيف الفتحات الجانبية أيضاً.
4. إذا استمر اللهب الأصفر بالظهور، فهذا يدل على عدم انتظام نسبة الهواء إلى الوقود، وبما إن نسبة الخلط لا يمكن تنظيمها، لذا يجب إبدال فتحة التصريف بأخرى جديدة.
5. عند التأكد من نظافة فتحة التصريف، أعده إلى مكانه مع إحكام شد الصامولات الرابطة.

1- اِفتحْ الأنبوب الناقل لغاز البروبان

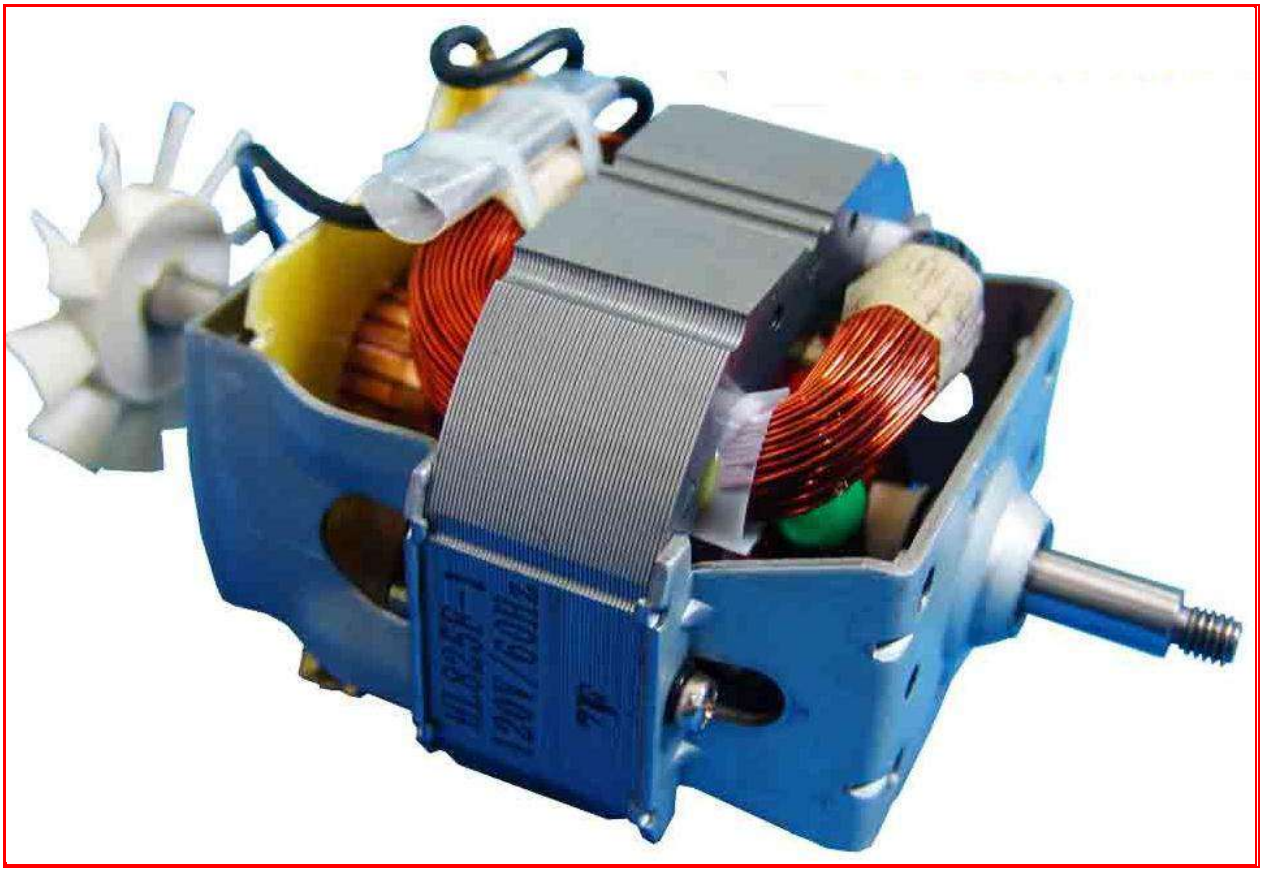
2- الأنبوب الحامل لفتحة التصريف

شكل 7-8 فتح وصيانة فتحة تصريف غاز البروبان

الفصل الثامن

المحركات الكهربائية

Electrical Motors

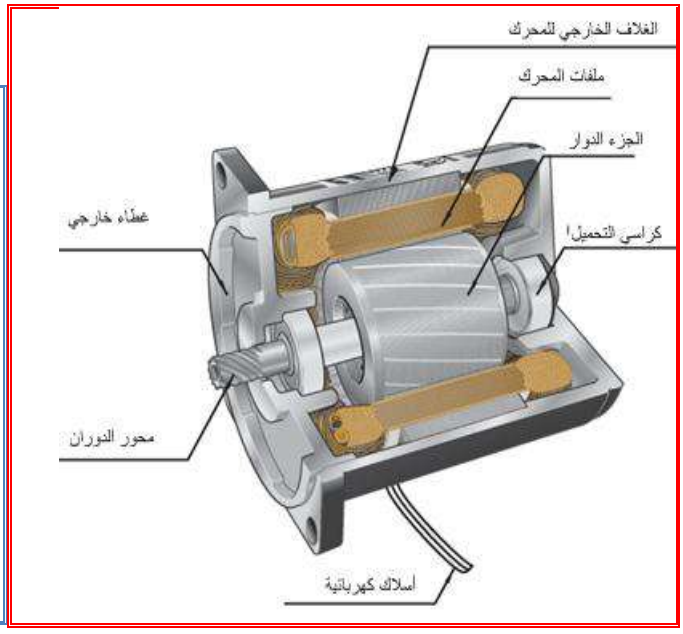


المحركات الكهربائية

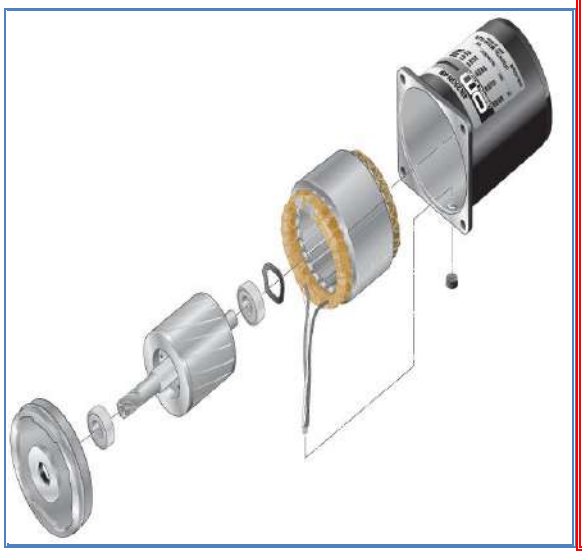
Electrical Motors

1-8 مقدمة Introduction

تستعمل المحركات الكهربائية بشكل واسع في مجال تكييف الهواء والتثليج، وقد تم تخصيص الفصل الثامن من هذا الكتاب لدراسة مبدأ عمل المحركات الصناعية، كما تم شرح أجزاء وتراكيب المحركات الكهربائية على مختلف أنواعها، والربط الكهربائي للمحركات الكهربائية، وتتكون المحركات الكهربائية بصورة عامة من الجزء الدوار، وملفات المحرك الكهربائي، والغلاف الخارجي، وغطائي المحرك، وكراسي التحميل، كما مبين في الشكلين (8-1 أ) و (8-1 ب).



شكل 8-1 أ الأجزاء العامة للمحرك الكهربائي



شكل 8-1 ب محرك كهربائي مفتوح

2-8 تمارين حول المحركات أحادية الطور

يختص هذا الفصل لدراسة كيفية صيانة المحركات الكهربائية على مختلف أنواعها، وسيتم توضيح طريقة صيانة المحركات على شكل تمارين عامة.

تمرين 8-1 فحص محرك حثي ذي طور مقسم مجزأ

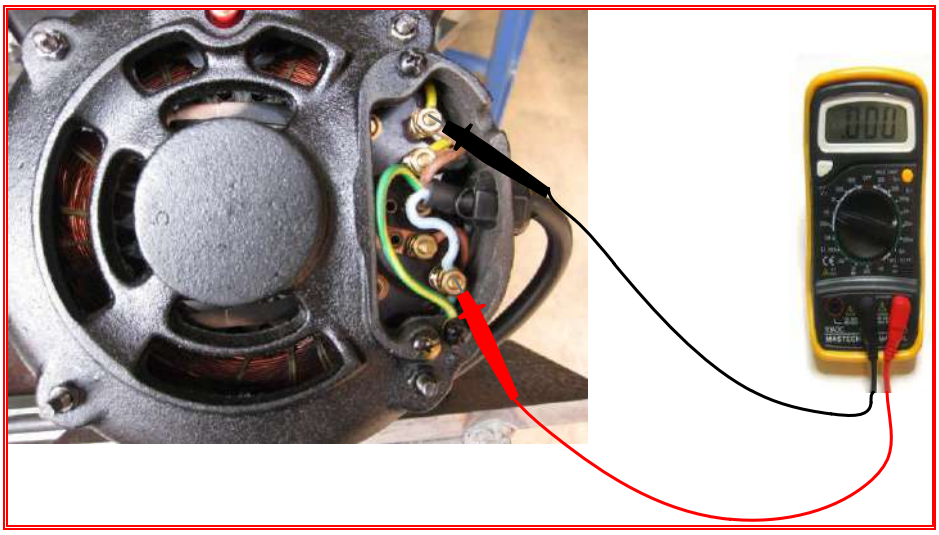
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على فحص محرك كهربائي.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- محرك حثي ذو طور مقسم، 3- مقياس متعدد الأغراض.

خطوات العمل:

أغلب أعطال المحركات الكهربائية ذات الطور المجزأ هي عطل مفتاح الطرد المركزي، أو عطل قاطع الوقاية الحراري والمتسعة، إذ يحتوي المحرك ذو الطور المجزأ على ملفات بدء الحركة وملفات الدوران، ويقوم مفتاح الطرد المركزي بعزل ملفات بدء الحركة آنياً بعد زيادة السرعة الدورانية للمحرك، ويحتوي المحرك ذو الطور المجزأ على قاطع الوقاية الحراري في بعض الأحيان الذي يقوم بفصل التيار الكهربائي عن المحرك عند زيادة الحمل المسلط على المحرك الكهربائي، وقد يعود قاطع الوقاية من تلقاء نفسه بعد عودة الحمل إلى حالته الطبيعة، أو يُعاد يدوياً. تتبع الخطوات الآتية لفحص المحركات الكهربائية ذات الطور المجزأ:

1. تأكدْ من وجود أو عدم وجود قاطع الوقاية الحراري للمحرك الكهربائي، فإذا وجد قاطع الوقاية الحراري فيجب إعادته إلى العمل إذا كان يعمل يدوياً. ثم أعد تشغيل المحرك، فإذا لم يعمل نتبع الخطوة الآتية.
2. استخدمْ مقياس فرق الجهد لقياس فرق الجهد على طرفي المحرك، ويجب أن يُقرأ مقياس فرق جهد مساوٍ أو يختلف بحدود∓10% أي (من 200 إلى 240 فولت) عن فرق الجهد التصميمي. فإذا كان هنالك اختلاف في قراءة مقياس فرق الجهد عن الحد التصميمي فهذا يعني وجود مشكلة في مصدر تجهيز الكهرباء، أما إذا كانت القراءة ضمن الحد المقرر فاتبع الخطوات الآتية.
3. اعزلْ التيار الكهربائي عن المحرك الكهربائي، وانزع الأسلاك الكهربائية عنه.
4. استخدمْ المقياس متعدد الأغراض، وضعْه على مقياس المقاومة، ضعْ مجسي المقياس على نقطتي ربط المحرك الكهربائي، كما مبين في الشكل (8-2)، فإذا كانت قراءة المقياس صفراً فهذا يعني وجود دائرة قصر في ملفات المحرك، أي عطب (حرق) ملفات المحرك.
5. أما اذا كانت القراءة عالية جداً فهذا يعني وجود قطع في ملفات المحرك، وفي الحالتين يجب إبدال المحرك بآخر بقدرة مساوية للمحرك القديم.



شكل 8-2 طريقة فحص ملفات المحرك الكهربائي

تمرين 8-2 فحص مفتاح الطرد المركزي لمحرك حثي ذو طور مقسم مجزأ.

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على فحص مفتاح الطرد المركزي لمحرك كهربائي.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- محرك حثي ذو طور مقسم 3- مقياس متعدد الأغراض.

خطوات العمل:

في حال سلامة الملفات الكهربائية نعمل على فتح المحرك، كما مبين في الشكل (8-3).

1. افتحْ اللوالب الأربعة التي تثبتْ غطائي المحرك معاً، كما في الشكل (8-3-1).
2. استخدمْ مفك اللوالب لإزالة الغطاء الأمامي للمحرك، كما مبين في الشكل (8-3-2).
3. اسحبْ الغطاء الأمامي وستلاحظ سحب الجزء الدوار معه، كما مبين في الشكل (8-3-3).
4. سنلاحظ مفتاح الطرد المركزي والمكون من جزئين، كما مبين في الشكل (8-3-4).
5. الأول يربط على الجزء الدوار، كما مبين في الشكل (8-3-5)، الفائدة منه هو حركته حركة قليلة إلى الأمام عند وصول سرعة المحرك إلى الحد التصميمي.
6. بسبب حركة الجزء الأول لمفتاح الطرد المركزي يضغط على الجزء الثاني للمفتاح المثبت على الملفات الكهربائية للمحرك، مما يؤدي إلى فصل التيار الكهربائي عن ملفات بدء الحركة، وفي حال عدم فصل مفتاح الطرد المركزي تحترق ملفات بدء الحركة.
7. افحصْ بالنظر مفتاح الطرد المركزي، فإذا كان معطوباً يجب إبداله، أما إذا كان شكله مقبولاً، فيجب فحص مفتاح آلية الحركة يدوياً.

8. حركْ الجزء المثبتْ على الملف الدوار إلى الأمام واتركه، فإذا عاد من تلقاء نفسه بحركة يسيرة فهذا يدل على سلامته، أما إذا كانت الحركة صعبة ولا يرجع إلى مكانه بيسر فيجب إبدال هذا الجزء.

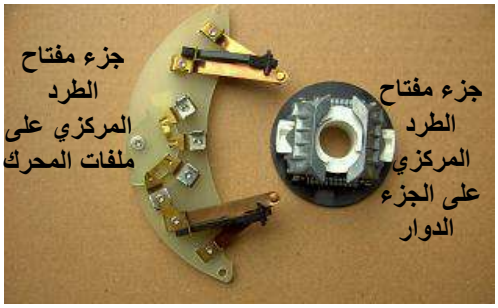
9. حرك الجزء الثاني للمفتاح المثبت على ملفات المحرك، واتبع الخطوات المبينة في النقطة 8 أعلاه.

10. اربط مجسات المقياس متعدد الأغراض على طرفي المحرك كما في التمرين السابق، ثم حرك مفتاح الطرد المركزي المثبتْ على ملفات المحرك، فإذا انخفضت قراءة المقياس متعدد الأغراض فهذا يدل على سلامة مفتاح الطرد المركزي، أما إذا لم تتأثر القراءة فهذا يدل على عطل المفتاح.

1- افتح اللوالب الأربع التي تحكم غطائي المحرك معاً.

2- استخدمْ مفك اللوالب لرفع الغطاء الأمامي للمحرك.

3- اسحبْ الغطاء الأمامي، وسينسحب معه الجزء الدوار.



4- جزئي مفتاح الطرد المركزي.

5- جزء مفتاح الطرد المركزي المثبتْ على الجزء الدوار.

6- الجزء الثاني لمفتاح الطرد المركزي المثبتْ على الملفات.

شكل 8-3 فحص مفتاح الطرد المركزي لمحرك كهربائي

تمرين 8-3 عكس اتجاه حركة محرك كهربائي حثي أحادي الطور مجزأ الطور

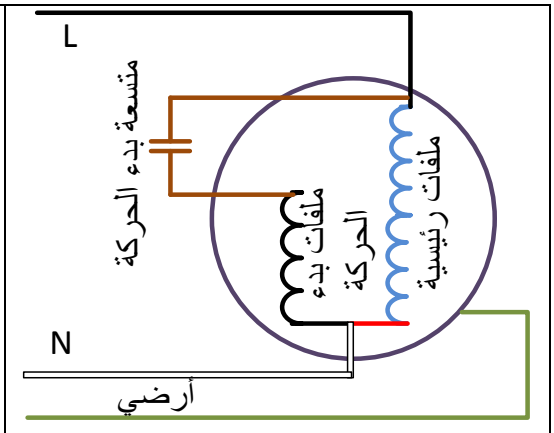
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية عكس اتجاه حركة محرك كهربائي حثي أحادي الطور مجزأ الطور.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- محرك حثي ذو طور مقسم، 3- مقياس متعدد الأغراض.

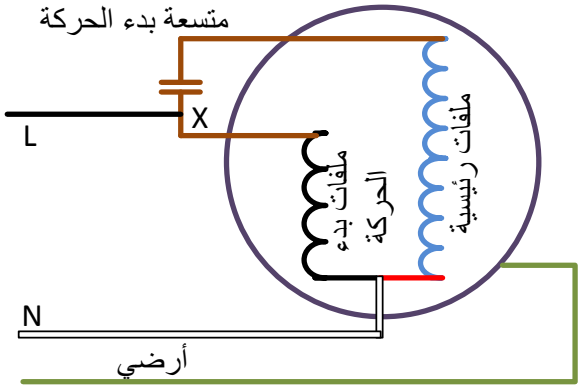
خطوات العمل:

يبين الشكل (8-4) الربط الكهربائي لمحرك كهربائي أحادي الطور مجزأ الطور ذي سرعة واحدة الخطوة الأولى في عكس اتجاه المحرك هي تحديد الأطراف الكهربائية للمحرك، ويتم ذلك عن طريق الآتي:

1. افصلْ جميع الأطراف الكهربائية للمحرك، واطراف المتسعة كذلك.
2. ضع المقياس متعدد الأغراض على القراءة RX1، ثم قس المقاومة الكهربائية بين طرف السلك المشترك الأبيض اللون وبقية اطراف المحرك.
3. ستكون أقل قراءة للمقاومة تمثل ملفات بدء الحركة. وهو الطرف الذي يربط بأحد طرفي المتسعة.
4. اربط طرف السلك الأسود إلى العلامة X في الشكل (8-5) ثم إلى المصدر L1.
5. يربط طرف السلك الأبيض إلى المصدر الكهربائي L2.



