المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تخصص التبريد وتكييف الهواء

أساسيات تقنية التبريد

(عملي)

١٧١ برد

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **أساسيات تقنية التبريد (عملي)**" لمتدربي تخصص "**التبريد وتكييف الهواء**" للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

تشهد تقنية التبريد وتكييف الهواء تطوراً مضطرداً من حيث تطبيقاته في العديد من المجالات والصناعات، الأمر الذي يتطلب من العاملين في هذا المجال الإلمام التام بأسس وقواعد وقوانين تقنية التبريد والتكييف. وبلا شك فإن الدراسة النظرية وحدها لا يمكن أن تحقق هذا الهدف وعليه يصبح التطبيق العملي ضرورياً وفي غاية الأهمية لتمكين المتدرب من اكتساب المهارات التي تؤهله للقيام بتنفيذ الجدارات المختلفة في مجال تخصصه.

وفي هذه الحقيبة تم تصميم تجارب عملية لمقرر أساسيات تقنية التبريد حيث تتكون هذه الحقيبة من وحدتين .

الوحدة الأولى تعني بتجهيز وتشغيل دورة التبريد الانضغاطية

الوحدة الثانية تعنى باختبار ودراسة أداء دورة التبريد الانضغاطية باستخدام صمامات تمدد مختلفة.

ونتمنى من المولى عز وجل أن نكون قد وفقنا فيما قد يفيد أبناءنا المتدربين والله الهادي إلى سواء السبيل.

أساسيات تقنية التبريد - عملي

تجهيز وتشغيل دورة التبريد الانضغاطية

الجدارة: القدرة على تجهيز وتشغيل دورة التبريد الانضغاطية.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. التعرف على مكونات ووظائف دورة التبريد الميكانيكية المختلفة.
٢. التعرف على مكونات ووظائف دورة التبريد الكهربائية المختلفة.
٣. تفريغ وشحن دائرة التبريد.
٤. الكشف عن التسرب في دائرة التبريد.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

٨ ساعات تدريبية.

الوحدة الأولى : تجهيز وتشغيل دورة التبريد الانضغاطية

مقدمة

من المعلوم أن كفاءة دورة التبريد الانضغاطية تعتمد على العديد من المتغيرات كدرجات الحرارة والضغوط ومعدل سريان وسيط التبريد والطاقة المستهلكة بواسطة الضاغط. ولكي يتمكن المتدرب في تخصص التبريد والتكييف من الفهم الصحيح لأداء دورات التبريد يلزمه القيام بإجراء بعض القياسات العملية ومن ثم عمل الحسابات البسيطة اللازمة وذلك حتى يتمكن من تكوين خلفية فنية عن تخصصه تساعده مستقبلا بالقيام بالمهام المنوطه به من حيث تشغيل وصيانة معدات ونظم التبريد المختلفة.

وهذه الوحدة تشكل الجانب العملي في التبريد لمقرر أساسيات تقنية التبريد وتشتمل على عدد من التمارين والتجارب العملية الخاصة بدورات التبريد الانضغاطية مثل قياس الضغوط ودرجات الحرارة المناظرة، ومعدل سريان وسيط التبريد ، والتيار المسحوب بواسطة الضاغط....إلخ ـ في مواضع مختلفة من الدورة ـ ولمختلف ظروف التشغيل. بعدها يقوم المتدرب بتمثيل تلك القراءات على مخططات (p-h) ومن ثم القيام بحساب معامل الأداء وخلافه.