شكل 8-4 محرك كهربائي حثي طور واحد ذو سرعة واحدة



شكل 8-5 محرك كهربائي حثي أحادي الطور سرعة واحدة بعد عكس سرعته

تمرين 8-4 تحديد أطراف محرك حثي ذي متسعة بدء حركة بأربعة أطراف وبسرعتين

الهدف من التمرين: التدريب على تحديد أطراف محرك ذي متسعة بدء حركة بأربعة اطراف بسرعتين.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- محرك حثي ذو متسعة بدء حركة بأربعة اطراف وبسرعتين، 3- مقياس متعدد الأغراض.

خطوات العمل

1. حدد الأسلاك الأربعة للمحرك بحسب ألوانها ولتكن ألوانها كما يلي، أسود وأحمر وبني وأبيض.
2. ضع المقياس متعدد الأغراض على مقياس المقاومة RX1 وأنشئ الجدول (8-1)، وفيه يبين لون السلك وقيمة المقاومة بين أي سلكين على الجدول، ونلاحظ حجب الأرقام بين الأسود والأسود وكذلك بين أي لونين متشابهين.
3. اقرأ قيمة المقاومة بين السلك الأسود والسلك الأحمر، ولتكن 5 أوم، ونسجلها في الجدول، ثم بين السلك الأسود والسلك الأبيض ولتكن 10 أوم مثلا، وهكذا، ونسجل قيمة كل مقاومة في الجدول.
4. اعد العملية بين السلك الأحمر والأسلاك الثلاثة المتبقية الأخرى، وهكذا إلى أن تكتمل القراءات، كما في الجدول (8-1).
5. خذْ قيمة أقل مقاومة من حقل المجموع في الجدول (8-1) وحسب ملخص الجدول - هي للسلك الأسود. إذاً الطرف الأسود هو الطرف المشترك Common (C)
6. القيمة الثانية التي تسلسلها بعد أقل قيمة تساوي 45 أوم وهي للسلك الأحمر، الذي يمثل طرف السرعة الدنيا X وهي ملف دوران أيضاً.
7. قيمة المقاومة الثالثة التي تساوي 55 وهي للسلك الأبيض الذي يمثل ملفات الدوران Run (R).
8. أكبر مقاومة تساوي 75 أوم وتمثل أكبر سرعة للمحرك، وترتبط على نقطة السرعة العليا لمفتاح تحديد السرع، أي يربط يخرج من ملف بدء الحركة Start (S).

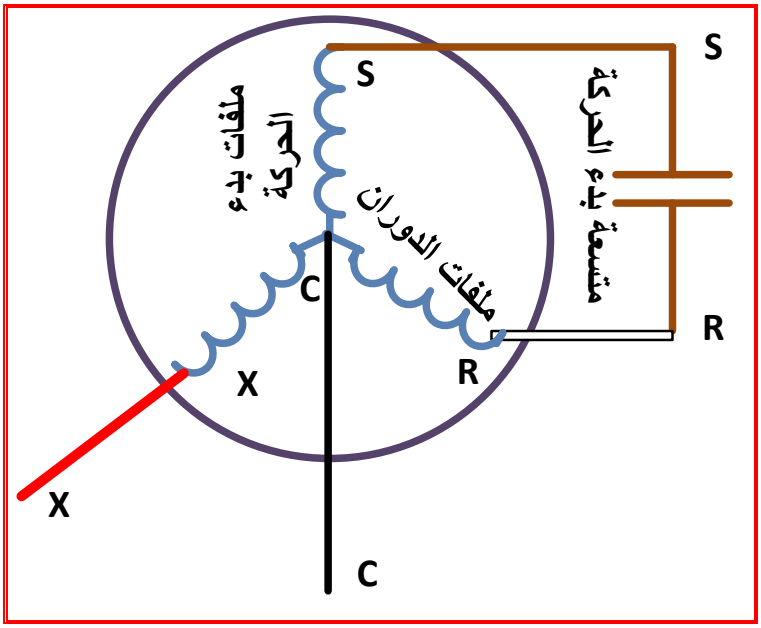
جدول 8-1 قيمة المقاومة الكهربائية بين أسلاك المحرك الكهربائي

	أسود	أحمر	أبيض	بني
أسود		5	10	20
أحمر	5		15	25
أبيض	10	15		30
بني	20	25	30	
المجموع	**35**	**45**	**55**	**75**

إذاً نلخص القول بما يلي:

السلك الأسود	أقل مقاومة	35	Common	C
السلك الأحمر	أكبر من أقل مقاومة	45	Run	R
السلك الأبيض	القيمة الثالثة للمقاومة	55	Low speed	X
السلك البني	أكبر مقاومة	75	Start	S

ويكون الربط الكهربائي كما مبين في الشكل (8-6).



شكل 8-6 الدائرة الكهربائية محرك حثي ذو متسعة بدء حركة بأربعة اطراف وبسرعتين

تمرين 8-5 تحديد أطراف محرك حثي ذي متسعة بدء حركة بخمسة أطراف وبثلاث سرع

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على تحديد أطراف محرك حثي ذي متسعة بدء حركة بخمسة أطراف وبثلاث سرع.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- محرك حثي ذو متسعة بدء حركة بخمسة أطراف وبثلاث سرع، 3- مقياس متعدد الأغراض.

خطوات العمل

1. بعد أن تم أخذ القياسات كما في أعلاه وإنشاء الجدول (8-1) نحصل على القراءات المبينة في الجدول (8-2).

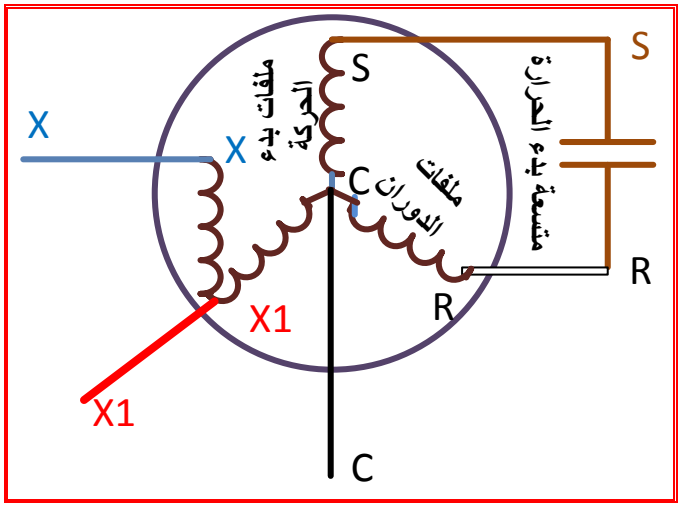
جدول 8-2 قيمة المقاومة الكهربائية بين أسلاك المحرك الكهربائي

	أسود	أحمر	أزرق	أبيض	بني
أسود		5	10	10	30
أحمر	5		5	15	35
أزرق	10	5		20	40
أبيض	10	15	20		40
بني	30	35	40	40	
المجموع	**55**	**60**	**75**	**85**	**145**

2. خلاصة القياسات كما يلي:

السلك الأسود	أقل مقاومة	55	Common	C
السلك الأحمر	أكبر من أقل مقاومة	60	Run	R
السلك الأزرق	القيمة الثالثة للمقاومة	75	2^{nd} speed	X1
السلك الأبيض	القيمة الرابعة للمقاومة	85	3^{rd} Speed	X
السلك البني	أكبر مقاومة	145	Start	S

ويبين الشكل (8-7) الدائرة الكهربائية للمحرك.



شكل 8-7 الدائرة الكهربائية محرك حثي ذو متسعة بدء حركة بأربعة اطراف وبثلاث سرع

تمرين 8-6 فتح محرك كهربائي ذو قطب مظلل

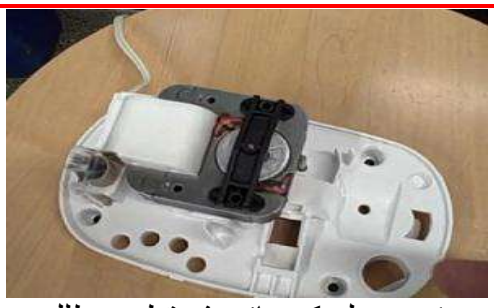
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على فتح محرك كهربائي ذي قطب مظلل.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- محرك كهربائي ذو قطب مظلل.

خطوات العمل:

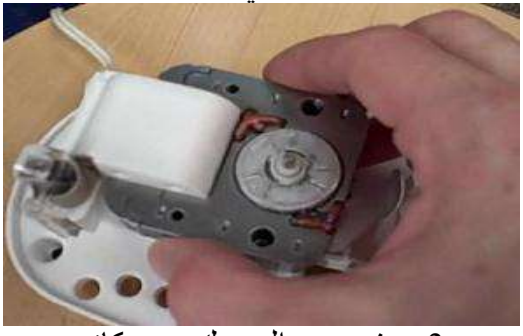
يُصنف محرك القطب المظلل على أنه من المحركات الحثية، ويتميز عن المحركات الأخرى باستخدامه أقطاب مظللة لبدء الحركة بدلاً من ملفات إضافية أو متسعات. ويتم فتح المحرك الكهربائي كما مبين في الشكل (8-8)، كما يأتي:

1. يبين الشكل (8-8-1) الشكل العام لبعض محركات الأقطاب المظللة.
2. ارفع العارضة التي تثبتْ المحرك بجسم المحرك، كما مبين في الشكل (8-8-2).
3. ارفع جسم المحرك من مكانه، كما مبين في الشكل (8-8-3).
4. ارفع الجزء الدوار للمحرك، كما مبين في الشكل (8-8-4).
5. قم بعملية تنظيف أجزاء المحرك بعناية وأعد جسم المحرك إلى القاِعدة، كما مبين في الشكل (8-8-5).
6. اعد الجزء الدوار إلى مكانه وتأكد من حرية دورانه داخل جسم المحرك وعدم وجود صعوبة في الحركة، كما مبين في الشكل (8-8-6).
7. اعد العارضة التي تثبتْ المحرك بالقاِعدة، ثم أحكم ربط اللوالب، كما مبين في الشكل (8-8-7).
8. يبين الشكل (8-8-8) المحرك الكهربائي بعد إعادة ربط أجزاءه مع بعضها البعض.



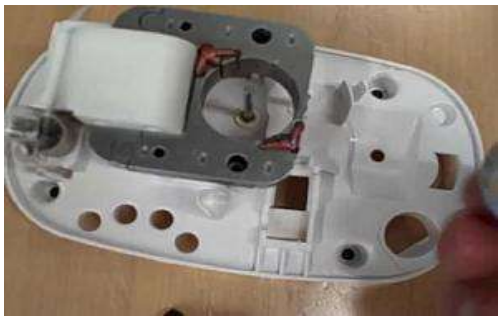
1- محرك كهربائي ذو قطب مظلل

2- رفع العارضة التي تربط المحرك بالقاِعدة

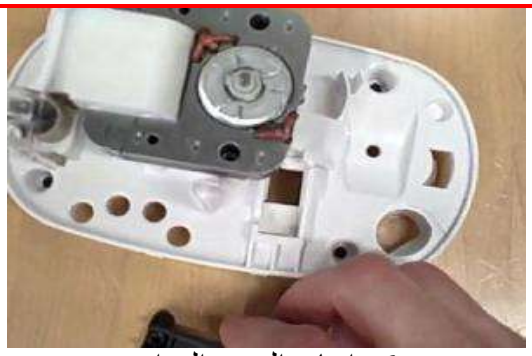


3- رفع جسم المحرك من مكانه

4- رفع الجزء الدوار للمحرك

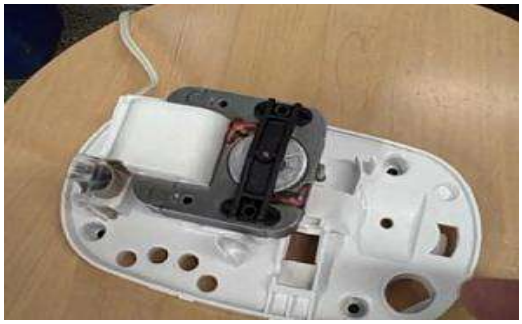


5- إعادة جسم المحرك بعد إجراء الصيانة



6- إعادة الجزء الدوار

7- إعادة العارضة



8- المحرك بعد إعادة جمع أجزاءه

شكل 8-8 فتح وإعادة تجميع محرك القطب المظلل

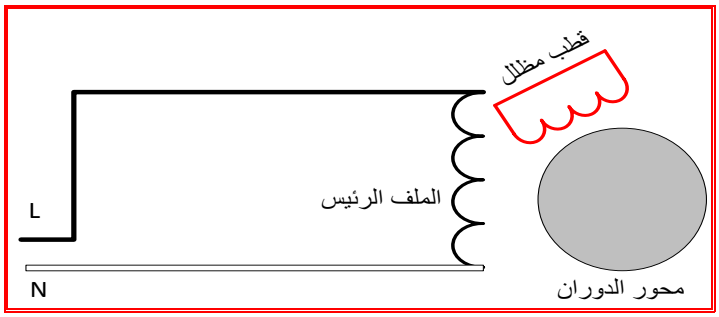
تمرين 8-7 تحديد أقطاب محرك كهربائي ذو قطب مظلل بسرعة واحدة وثلاث سرع

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية تحدي أقطاب محرك كهربائي ذو قطب مظلل.

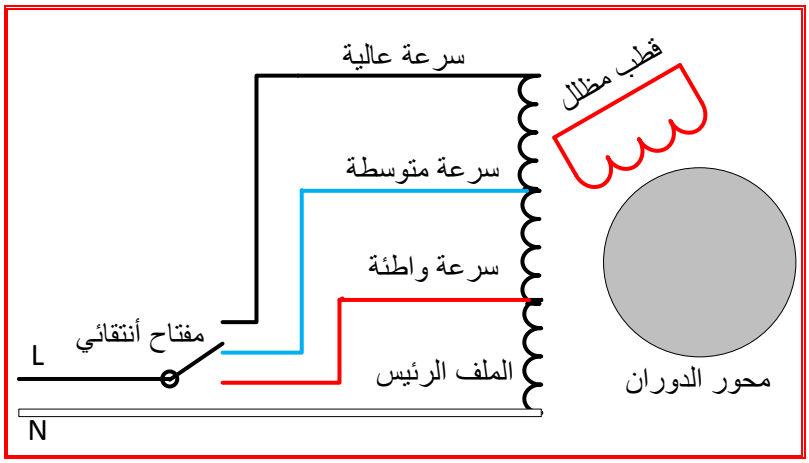
المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل، 2- محرك كهربائي ذو قطب مظلل.

خطوات العمل:

نتبع الخطوات المبينة في التمرينين (8-4) و (8-5) في كيفية تحديد الأقطاب الكهربائية للمحرك، ويبين الشكل (8-9) الدائرة الكهربائية لمحرك قطب مظلل بسرعة واحدة، في حين أن الشكل (8-10) يبين الدائرة الكهربائية لمحرك قطب مظلل بثلاث سرع.



شكل 8-9 الدائرة الكهربائية لمحرك كهربائي ذي قطب مظلل سرعة واحدة



شكل 8-10 الدائرة الكهربائية لمحرك كهربائي ذي قطب مظلل بثلاث سرع

3-8 صيانة المحركات ثلاثية الطور

تستعمل المحركات ثلاثية الطور في مجال التكييف والتثليج بكثرة، وتتكون المحركات ثلاثية الطور كما في المحركات أحادية الطور، من الجزء الثابت والجزء الدوار. ويتكون الجزء الثابت من ملفات ثلاثية الطور يرمز إلى بدء أطرافها إلى U و V و W في حين يرمز إلى نهاية أطرافها بالحروف X و Y و Z، ويكون الجزء الدوار أما من نوع القفص السنجابي أو جزء دوار ذو ملفات، ويرمز إلى بداية ملفات الجزء الدوار إلى U و V و W أو ، X و Y و Z في حين يرمز إلى نهايتها إلى K و L و M .

تمرين 8-8 فتح وصيانة محرك ثلاثي الطور

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية فتح وإعادة تركيب وصيانة كراسي التحميل لمحرك ثلاثي الطور.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- عُدة عمل كاملة، 2- محرك كهربائي ثلاثي الطور، 3- شحم (كريز) تشحيم.

خطوات العمل:

1. في حال سلامة الملف الكهربائي فيجب عدم إخراجه من مكانه في أثناء عملية الصيانة، أما في حال احتراق الملف، اتبعْ خطوات إزالة الملف المذكورة في الفصل الثالث.
2. افتحْ اللوالب الأربعة التي تحكم غطائي المحرك ببعضها، وافتح الغلاف الخلفي للمحرك، كما مبين في الشكل (8-11-2).
3. يبين الشكل (8-11-3) اللوحة التعريفية للمحرك الكهربائي، ومنها تستطيع أن تعرف شدة التيار التصميمي وفرق الجهد وسرعة دوران المحرك.
4. بعد سحب الغلاف الخلفي للضاغط، نلاحظ ملفات المحرك الكهربائي، كما مبين في الشكل (8-11-4)، لا تحاول رفع الملفات من مكانها ما لم يكن بها عطلٌ.

5. اسحب الغلاف الأمامي للمحرك سيسحب معه الجزء الدوار للمحرك، كما في الشكل (8-11-5).
6. اسحب بكرة الدوران كما تعلمت في التمرين السابق، كما مبين في الشكل (8-11-7).
7. افتح الغلاف الذي يغطي كرات كراسي التحميل (بولبرن) لغرض فحص كمية التشحيم.
8. يبين الشكل (8-11-9) انخفاض كمية الشحم في كراسي التحميل.
9. استخدم الهواء المضغوط لإزالة الشحم القديم ويتم تنظيف كرات كراسي التحميل.
10. أضف شحماً جديداً واعد الغطاء إلى مكانه، كما مبين في الشكل (8-11-11).
11. أعد الغلاف الخلفي للمحرك، كما مبين في الشكل (8-11-12).
12. أعد الجزء الدوار إلى مكانه، كما مبين في الشكل (8-11-13).
13. أعد الغلاف الأمامي، وأحكم لف اللوالب الماسكة لغطائي المحرك، كما مبين في الشكل (8-11-14).

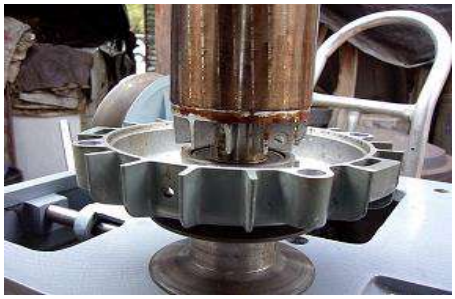
1- المحرك الكهربائي قبل التنظيف

2- فتح الغطاء الخلفي للمحرك

3- اللوحة التعريفية للمحرك

4- الملف الكهربائي للمحرك

5- سحب الجزء الدوار مع الغلاف الأمامي للمحرك



6- التهيؤ لإزالة بكرة الدوران

7- إزالة بكرة الدوران وسحب الغلاف الأمامي

8- فتح غلاف كراسي التحميل

9- كرسي التحميل يحتوي على كمية قليلة من الشحم

10- إزالة الشحم القديم بالهواء المضغوط

11- تشحيم الكرسي وإعادة الغطاء

12- إعادة الغلاف الخلفي للمحرك

13- إعادة الجزء الدوار إلى مكانه

14- إعادة الغلاف الأمامي وشد اللوالب بدقة

شكل 8-11 صيانة محرك كهربائي ثلاثي الطور

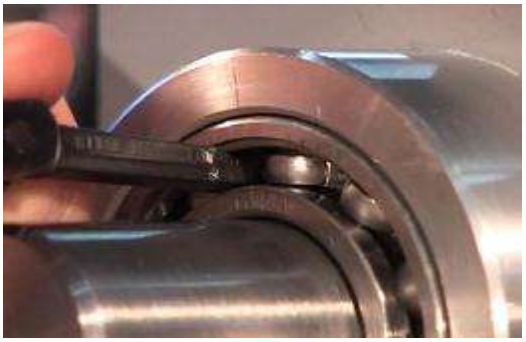
تمرين 8-9 رفع كرسي تحميل من محور دوران

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية رفع كرسي التحميل التالف من مكانه.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- ساحبة، 2- كرسي تحميل منصوب على محور دوران.

خطوات العمل:

1. استخدم آلة سحب كراسي التحميل المكونة من فك يتكون من ثلاثة أجزاء تربط معاً بلولب وقاِعدة اللوالب، وفي البدء يتم تثبيت الجزء الأول من الفك، كما مبين في الشكل (8-12-1).
2. يبين الشكل (8-12-2) تثبيت الأطراف الثلاثة للفك، والاستعداد لتجميع الأجزاء الثلاثة للفك.
3. تجميع الأجزاء الثلاثة للفك حول لولب السحب، كما مبين في الشكل (8-12-3).
4. ربط الأجزاء الثلاثة للفك ولولب السحب بقاِعدة واحدة، كما مبين في الشكل (8-12-4).
5. ابدأ بشد لولب السحب، كما مبين في الشكل (8-12-5).
6. الاستمرار بشد اللولب إلى أن ينسحب كرسي التحميل من مكانه، كما مبين في الشكل (8-12-6).


1- تثبيت الجزء الأول من فك الساحبة

2- تثبيت الأجزاء الثلاثة لفك الساحبة

3- تجميع الأجزاء الثلاثة بلولب السحب

4- ربط الأجزاء الثلاثة معاً بقاِعدة اللولب

5- استخدام أداة للف اللوالب

6- بدء سحب كرسي التحميل

شكل 8-12 طريقة إزالة كرسي تحميل من محور دوران

تمرين 8-10 تثبيت كرسي تحميل على محور دوران

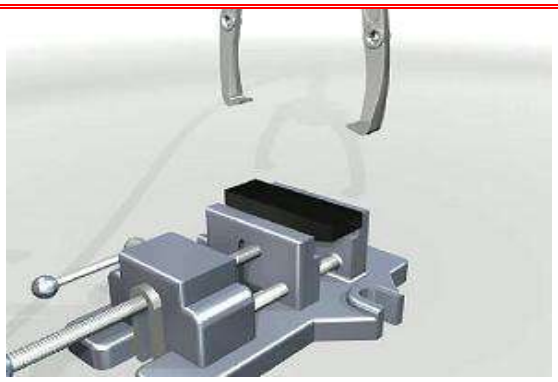
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية إعادة تركيب كرسي تحميل على محور دوران.

المواد والعُدد المطلوبة: 1-أداة سحب، 2- ملزمة معدنية، 3- قطعة معدنية، 4- محور دوران، 5- كرسي تحميل.

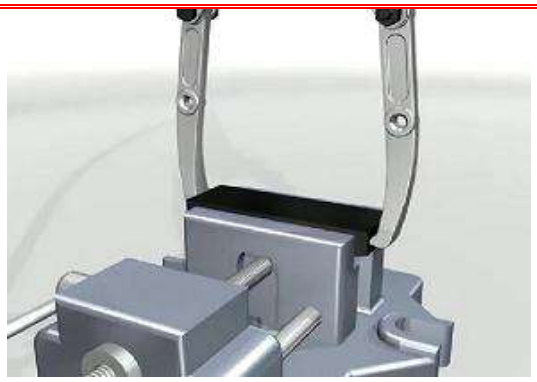
خطوات العمل:

سيتم استعمال محور يمثل محور الدوران في هذا التمرين، ويمكن أن يحور التمرين بما يتناسب مع طول المحور الذي يُراد تثبيت الكرسي عليه.

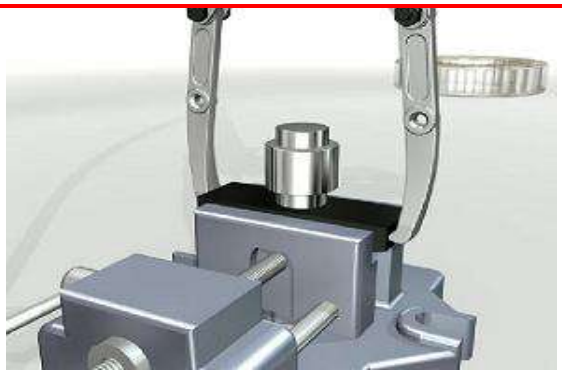
1. استخدم الملزمة (المنكنة) لتثبيت القطعة المعدنية، كما مبين في الشكل (8-13-1).
2. ثبت جزئي فك أداة السحب على جانبي القطعة الحديدية، كما مبين في الشكل (8-13-2).
3. ثبت محور الدوران على القطعة المعدنية، كما مبين في الشكل (8-13-3).
4. ضع كرسي التحميل أعلى محور الدوران، كما مبين في الشكل (8-13-4).
5. استخدم أسطوانة مجوفة مغلقة من إحدى نهايتيها، كما مبين في الشكل (8-13-5).
6. ثبت الأسطوانة أعلى لولب الشد، كما مبين في الشكل (8-13-6).
7. ابدأ بلف لولب الدفع تدريجياً إلى أن يبدأ محور الدوران باختراق الحلقة الداخلية لكرسي التحميل، كما مبين في الشكل (8-13-7).
8. استمر بلف اللوالب إلى أن يستقر كرسي التحميل في مكانه، كما مبين في الشكل (8-13-8).



1- تثبيت قاِعدة معدنية بحسب نوع المحور



2- ربط طرفي فك الساحبة بالقطعة المعدنية



3- وضعْ محور الدوران على القاِعدة المعدنية

4- وضعْ كرسي التحميل على بداية المحور

5- استخدام أسطوانة مجوفة مغلقة من احدى نهايتيها

6- تثبيت الطوافة على لولب الدفع

7- البدء بلف لولب الدفع ودفع الكرسي تدريجياً

8- نهاية عملية تثبيت كرسي التحميل

شكل 8-13 تثبيت كرسي تحميل خارج محور دوران معين

تمرين 8-11 ربط دائرة كهربائية بطريقة نجمة - مثلث (ستار– دلتا)

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية ربط محرك ثلاثي الطور بطريقة نجمة – مثلث.

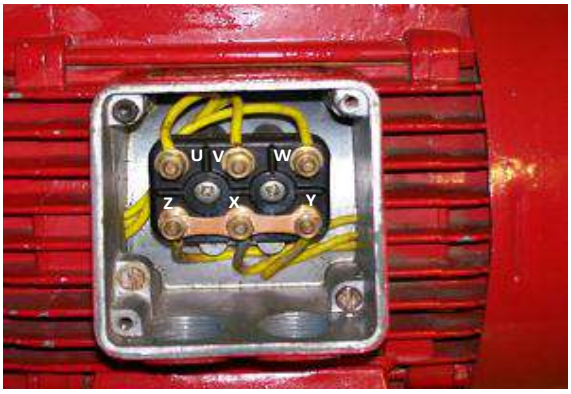
المواد والعُدد المطلوبة: 1- محرك كهربائي ثلاثي الأطوار، 2- مصهرات، 3- بادئات مغناطيسية.

خطوات العمل:

تربط المحركات ثلاثية الطور أما بشكل نجمة (ستار)، كما مبين في الشكل (8-14 أ)، أو بشكل مثلث (دلتا)، كما مبين في الشكل (8-14ب)، وفي بعض الأحيان قد تربط على شكل نجمة – مثلث (ستار– دلتا)، إذ

أنه من المعروف أن المحركات الكهربائية في لحظة دورانها تسحب تياراً كهربائياً يساوي 6 مرات بقدر التيار التصميمي، وقد تكون هذه الحالة ليست ذات تأثير في المحركات الصغيرة، ولكنها تسبب مشاكل جسيمة في المحركات الكبيرة (قدرة أعلى من 5,5 كيلو واط)، حيث تؤدي إلى هبوط ملحوظ في فرق الجهد وقد تؤدي إلى فصل قواطع الدورة.

ومن الطرائق الشائعة في تقليل تيار البدء للمحركات الحاجة إلى تقليل فرق الجهد عبر المحرك الكهربائي، وإحدى هذه الطرائق هي استخدام الربط نجمة مثلث (ستار– دلتا)، إذ يبدأ المحرك عمله عند ربط نجمة، وبعد فترة قصيرة من عمل المحرك يتحول إلى الربط المثلث.

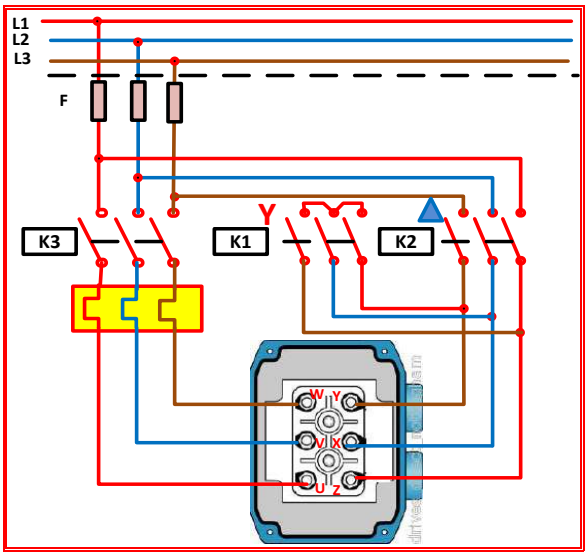


شكل 8-14أ توصيل نجمة (ستار)

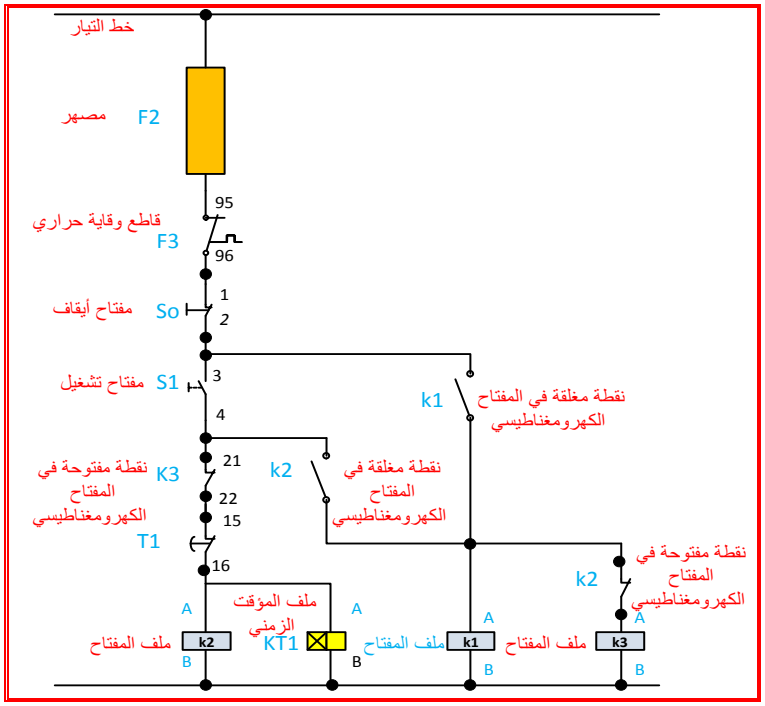
شكل 8-14 ب- توصيل مثلث (دلتا)

وسنتمرن في هذا التمرين على كيفية ربط نجمة - مثلث.

1. اتبع الربط المبين في الشكل (8-15 أ) الذي يمثل ربط محرك كهربائي ثلاثي الطور. في حين يبين الشكل (8-15 ب) دائرة السيطرة للربط.
2. يبين المفتاح K3 ملف بادئ مغناطيسي يصل التيار الكهربائي إلى K1 الذي يبدأ بإعطاء المحرك العزم الدوراني الأولي.
3. بعد أن يصل المحرك إلى سرعة معينة يقوم مفتاح طرد مركزي بتحويل الربط من نجمة إلى مثلث، المفتاح K2 ليستمر المحرك بالعمل عند هذا الربط.



شكل 8-15 أ ربط نجمة – مثلث لمحرك كهربائي ثلاثي الطور



شكل 8-15 ب دائرة السيطرة لربط نجمة – مثلث لمحرك كهربائي ثلاثي الطور

تمرين 8-12 عكس دوران محرك ثلاثي الطور يستعمل ربط نجمة – مثلث

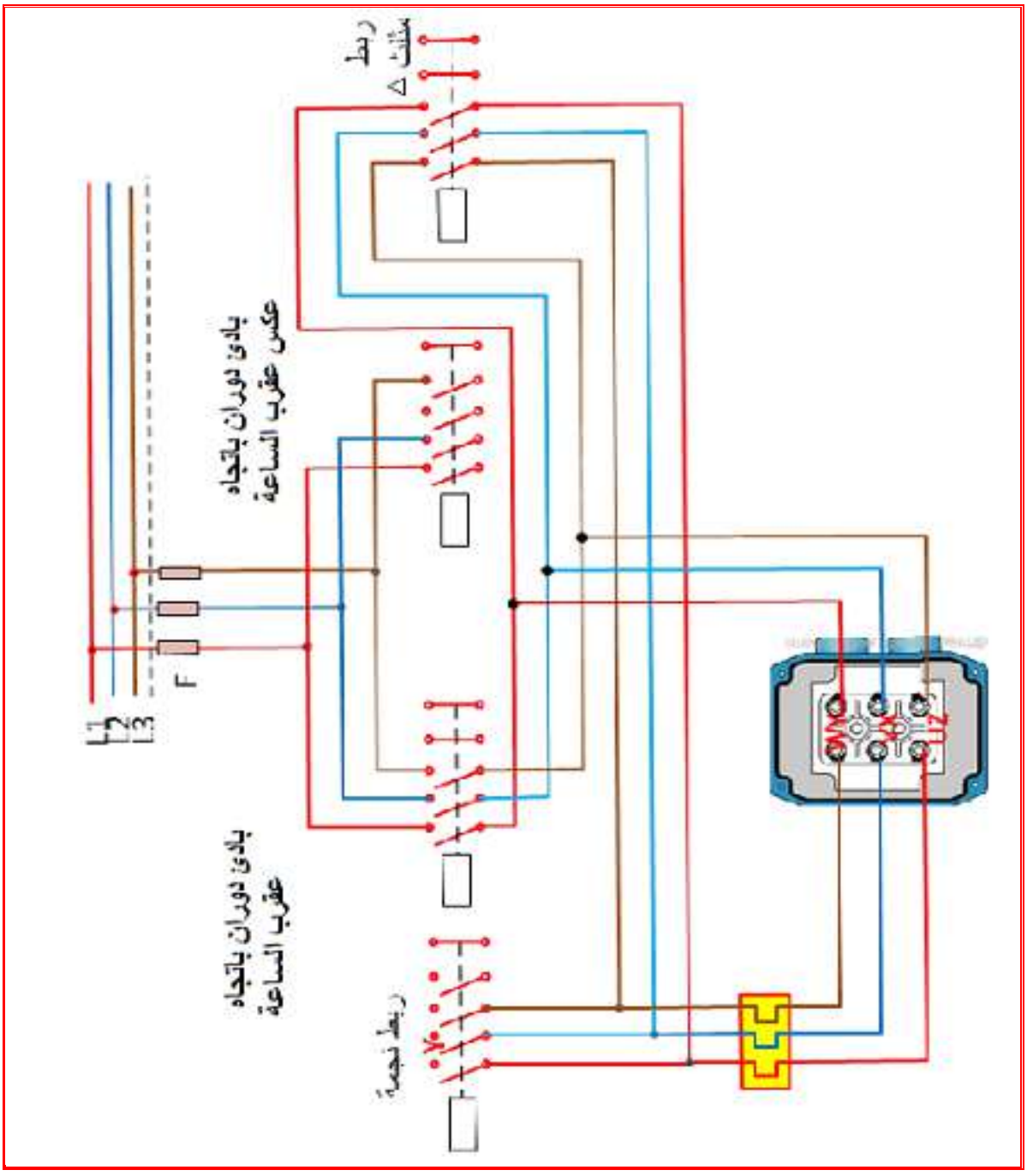
الهدف من التمرين: تدريب الطالب على كيفية عكس دوران محرك كهربائي بربط نجمة – مثلث.

المواد والعُدد المطلوبة: 1- محرك كهربائي ثلاثي الأطوار، 2- مصهرات، 3- بادئات مغناطيسية.

خطوات العمل:

اِتبع الربط الكهربائي المبين في الشكل (8-16)، إذ إنه:

1. من المعروف أن المحرك الكهربائي ثلاثي الطور يعكس اتجاه دورانه إذا تم قلب طورين من أطواره، وتستعمل هذه الطريقة في عكس اتجاه دوران المحرك.
2. يحتوي المخطط على بادئ مغناطيسي يعطي ربط النجمة ليدور باتجاه معين، ويستعمل البادئ الثاني لعكس ربط طورين مما يؤدي إلى عكس اتجاه دورانه.
3. الحال نفسه بالنسبة لربط المثلث، حيث يقوم البادئ بتحويل الربط إلى مثلث، في حين أن البادئ الثاني يقوم بتبديل طورين من أطوار الضاغط مما يؤدي إلى عكس اتجاه دورانه.



شكل 8-16 ربط محرك كهربائي ثلاثي الطور نجمة – مثلث وعكس اتجاه دورانه

أسئلة الفصل الثامن

س1: عدد مكونات المحرك الكهربائي بصورة عامة. وما الأعطال الشائعة للمحركات الكهربائية؟

س2: ما الخطوات المتبعة لفحص ملفات المحرك الكهربائي الذي يحتوي على قاطع وقاية حراري؟

س3: إذا توقف المحرك الكهربائي عن العمل، وعند قياس فرق الجهد الكهربائي وجد أنه يساوي 180 فولت، فهل يحتاج الأمر إلى فحص ملفات المحرك الكهربائي أو المتسعة، ولماذا؟

س4: ما الفائدة من مفتاح الطرد المركزي في المحرك الكهربائي؟ وكيف يتم فحصه؟

س5: اشرح مع الرسم طريقة عكس اتجاه دوران محرك كهربائي مجزأ أحادي الطور.

س6: لديك محرك حثي يعمل مع متسعة ولم يتم تحديد أطرافه، اشرح كيفية تحديد أطراف المحرك إذا كانت قراءة جدول المقاومات كما يلي:

المقاومة بين السلكين الأسود والأحمر 10 أوم، والمقاومة بين السلكين الأسود والأبيض 15 أوم، والمقاومة بين السلكين الأسود والبني 25 أوم، والمقاومة بين السلكين الأحمر والأبيض 20 أوم، والمقاومة بين السلكين الأحمر والبني 30 أوم، والمقاومة بين السلكين الأبيض والبني 35 أوم، اِستخدمْ الجدول أدناه أثناء التطبيق:

	أسود	أحمر	أبيض	بني
أسود				
أحمر				
أبيض				
بني				
المجموع				

س7: لديك محرك كهربائي ذو قطب مظلل ذو سرعة واحدة، أشرح طريقة تحديد أطراف المحرك.

س8: ارسم الدائرة الكهربائية لمحرك مظلل ذو ثلاث سرع.

س9: أملأ الفراغات الآتية:

- يرمز إلى بدء أطراف ملفات المحركات الكهربائية ثلاثية الطور بـ ____ و _____ و _____.
- يرمز إلى نهاية أطراف ملفات المحركات الكهربائية ثلاثية الطور بـ ____ و _____ و _____.
- يرمز إلى بدء ملفات الجزء الدوار للمحركات الكهربائية ثلاثية الطور بـ ____ و _____ و _____، أو بـ ____ و _____ و _____.
- يرمز إلى نهاية اطراف ملفات الجزء الدوار في المحركات الكهربائية ثلاثية الطور بـ ____ و _____ و _____.
- يستخدم الهواء المضغوط في إزالة الشحم من _____.
- نستخدم ربط نجمة مثلث في المحركات الكهربائية بسبب كون _____ ولغرض _____.
- يتم عكس اتجاه المحركات ثلاثية الطور عن طريق _____.

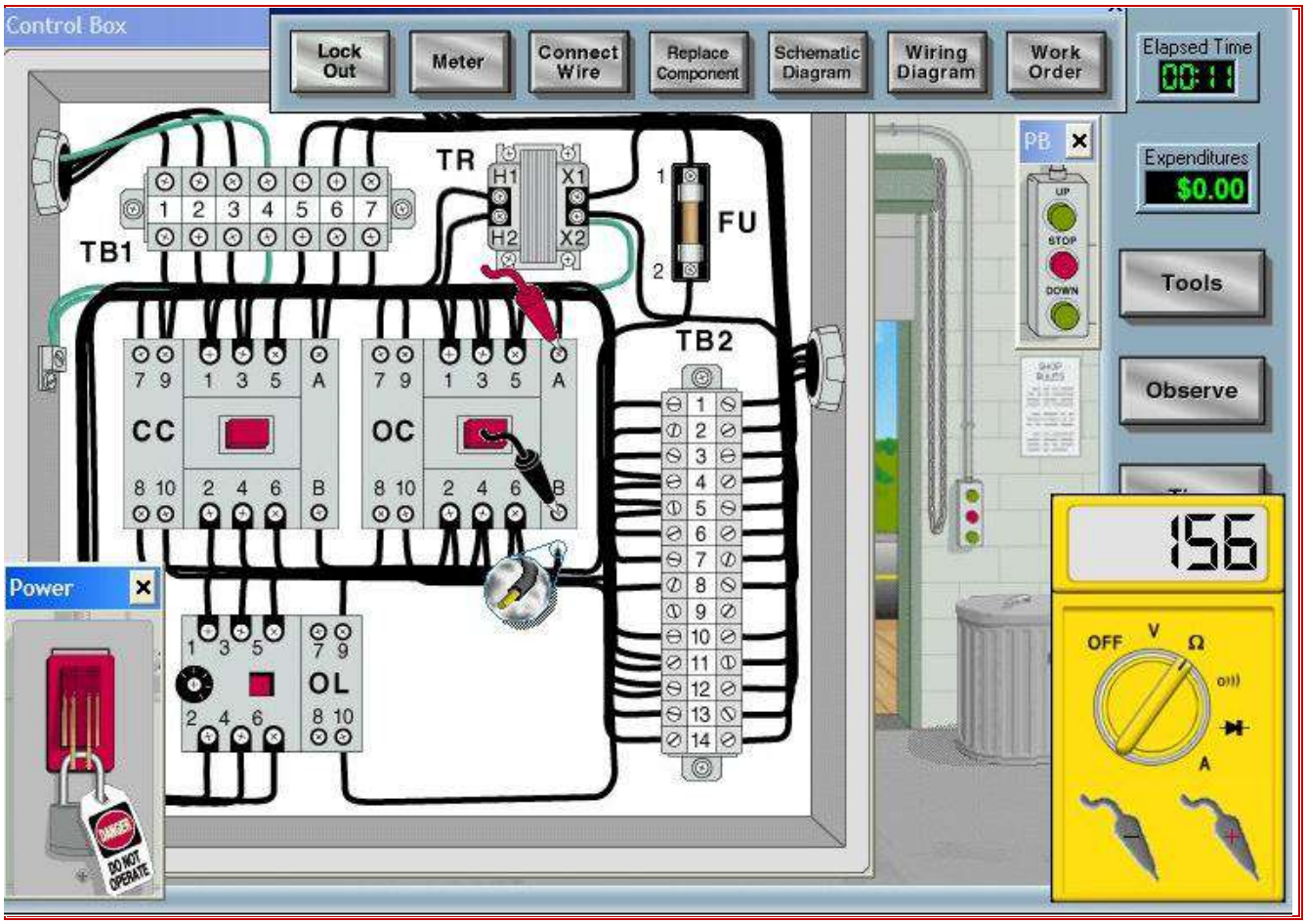
س10: اشرح خطوات رفع كرسي تحميل من محور الدوران.

س11: ارسم الدائرة الكهربائية لربط نجمة - مثلث لمحرك كهربائي ثلاثي الطور.

الفصل التاسع

دوائر القدرة والسيطرة للمحركات الحثية ثلاثية الأطوار

Power & Control Circuits of 3-Phase Induction Motors



دوائر القدرة والسيطرة للمحركات الحثية ثلاثية الأطوار

Power & Control Circuits of 3-Phase Induction Motors

1-9 مقدمة Introduction

من خلال دراستنا في الفصل الرابع فقد تم التأكيد على بعض أجهزة التحكم في منظومات التثليج، وهنا سيتم التطرق أولاً لبعض المسيطرات المستعملة في دوائر القدرة الكهربائية ودوائر السيطرة الملحقة بها لتشغيل المحركات الكهربائية بشكل عام ومحركات منظومات التثليج بشكل خاص.

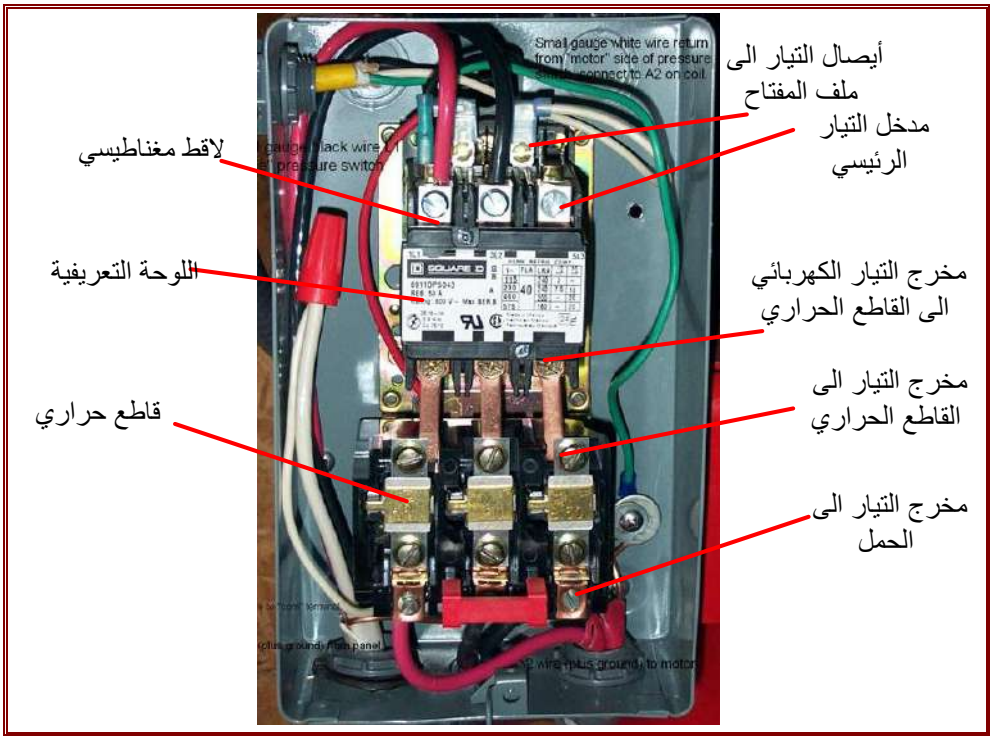
سيتم إعطاء نبذة مختصرة عن البادئات المغناطيسية (Contactors)، القواطع الحرارية (Thermal Overload)، مفاتيح الإيقاف والتشغيل (On-Off Switches)، فضلاً عن مفاتيح التوقيت الزمني (Timers). إن هذه الأجزاء الكهربائية غالباً ما تستعمل في الدوائر الكهربائية (دوائر القدرة ودوائر التحكم).

كما سيتم التأكيد على بعض التطبيقات العملية للدوائر الكهربائية وخصوصاً المحركات الحثية ثلاثية الطور، وذلك من خلال مجموعة من التمارين العملية التي يتطلب القيام بها لإكساب الطالب المهارة اللازمة.

2-9 المفاتيح الكهرومغناطيسية Contactors

تقسم المفاتيح الكهرومغناطيسية بشكل عام إلى قواطع مغناطيسية لإيصال وفصل الأحمال الكهربائية، والمرحلات Relays التي تستعمل لبعض الإجراءات المساعدة. وتستعمل هذه المفاتيح بشكل واسع في الدوائر الكهربائية (القدرة والسيطرة) في منظومات التثليج وتكييف الهواء.

إن المفتاح (القاطع) المغناطيسي هو عبارة عن موصل كهربائي يتكون من جزئين رئيسين هما البادئ المغناطيسي، والقاطع الحراري، ويبين الشكل (9-1) نقاط دخول وخروج التيار الكهربائي إلى البادئ المغناطيسي، وكذلك مدخل ومخرج التيار إلى القاطع الحراري، ونقاط توصيل التيار الكهربائي إلى ملف البادئ المغناطيسي.



شكل 9-1 بعض أنواع المفاتيح الكهرومغناطيسية

ويتكون الملف الكهرومغناطيسي من الآتي:

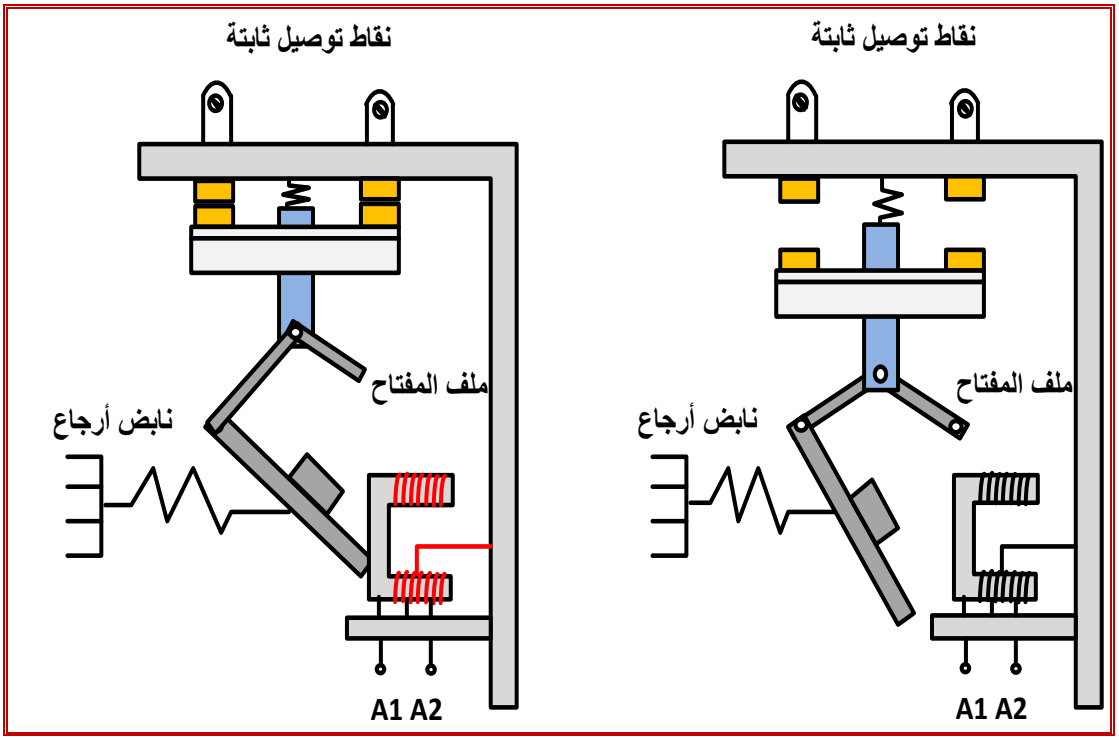
1- **الملف** وهو عبارة عن سلك رفيع ملفوف حول قلب حديدي وعند مرور التيار من الطرف A1 إلى الطرف A2 يتولد مجال مغناطيسي.

وقد تعمل ملفات المفاتيح الكهرومغناطيسية بتيار مستمر DC (24 فولت أو أقل) أو بتيار متناوب AC (24، 110، 220، 380 فولت) وإن قيمة فولتية ملف المفتاح دائماً تكون مثبتْة في لوحة بيانات الملف مما يتطلب الانتباه لذلك عند الاستبدال.

2- **قلب حديدي** يتكون من جزئين أحدهما ثابت موصولة عليه أطراف التوصيل الثابتة، أما الجزء المتحرك فتثبتْ علية نقاط توصيل غالباً ما تكون على نوعين (مفتوح أو مغلق).

3- **نابض إرجاع Spring**، لاحظ الشكل (9-2).

عند تولد المجال المغناطيسي ينجذب الجزء المتحرك إلى القلب الحديدي، ليتم إيصال أجزاء التوصيل المتحرك بأطراف التوصيل الثابتة. عندها تكون أطراف التلامس للمفتاح الكهرومغناطيسي مغلقة، وعند انقطاع التيار من ملف المفتاح يعمل النابض على إرجاع الجزء المتحرك مسبباً فتح أطراف التلامس الأساسية للمفتاح وقطع التيار الكهربائي.



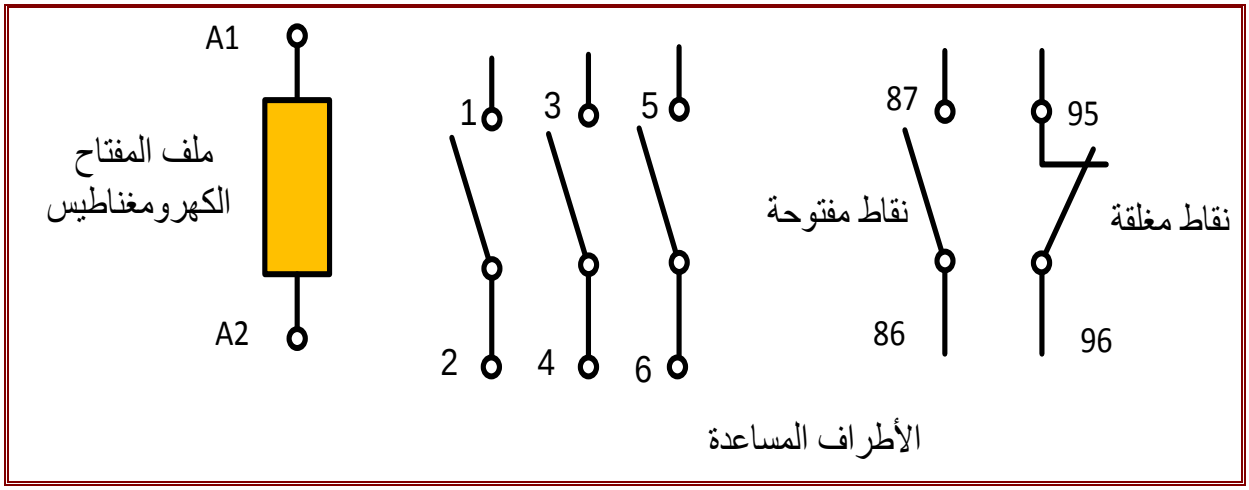
أ- عدم إيصال التيار الكهربائي إلى الملف ب- إيصال التيار الكهربائي إلى الملف

شكل 9-2 الأجزاء الداخلية ونقاط توصيل البادئ الكهرومغناطيسي

كما يوضح الشكل (9-3) الرموز للنقاط المفتوحة والمغلقة والملف للمفتاح الكهرومغناطيسي، حيث يلاحظ من الشكل على اليسار ملف المفتاح وفي الوسط نقاط التوصيل الرئيسية، وعلى يمين الشكل الأطراف المساعدة (Auxiliary).

إن اطراف (نهايات) ملف تشغيل المفتاح هيA1، A2 ونقاط توصيل المفتاح الرئيسة التي يمكن ترقيمها. كما إن الأطراف المساعدة (ريش التحكم) يتم ترقيمها بعددين الأول من اليمين يدل على نوع الطرف والعدد الثاني من اليسار يدل على ترتيب الطرف داخل اللاقط المغناطيسي، فالطرف المفتوح (الريشة مفتوحة) يأخذ الأعداد 3 و4، أما الطرف المغلق فيأخذ الأعداد 1 و2.

مثال ذلك فإن الأطراف (13 - 14) تعني الطرف الأول مفتوح بشكل طبيعي Normally Open (NO) والطرف (21-22) يعني أن الطرف الثاني مغلق بشكل طبيعي Normally Closed (NC)



1	3	5	2	4	6
L1	L2	L3	T1	T2	T3

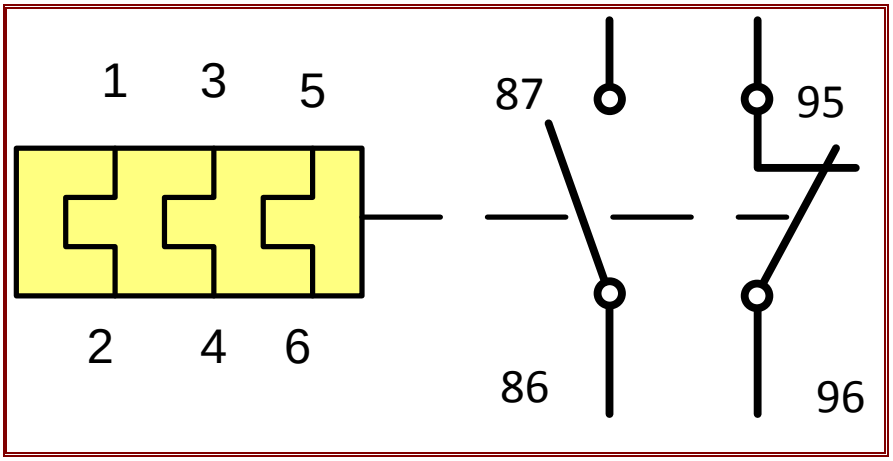
شكل 9-3 رموز الملف والنقاط المفتوحة والمغلقة للمفتاح الكهرومغناطيسي

3-9 القاطع الحراري Thermal Overload

إن الاسم الشائع للقاطع الحراري هو Thermal Overload ويستعمل لحماية المحركات الكهربائية من زيادة التيار الكهربائي، فعند ارتفاع التيار عن الحد الطبيعي (التصميمي)، يعمل القاطع الحراري على فصل الدائرة الكهربائية من المحرك.

ويتكون القاطع الحراري من ملفات حرارية تتصل على التوالي مع ملفات المحرك، ويتم ضبط تدرجات القاطع الحراري اعتماداً على شدة تيار المحرك عندما يعمل بحمل كامل.

إن ارتفاع تيار المحرك يسبب ارتفاع درجة حرارة ملف القاطع الحراري مما يؤدي إلى فصل نقطة تلامسه (يكون تلامس القاطع الحراري مربوطاً على التوالي مع ملف المفتاح الكهرومغناطيسي) مما يؤدي إلى قطع التيار عن ملف اللاقط المغناطيسي، وعليه تعود هذه التلامسات إلى وضعها الطبيعي المفتوح (NO) وينقطع التيار عن المحرك، والشكل (9-4) يبين رمز القاطع الحراري.



شكل 9-4 رمز القاطع الحراري

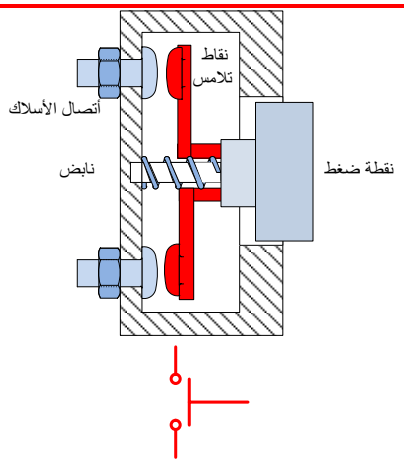
4-9 مفاتيح الإيقاف والتشغيل Push-Button

تسمى هذه المفاتيح بمفاتيح الإيقاف والتشغيل، وتستعمل لإيصال أو قطع التيار الكهربائي عن ملف المفتاح الكهرومغناطيسي. فمفتاح التشغيل يستعمل لإيصال التيار الكهربائي إلى ملف اللاقط المغناطيسي عند الضغط عليه، أما مفتاح التوقف فإنه يعمل على فصل التيار الكهربائي عن ملف اللاقط المغناطيسي عند الضغط عليه.

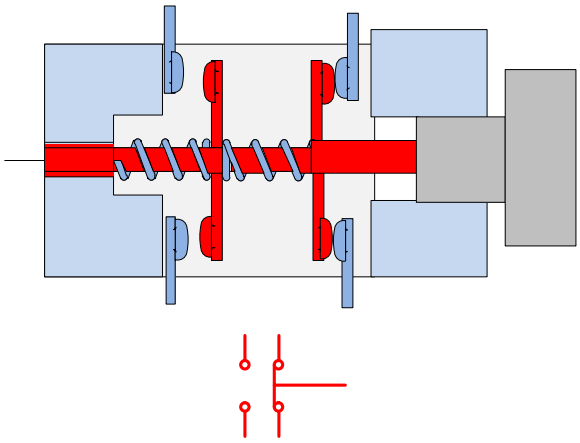
وتوجد أنواع مختلفة من هذه المفاتيح، فمنها المفرد (أي مفتاح تشغيل أو إيقاف) ومنها من يؤدي وظيفتي التشغيل والإيقاف معاً، ومنها ما يستخدم لفصل التيار من ملف وإيصاله إلى ملف آخر. ويبين الشكل (9-5 أ) مفتاحاً ذا تلامس واحد NO، مع رمز المفتاح الذي يمكن استخدامه كمفتاح تشغيل فقط. أما الشكل (9-5 ب) فيبين مفتاحاً ذا تلامسين مع رمز المفتاح، احدهما مغلق NC والآخر مفتوح NO ويمكن استخدام هذا النوع كمفتاح تشغيل أو مفتاح إيقاف أو الاثنين معاً.

5-9 مفاتيح المؤقت الزمني Timers

تستعمل المؤقتات الزمنية لتوصيل أو فصل التيار الكهربائي ذاتياً عن الملفات الكهربائية بعد مرور زمن محدد سلفاً، ويحدد الزمن على تدرجات المؤقت الزمني. وهنالك أنواع كثيرة من المؤقتات الزمنية منها ما يعمل بالهواء المضغوط والآخر إلكترونيه وذات محركات. ويبين الشكل (9-6) بعض أنواع المؤقتات الزمنية.



الشكل (9- 5 أ) مفتاح له تلامس واحد مفتوح اعتيادياً NO

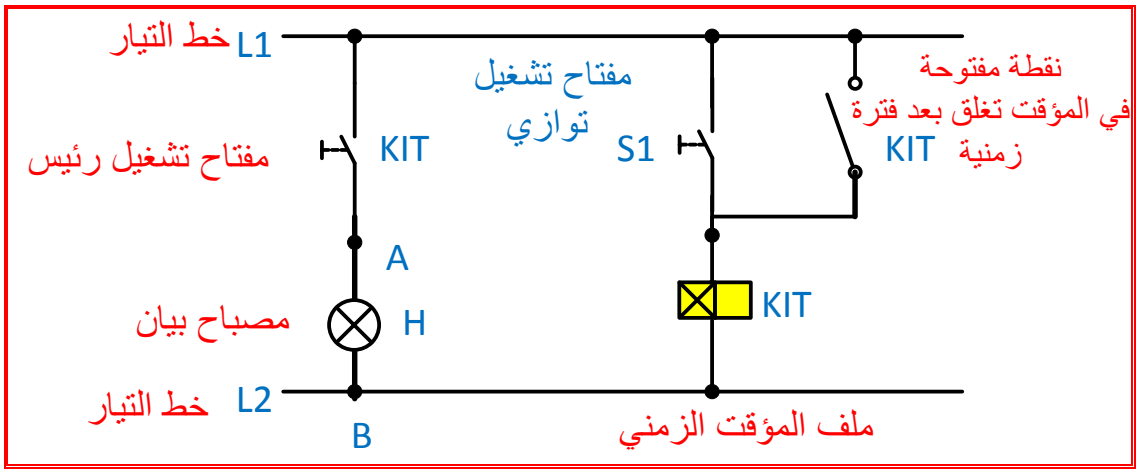


الشكل (9-5 ب) مفتاح له تلامسان احدهما مفتوح اعتيادياً NO والآخر مغلق اعتيادياً NC

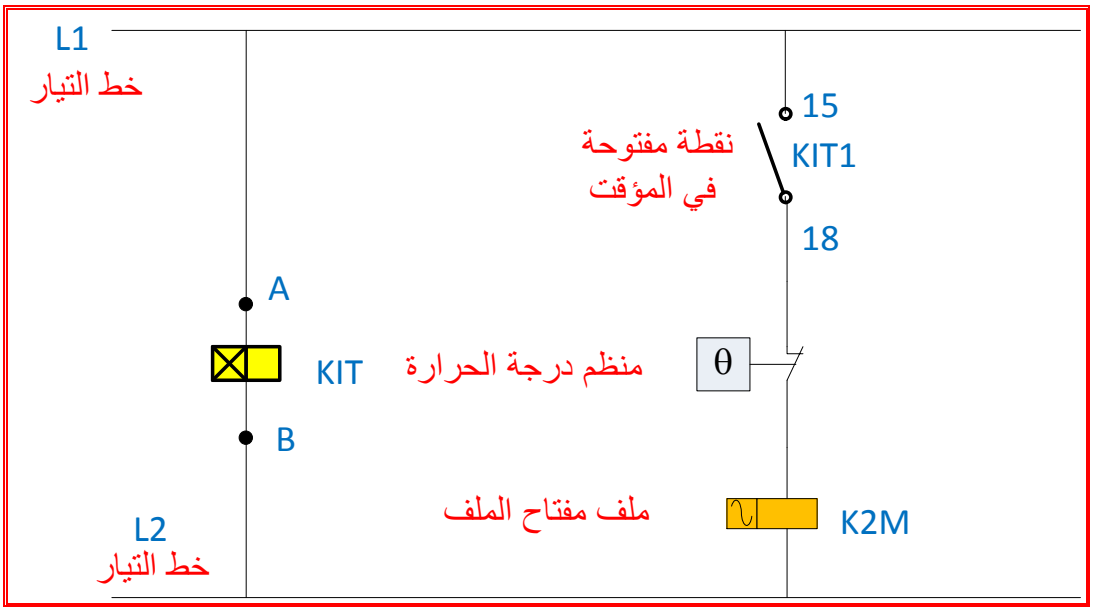
شكل 9-6 بعض أنواع المؤقتات الزمنية

انتقاء أسلوب التشغيل

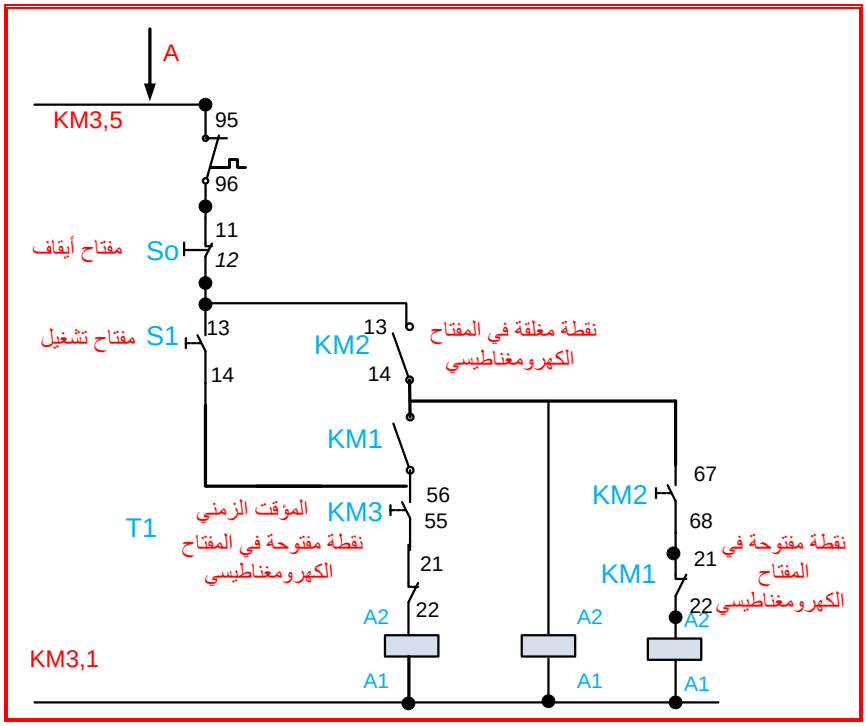
هنالك طرائق عدة تستخدم لربط المؤقت الزمني في دوائر التحكم اعتماداً على الهدف من وجود المؤقت، إذ يبين الشكل (9-7 أ) دائرة مبسطة لتشغيل مصباح بيان من خلال مؤقت زمني، أما الشكل (9-7 ب) فيبين دائرة إذابة الجليد من خلال مؤقت زمني، أما الشكل (9-7 ج) فيبين دائرة تشغيل دائرة نجمة – مثلث (ستار/ دلتا) من خلال مؤقت زمني.



شكل 9-7 أ دائرة مبسطة لتشغيل مصباح بيان من خلال مؤقت زمني



شكل 9-7 ب دائرة إذابة الجليد من خلال مؤقت زمني



شكل 9-7 ج دائرة تشغيل نجمة – مثلث (ستار/ دلتا) من خلال مؤقت زمني

6-9 تطبيقات الدوائر الكهربائية

في هذا الباب ومن خلال التمارين العملية سيتم التأكيد على تشغيل المحرك الحثي ثلاثي الطور، مما يساعد على تأكيد الجانب المعرفي وزيادة المهارة التقنية والمعرفية في مجال دوائر القدرة الكهربائية ومكوناتها الأساسية، فضلاً عن دوائر السيطرة.

تمرين 9-1 بناء دائرة فحص كهربائية

الهدف من التمرين: تدريب الطالب على بناء دائرة كهربائية لفحص الدوائر الكهربائية

قبل البدء بالدوائر الكهربائية (القوى والسيطرة) سيتم بناء دائرة فحص كهربائية لكي يستفاد منها في عملية فحص وتدقيق الدوائر الكهربائية للتأكد من سلامتها وتلافي الربط الخاطئ قبل تشغيل المنظومات الكهربائية، لذلك سيتم تصنيع دائرة فحص تحتوي على دائرتين الأولى توالي والثانية توازي.

المواد والعُدد المستخدمة

1-لوح خشب بأبعاد 30 سم×30 سم، 2-مقياس ذو فك، 3- أسلاك كهربائية، 4- قاعدة مصباح عدد 2، 5- مأخذ كهربائي ذو مفتاح عدد 2، 6- نقطه توصيل عدد2، 7- قارصة كهربائية عدد 4، 8- مصابيح عدد 2، 9- قاطع دورة رئيس، كما مبين في الشكل (9-8).

خطوات العمل:

1- إرسمْ الدائرة الكهربائية للدائرة، كما مبين في الشكل (9-9).

2- ثبت الأجزاء على اللوح الخشبي.

3- قُم بإجراء التوصيلات وحسب المخطط.

4- إجراء عملية الفحص على دائرة الفحص:

- تتم عملية فحص جزء التوالي من الدائرة، من خلال توصيل قارصتي الخط والمتعادل الموضحتين في الشكل (9-9)، للتأكد من إضاءة المصباح المربوط على دائرة التوالي.
- أما دائرة التوازي فيتم فحصها من خلال فحص فرق الجهد خلال المأخذ الكهربائي باستخدام المقياس ذي فك، إذ إن قراءة المقياس يجب أن تساوي فرق الجهد التصميمي.

1- مقياس ذو فك

2- قاعدة مصباح

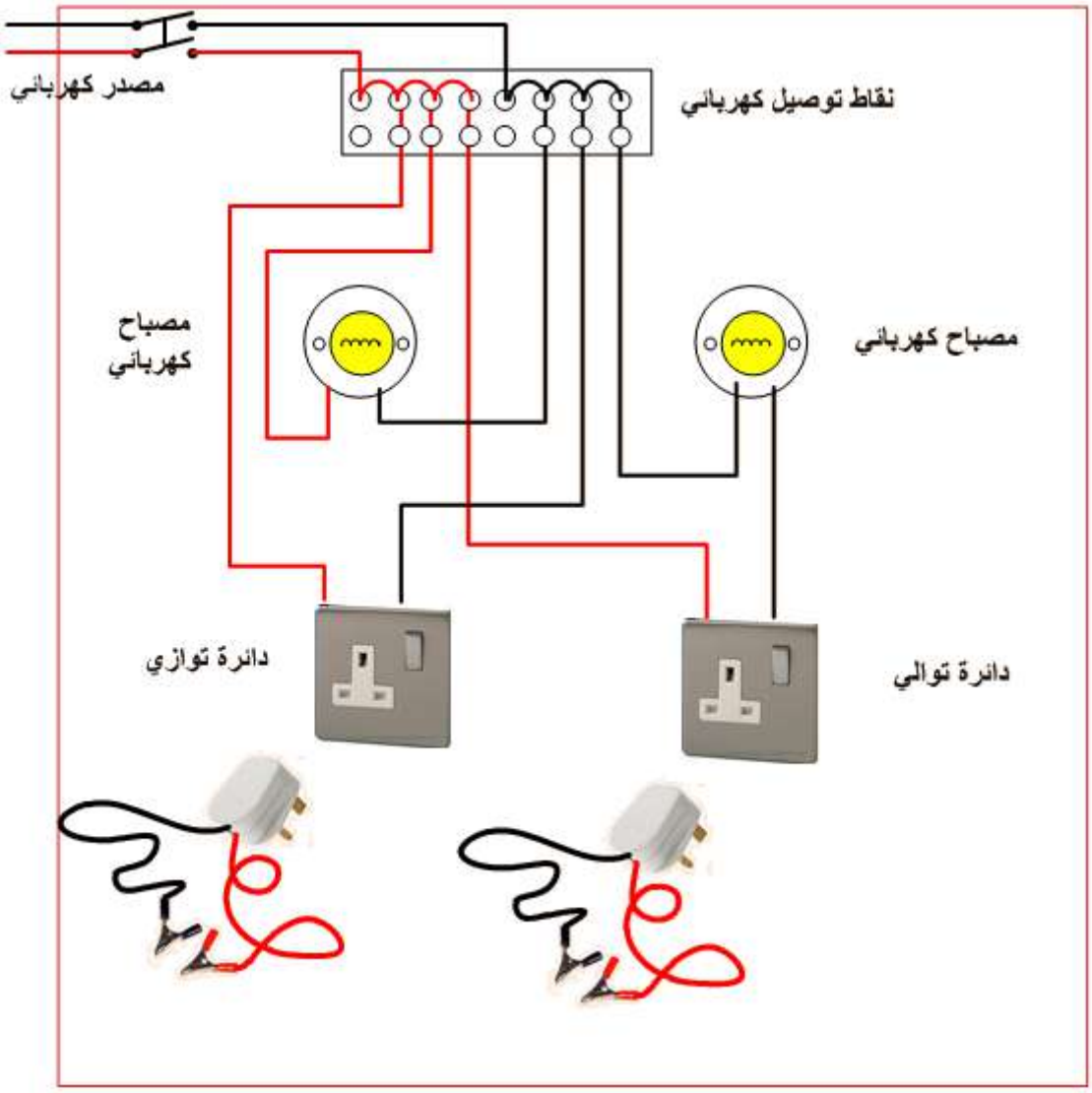
3- مأخذ كهربائي ذو مفتاح

4- نقطه توصيل

5- ماسكة كهربائية

6- قاطع دورة

شكل 9-8 المواد المطلوبة لبناء دائرة فحص كهربائية



شكل 9-9 مخطط الدائرة الكهربائية لدائرة الفحص

تمرين 9-2 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة القاطع الكهرومغناطيسي ومفتاح بسيط

الهدف من التمرين: التدريب على عملية ربط المحرك الكهربائي ثلاثي الطور للدائرة الكهربائية من خلال القاطع الكهرومغناطيسي

المواد والعُدد المستخدمة:

1- محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور. 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك. 3- مفتاح بسيط مناسب للتشغيل والإطفاء. 4- مقياس ذو فك. 5- قاطع دورة رئيس Circuit Breaker. 6- منضدة عمل خشبية. 7- لوح خشب بأبعاد 30 سم × 30 سم مع مسطرة تثبيت.

خطوات العمل:

1- ارسم الدائرة الكهربائية، كما في الشكل (9-10).

2- ثبت المفتاح المغناطيسي وقاطع الدورة والمفتاح الكهربائي (NO-PB) على اللوح الخشبي. وثبت المحرك على منضدة العمل.

3- إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط وتشمل:

أ- ربط القاطع الكهرومغناطيسي لقاطع الدورة من خلال الخطوط L1, L2, L3.

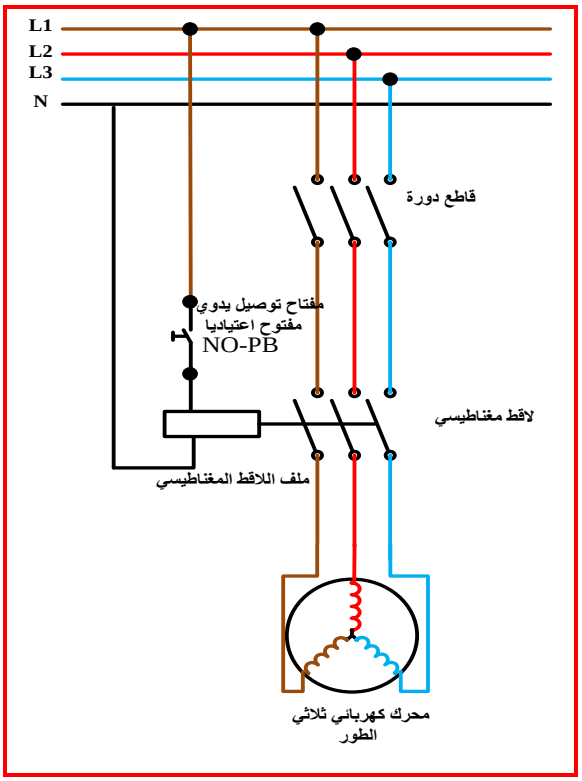
ب- ربط المحرك إلى القاطع الكهرومغناطيسي.

ت- ربط ملف القاطع الكهرومغناطيسي إلى مفتاح التشغيل (NO-PB).

ث- بعد التأكد من صحة التوصيلات، افحص مدى عمل ملف القاطع من خلال إيصال التيار للملف بعد غلق المفتاح البسيط، ثم أعد فتحه.

ج- اربط الخطوط الرئيسة إلى القاطع الرئيس.

ح- اضغطْ على المفتاح البسيط لإيصال التيار لملف القاطع ، ولاحظ تحرك المحرك واتجاه دورانه، ودوَن الملاحظات.



شكل 9-10 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة القاطع الكهرومغناطيسي ومفتاح بسيط

تمرين 9-3 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة مفتاح كهرومغناطيسي ومفتاحي تشغيل – إيقاف وواقي حمل.

الهدف من التمرين: التدريب على تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة مفتاح كهرومغناطيسي ومفتاحي تشغيل – إيقاف وواقي حمل.

المواد والعُدد المستخدمة:

1- محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور. 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك. 3- مفتاح ضاغط تشغيل. 4- مفتاح ضاغط إيقاف. 5- دائرة فحص. 6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة. 7- قاطع دورة. 8- منضدة عمل خشبية. 9- لوح خشب 30 × 30 سم مع مسطرة تثبيت. 10- عُدة كهرباء يدوية.

خطوات العمل:

1- ارسم الدائرة الكهربائية، كما في الشكل (9-11).

2- ثبت المفتاح الكهرومغناطيسي وقاطع الدورة والمفاتيح الضاغطة على اللوح الخشبي.

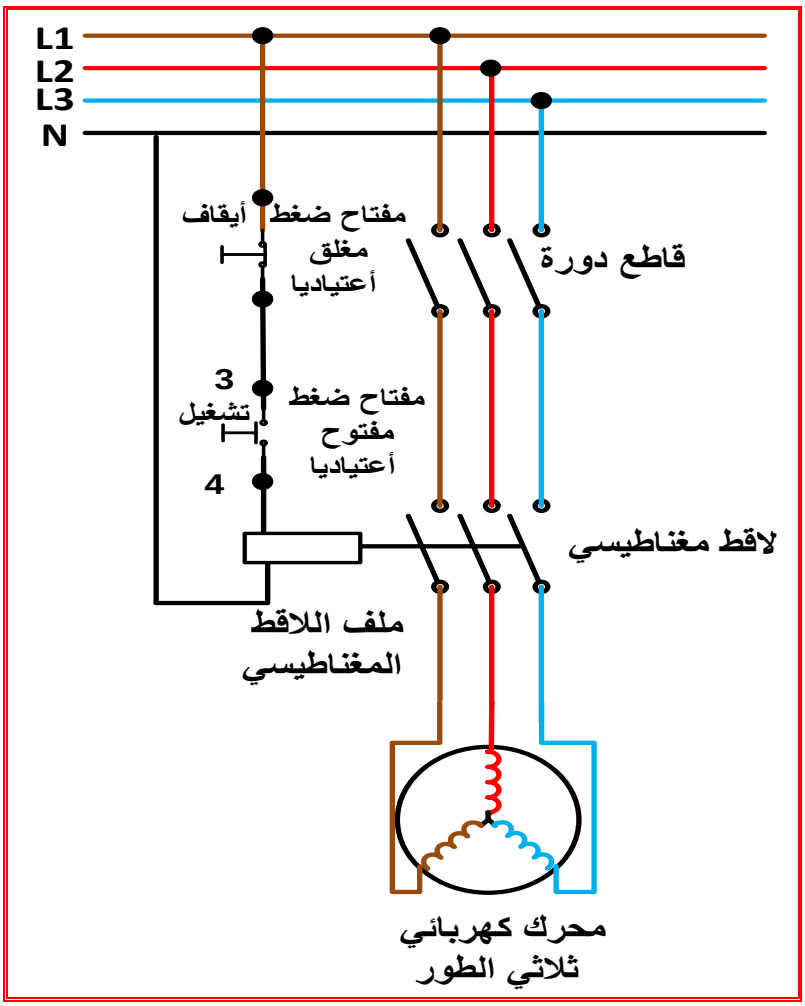
3- ثبت المحرك على منضدة العمل.

4- إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط.

5- فحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.

6- اضغطْ على مفتاح Start لإيصال التلامس 3-4، إذ إن التيار سيصل إلى ملف اللاقط المغناطيسي، ونتيجة ذلك تكون المتلامسات التي كانت مفتوحة NO ستصبح مغلقة NC والتي كانت مغلقة NC ستصبح مفتوحة NO. إن التلامس المساعد سيصبح مغلقاً ويديم مرور التيار خلال الملف عند رفع اليد من مفتاح Start. لاحظ ذلك من خلال استمرار توصيلات اللاقط المغناطيسي وعمل المحرك.

7- اضغطْ على ضاغط الإيقاف Stop لفصل الدائرة الكهربائية من ملف اللاقط المغناطيسي.



شكل 9-11 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة مفتاح كهرومغناطيسي ومفتاحي تشغيل – إيقاف وواقي حمل.

تمرين 9-4 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة قاطع كهرومغناطيسي، تشغيل وإيقاف وعكس دورانه.

الهدف من التمرين: التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل وعكس دوران المحرك الحثي ثلاثي الأطوار، وتركيب الدائرة الكهربائية وتشغيل المحرك ليعمل باتجاهين.

المواد والعُدد المستخدمة:

1- محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور. 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك ذو متلامسات مساعدة. 3- مفتاح ضاغط تشغيل عدد 2. 4- مفتاح ضاغط إيقاف. 5- دائرة فحص. 6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة. 7- قاطع دورة Circuit Breaker. 8- منضدة عمل خشبية. 9- لوح خشب 30 × 30 سم مع مسطرة تثبيت. 10- عُدة كهرباء يدوية. 11- مفتاح بسيط. 12- مصابيح بيان عدد 2. 13- قاطع حمل حراري Thermal Overload.

خطوات العمل:

1- ارسم الدائرة الكهربائية (مخطط دائرة القدرة والسيطرة)، كما في الشكل (9-12).

2- ثبت اللاقط المغناطيسي وقاطع الدورة والمفاتيح الضاغطة على اللوح الخشبي. وثبت المحرك على منضدة العمل.

3- إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط. وافحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.

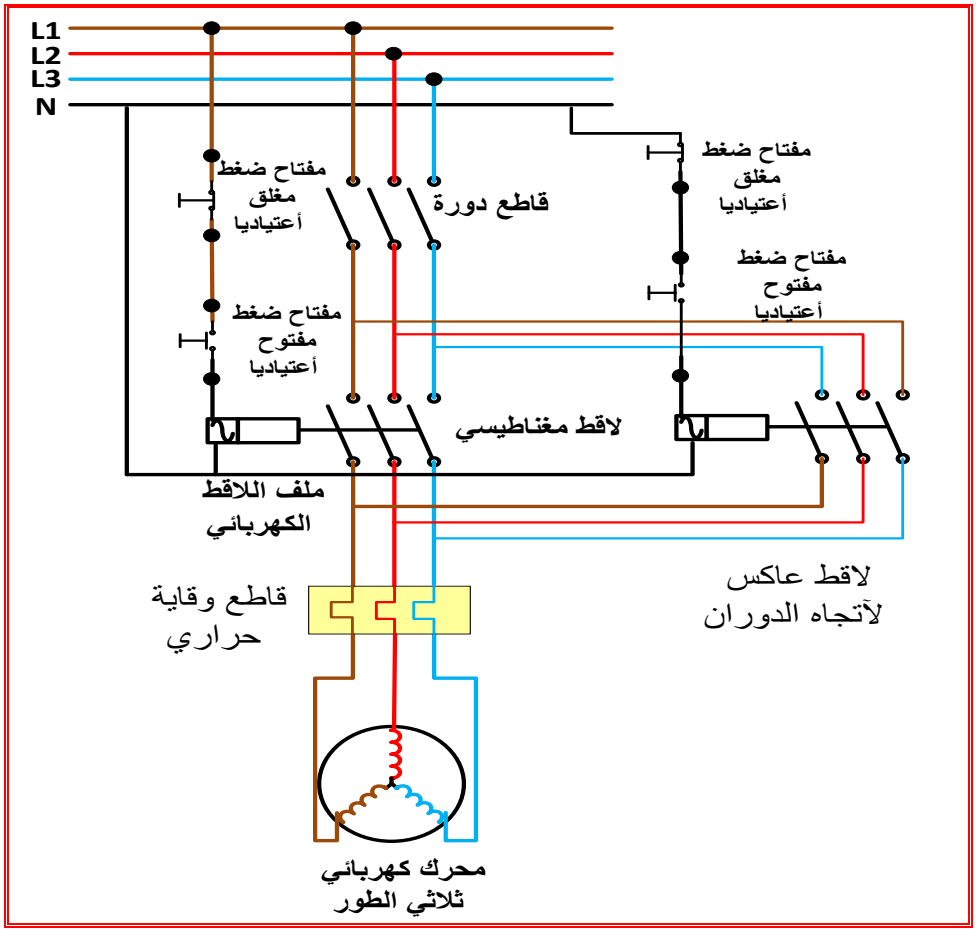
4- اضغط على مفتاح Start رقم 2 ولاحظ اتجاه دوران المحرك.

5- اضغط على كابس الإيقاف.

6- اضغط على مفتاح Start رقم 3، ولاحظ اتجاه دوران المحرك.

7- اضغط على ضاغط الإيقاف Stop لفصل الدائرة الكهربائية من ملف اللاقط المغناطيسي.

8- دوّن ملاحظاتك خلال أداء التمرين، وناقش ذلك وبين فائدة كل جزء من المنظومة.



شكل 9-12 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة قاطع كهرومغناطيسي وكباسي تشغيل وإيقاف وعكس دورانه.

تمرين 9-5 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة قاطع كهرومغناطيسي ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقي حمل وفحصه.

الهدف من التمرين:

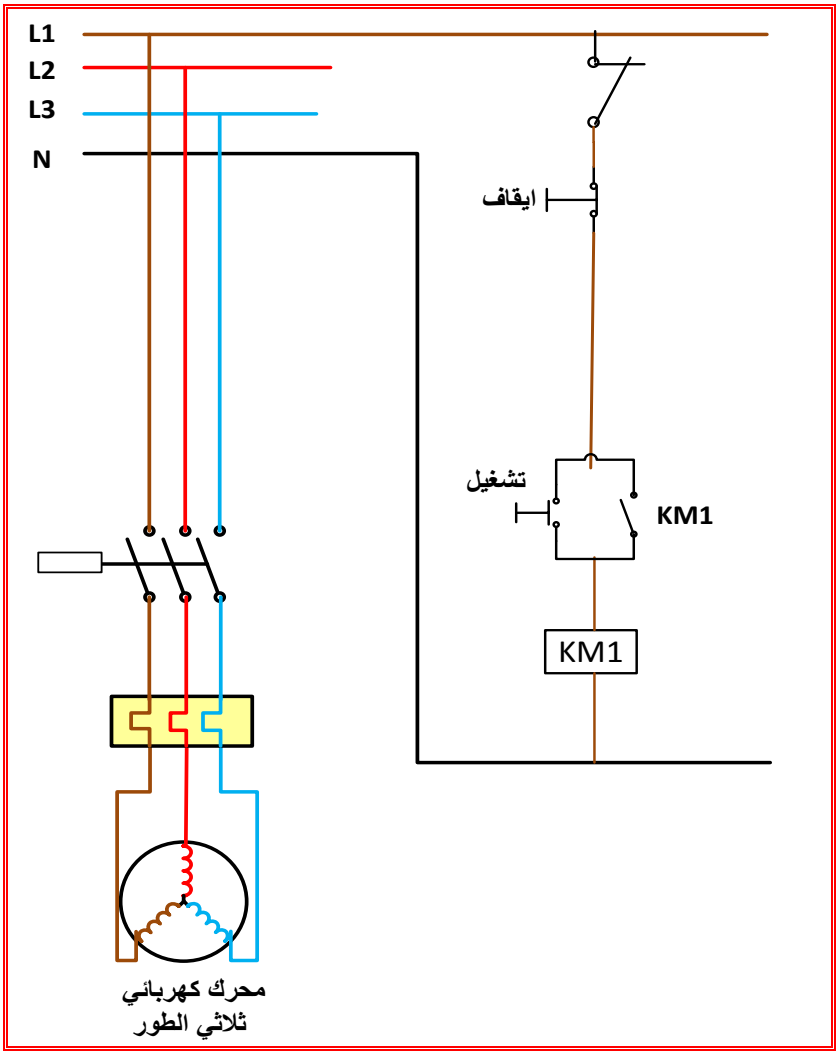
1- التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل للمحرك الحثي ثلاثي الأطوار بواسطة قاطع كهرومغناطيسي وكباسي تشغيل وإيقاف .
2- تركيب الدائرة الكهربائية.
3- تشغيل المحرك ليعمل من خلال استخدام كباس التشغيل.

المواد والعُدد المستخدمة:

1- محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور. 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك ذو متلامسات مساعدة. 3- مفتاح ضاغط تشغيل. 4- مفتاح ضاغط إيقاف. 5- دائرة فحص. 6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة. 7- قاطع دورة. 8- منضدة عمل خشبية. 9- لوح خشب 30 × 30 سم مع مسطرة تثبيت. 10- عُدة كهرباء يدوية. 11- قاطع حمل حراري.

خطوات العمل:

1- ارسم الدائرة الكهربائية، كما في الشكل (9-13).
2- ثبت اللاقط المغناطيسي وقاطع دورة والمفاتيح الضاغطة على اللوح الخشبي.
3- ثبت المحرك على منضدة العمل.
4- إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط.
5- فحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.
6- اِضغطْ على مفتاح Start ولاحظ دوران المحرك.
7- اضغط على كابس الإيقاف.
8- دون ملاحظاتك خلال أداء التمرين وناقش ذلك، وبين فائدة كل جزء من المنظومة.



شكل 9-13 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة قاطع كهرومغناطيسي ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقي حمل

تمرين 9-6 تشغيل محرك تأثيري ثلاثي الطور بواسطة مفتاح كهرومغناطيسي ومفتاحي تشغيل – إيقاف وواقي حمل ومصباحي إشارة.

الهدف من التمرين:

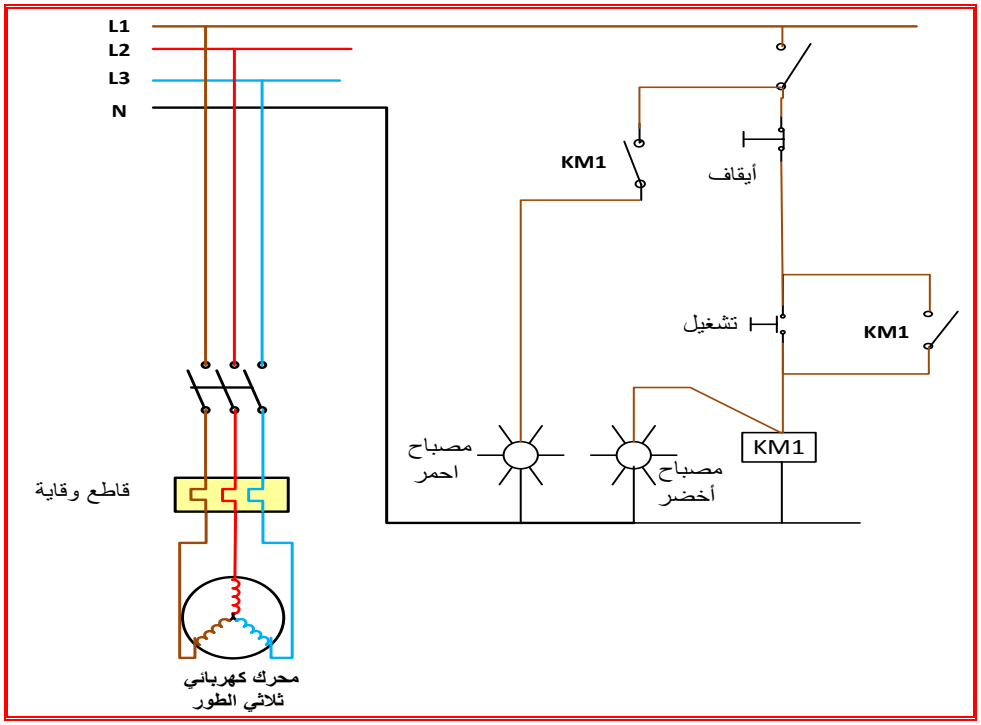
1. التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل المحرك الحثي ثلاثي الأطوار بواسطة قاطع كهرومغناطيسي وكباسي تشغيل وإيقاف.
2. تركيب الدائرة الكهربائية (القدرة والسيطرة).
3. تشغيل المحرك ليعمل من خلال استخدام الكباسين.

المواد والعُدد المستخدمة:

1-محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور. 2- قاطع كهرومغناطيسي ذو متلامسات مساعدة. 3- مفتاح تشغيل. 4- مفتاح إيقاف. 5- دائرة فحص. 6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة. 7- قاطع دورة Circuit Breaker. 8- لوح خشب 30 × 30 سم مع مسطرة تثبيت. 9- عُدة كهرباء يدوية. 10- قاطع حمل حراري Thermal Overload. 11- مصباحا بيان.

خطوات العمل:

1. ارسم الدائرة الكهربائية (مخطط دائرة القدرة والسيطرة)، كما في الشكل (9-14).
2. ثبتْ اللاقط المغناطيسي والقاطع الحراري وقاطع الدورة والمفاتيح الضاغطة ومصباح البيان على اللوح الخشبي. وثبت المحرك على منضدة العمل.
3. إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط ، ثم افحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.
4. اضغط على مفتاحStart لاحظ إضاءة مصباح البيان وتعشيق اللاقط المغناطيسي ودوران المحرك
5. اضغط على كابس الإيقاف.
6. دوَن ملاحظاتك خلال أداء التمرين وناقش ذلك، وبين فائدة كل جزء من المنظومة.



شكل 9-14 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة مفتاح كهرومغناطيسي ومفتاحي تشغيل – إيقاف وواقي حمل ومصباحي إشارة.

تمرين 9-7 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة قاطع كهرومغناطيسي ومحطتي تشغيل وإيقاف وواقي حمل.

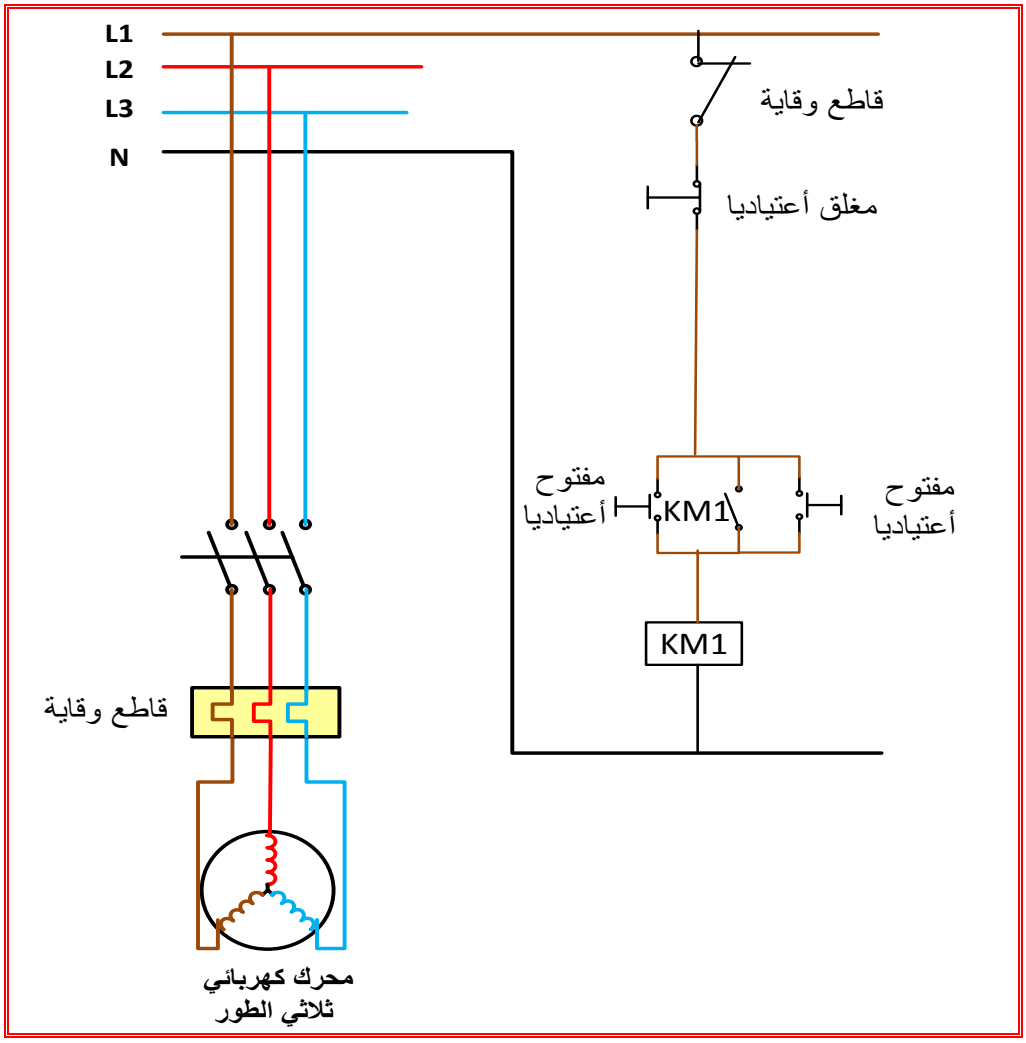
الهدف من التمرين: التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل للمحرك الحثي ثلاثي الأطوار بواسطة قاطع كهرومغناطيسي ومحطتي تشغيل وإيقاف، وتركيب الدائرة الكهربائية (القدرة والسيطرة)، وتشغيل المحرك ليعمل من خلال استخدام الكباسين.

المواد والعُدد المستخدمة:

1. محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور، 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك ذو متلامسات مساعدة، 3- مفتاح تشغيل عدد 2، 4- مفتاح إيقاف عدد 1، 5- دائرة فحص،6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة، 7- قاطع دورة Circuit Breaker، 8- منضدة عمل خشبية، 9- مسطرة تثبيت مع لوح خشب 30 × 30 سم، 10- عُدة كهرباء يدوية، 11- قاطع حمل حراري Thermal Overload.

خطوات العمل:

1. ارسم الدائرة الكهربائية (مخطط دائرة القدرة والسيطرة) كما في الشكل (9-15).
2. ثبت القاطع الكهرومغناطيسي والقاطع الحراري وقاطع الدورة ومفاتيح التشغيل والإطفاء على اللوح الخشبي.
3. ثبت المحرك على منضدة العمل.
4. إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط.
5. فحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.
6. اضغط على مفتاح Start رقم 1 ولاحظ دوران المحرك.
7. اضغط على كابس الإيقاف رقم 1.
8. اضغط على مفتاح Start رقم 2 ولاحظ دوران المحرك.
9. اضغط على كابس الإيقاف رقم 2.
10. دوَن ملاحظاتك خلال أداء التمرين وناقش ذلك، وبين فائدة كل جزء من المنظومة.



شكل 9-15 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة قاطع كهرومغناطيسي ومحطتي تشغيل وإيقاف وواقي حمل .

تمرين 9-8 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور بواسطة قاطعين كهرو مغناطيسيين ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقي حمل مع مفتاح رئيس لحماية الدائرتين.

الهدف من التمرين:

1- التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل للمحرك الحثي ثلاثي الأطوار بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين ومفتاحي تشغيل وإيقاف.
2- تركيب الدائرة الكهربائية (القدرة والسيطرة).
3- تشغيل المحرك ليعمل من خلال استخدام الكباسين.

المواد والعُدد المستخدمة:

1- محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور، 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك ذو متلامسات مساعدة عدد 2، 3- مفتاح تشغيل عدد 2، 4- مفتاح إيقاف عدد2، 5- دائرة فحص، 6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة، 7- قاطع دورة Circuit Breaker، 8- منضدة عمل خشبية، 9- لوح خشب 30 × 30 سم مع مسطرة تثبيت، 10- عُدة كهرباء يدوية، 11- قاطع حمل حراري عدد 2.

خطوات العمل:

1- ارسم الدائرة الكهربائية (مخطط دائرة القدرة والسيطرة)، كما في الشكل (9-16).

2- ثبت القاطع الكهرومغناطيسي والقاطع الحراري وقاطع الدورة ومفاتيح التشغيل والإيقاف على اللوح الخشبي.

3- ثبت المحرك على منضدة العمل.

4- إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط.

5- افحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.

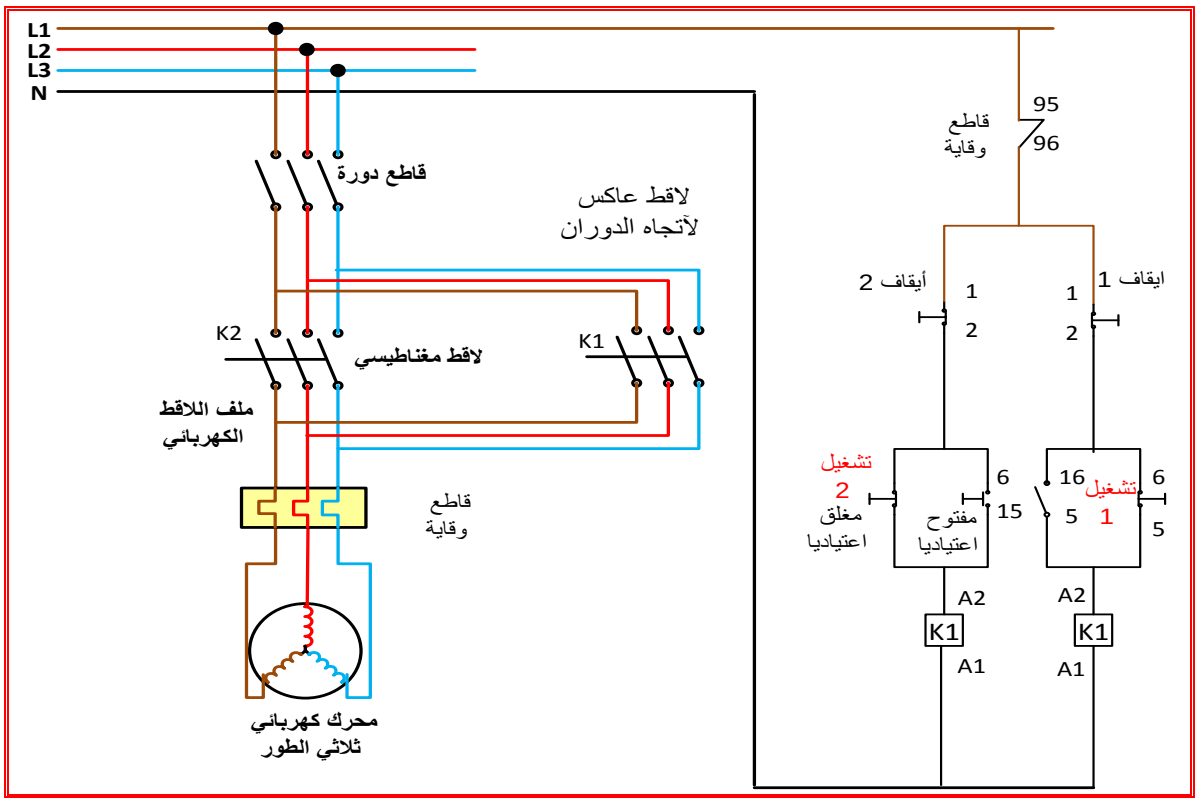
6- اضغط على مفتاح Start رقم 1 ولاحظ دوران المحرك.

7- اضغط على كابس الإيقاف رقم 1.

8- اضغط على مفتاح Start رقم 2 ولاحظ دوران المحرك.

9- اضغط على كابس الإيقاف رقم 2.

10- دوَن ملاحظاتك خلال أداء التمرين وناقش ذلك وبين فائدة كل جزء من المنظومة.



شكل 9-16 مخطط تشغيل محرك تأثيري ثلاثي الطور بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين ومحطتي تشغيل وإيقاف وواقيي حمل مع مفتاح رئيس لحماية الدائرتين.

تمرين 9-9 تشغيل محرك تأثيري ثلاثي الطور يمين - يسار بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين وكباسي تشغيل وإيقاف وواقي حمل.

الهدف من التمرين:

1- التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل المحرك الحثي ثلاثي الطور يمين - يسار بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقي حمل.
2- تركيب الدائرة الكهربائية (القدرة والسيطرة).
3- تشغيل المحرك ليعمل من خلال استخدام المفتاحين.

المواد والعُدد المستخدمة:

1- محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور، 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك ذو ملامسات مساعدة عدد 2، 3- مفتاح ضاغط تشغيل عدد 2، 4- مفتاح ضاغط إيقاف عدد2، 5- دائرة فحص، 6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة، 7- قاطع دورة Circuit Breaker، 8- منضدة عمل خشبية، 9- لوح خشب 30 × 30 سم مع مسطرة تثبيت، 10- عُدة كهرباء يدوية، 11- قاطع حمل حراري.

خطوات العمل:

1- ارسم الدائرة الكهربائية (مخطط دائرة القدرة والسيطرة)، كما في الشكل (9-17).

2- ثبت اللاقط المغناطيسي وقاطع الحمل وقاطع الدورة والمفاتيح الضاغطة على اللوح الخشبي. وثبت المحرك على منضدة العمل.

3- إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط. وافحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.

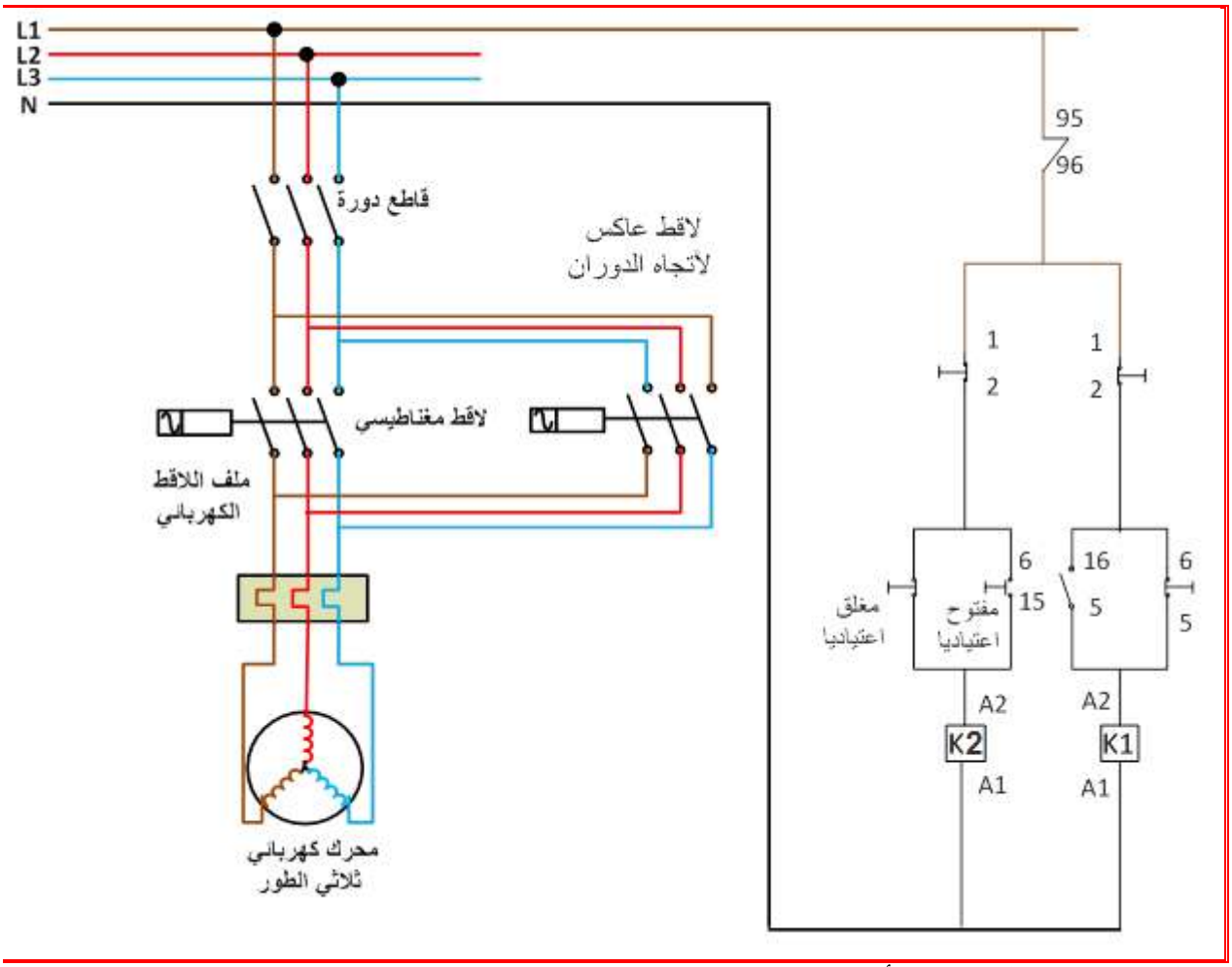
4- اضغط على مفتاح Start رقم 1 ولاحظ دوران المحرك.

5- اضغط على كابس الإيقاف رقم 1.

6- اضغط على مفتاح Start رقم 2 ولاحظ دوران المحرك.

7- اضغط على كابس الإيقاف رقم 2.

8- دوّن ملاحظاتك خلال أداء التمرين وناقش ذلك وبين فائدة كل جزء من المنظومة.



شكل 9-17 تشغيل محرك تأثيري ثلاثي الطور يمين - يسار بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين وكباسي تشغيل وإيقاف وواقي حمل.

تمرين 9-10 تشغيل محركين حثيين ثلاثيي الطور بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقيي حمل، ومفتاح توقيت زمني.

الهدف من التمرين:

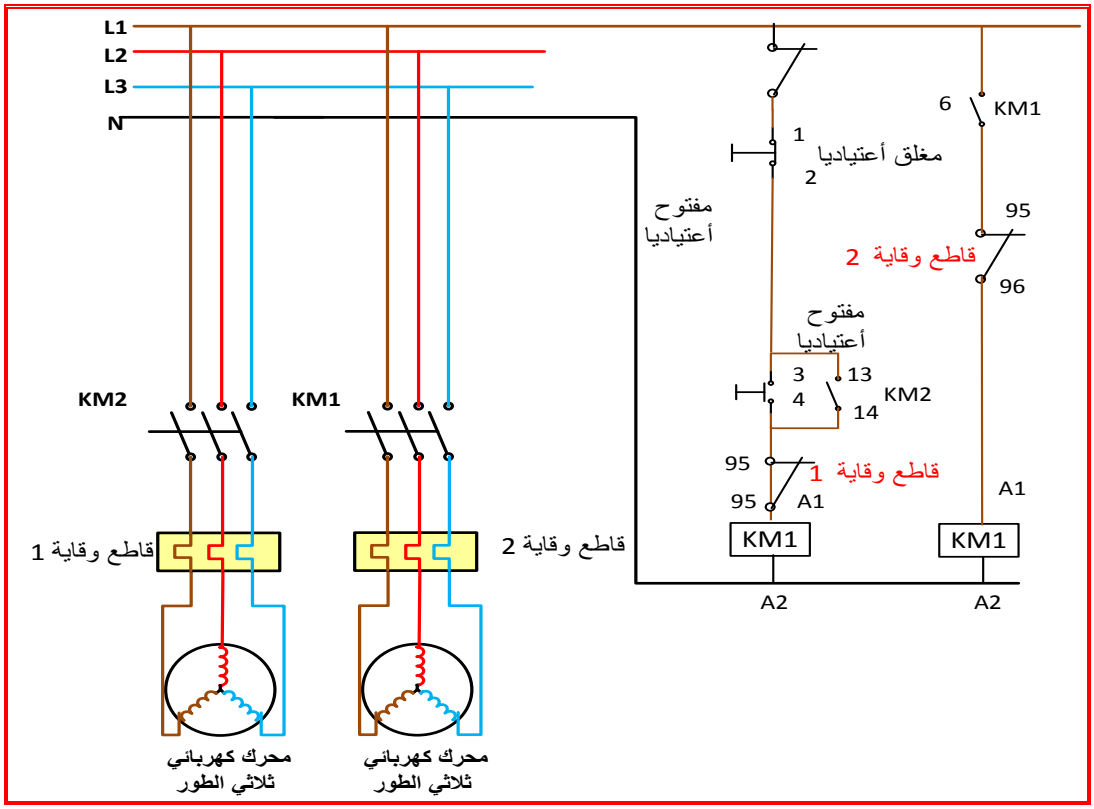
1- التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل المحركين بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقيي حمل، ومفتاح توقيت زمني.
2- تركيب الدائرة الكهربائية (القدرة والسيطرة).
3- تشغيل المحرك ليعمل من خلال استخدام مفتاح تشغيل.

المواد والعُدد المستخدمة:

1. محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور عدد 2، 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك ذو متلامسات مساعدة عدد 2، 3- مفاتيح إيقاف وتشغيل، 4- دائرة فحص، 5- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة، 6- قاطع دورة، 7- منضدة عمل خشبية، 8- لوح خشب 30 × 30 سم مع مسطرة تثبيت، 9- عُدة كهرباء يدوية، 10- قاطع حمل حراري عدد 2، 11- مؤقت زمني، 12- مصهر.

خطوات العمل:

1. ارسم الدائرة الكهربائية (مخطط دائرة القدرة والسيطرة)، كما في الشكل (9-18).
2. ثبت اللاقط المغناطيسي والقاطع الحراري وقاطع الدورة ومفاتيح التشغيل والإطفاء والمصهر والمؤقت على اللوح الخشبي.
3. ثبت المحرك على منضدة العمل.
4. إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط.
5. فحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.
6. اختر الوقت المناسب على المؤقت.
7. اضغط على مفتاح Start ولاحظ دوران المحرك الأول ثم بعد مرور الوقت المحدد في أعلاه سيتحرك المحرك الثاني.
8. اضغط على مفتاح الإيقاف.



شكل 9-18 تشغيل محركين حثيين ثلاثيي الطور بواسطة قاطعين كهرومغناطيسيين ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقيي حمل، ومفتاح توقيت زمني.

تمرين 9-11 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور ستار- دلتا بواسطة قواطع كهرومغناطيسية ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقي حمل، ومفتاح توقيت زمني.

الهدف من التمرين:

1. التعرف على دوائر القدرة والتحكم لتشغيل المحرك الحثي ثلاثي الأطوار ستار – دلتا بواسطة القواطع الكهرومغناطيسية ومفتاحي تشغيل وإيقاف ومؤقت زمني.
2. تركيب الدائرة الكهربائية (القدرة والسيطرة).
3. تشغيل المحرك ليعمل من خلال استخدام مفتاحي ضغط.

المواد والعُدد المستخدمة:

1- محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور، 2- قاطع كهرومغناطيسي يتناسب مع المحرك ذو متلامسات مساعدة عدد 3، 3- مفتاح تشغيل، 4- مفتاح إيقاف، 5- دائرة فحص، 6- أسلاك كهربائية للقدرة والسيطرة، 7- قاطع دورة Circuit Breaker، 8- منضدة عمل خشبية، 9- مسطرة تثبيت مع لوح خشب 30 × 30 سم، 10- عُدة كهرباء يدوية، 11- قاطع حمل حراري.

خطوات العمل:

1- ارسم الدائرة الكهربائية (مخطط دائرة القدرة والسيطرة)، كما في الشكل (9-19).

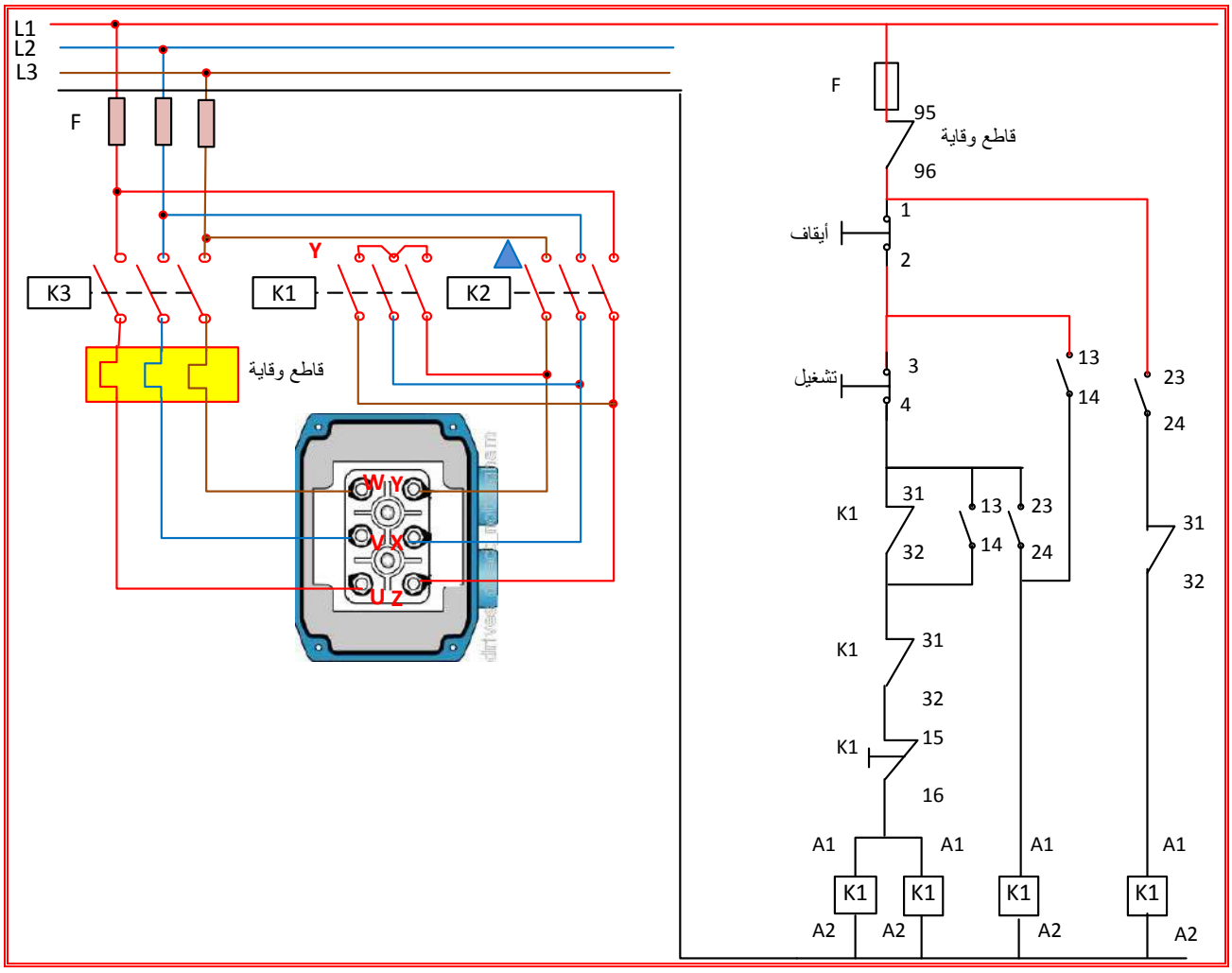
2- ثبت القاطع الكهرومغناطيسي وقاطع الدورة ومفاتيح التشغيل والإيقاف وجميع أجزاء المنظومة باستثناء المحرك على اللوح الخشبي. وثبت المحرك على منضدة العمل.

3- إجراء التوصيلات الكهربائية كما في المخطط. وافحص دائرة السيطرة باستخدام دائرة الفحص.

4- اضغط على مفتاح Start ولاحظ دوران المحرك .

5- اضغط على مفتاح الإيقاف.

6- دوّن ملاحظاتك خلال أداء التمرين وناقش ذلك وبين فائدة كل جزء من المنظومة.



شكل 9-19 تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور ستار- دلتا بواسطة قواطع كهرومغناطيسية ومفتاحي تشغيل وإيقاف وواقي حمل، ومفتاح توقيت زمني.

أسئلة الفصل التاسع

س1: اشرح أجزاء القاطع الكهرومغناطيسي وكيفية عمله مع الرسم.

س2: الرمزان A1 و A2 يتكرران بكثرة في الدوائر الكهربائية، إلى أي شيء يشير الرمزان؟ ارسم الرمز الذي يشير إليهما.

س3: الرمزان NO و NC يتكرران بكثرة في الدوائر الكهربائية، إلى أي شيء يشير الرمزان؟ أرسم رمزاهما.

س4: ارسم رمز قاطع الوقاية الحراري، وما هي الفائدة منه؟

س5: ارسم رسماً تخطيطياً ورسماً رمزياً للمفتاح يحتوي على متلامس واحد مفتوح اعتيادياً.

س6: ارسم رسماً تخطيطياً ورسماً رمزياً للمفتاح يحتوي على نقطتي تلامس احدهما مفتوح اعتيادياً والآخر مغلق اعتيادياً.

س7: ما الفائدة من المؤقت الزمني؟ ارسم دائرة كهربائية تستخدم المؤقتات الزمنية لما يأتي:

- تشغيل مصباح بيان.
- إذابة الجليد.
- تشغيل نجمة – مثلث.

س8: ارسم مخططا بسيطاً يبين فيه دائرة الفحص الكهربائية.

س9: ارسم مخططاً لتشغيل محرك كهربائي ثلاثي الطور باستخدام قاطع كهرومغناطيسي ومفتاح بسيط.

س10: ارسم دائرة القدرة لعكس اتجاه دوران محرك كهربائي ثلاثي الطور.

المصادر

1. Andrew D. Althouse “Modern Refrigeration and Air-Conditioning” Good Heart - Wilcox, Inc. 2000.
2. Billy C. Langley “Electrical Application for Air-Conditioning and Refrigeration System”, Fairmont Press, Inc., 2000.
3. Bryant A. C. “Refrigeration Equipment” Elsevier Sciences & Technology Books, 1998.
4. Hunby G. F. and Troot A. R. and Welch T. C. “Refrigeration and Air-Conditioning”, McGraw Hill, 4th edition.
5. John I. Levenhagen “HVAC Control System Design Diagrams”, McGraw Hill, 1998.
6. Rex Miller and Mark R. Miller “Air-Conditioning and Refrigeration” McGraw Hill, 2006.
7. Roger A. Fischer and Ken Chernoff “Air-Conditioning and Refrigeration” McGraw Hill, 1988.
8. بعض الصور منتقاة من الشبكة الدولية للمعلومات.

تم بعونه تعالی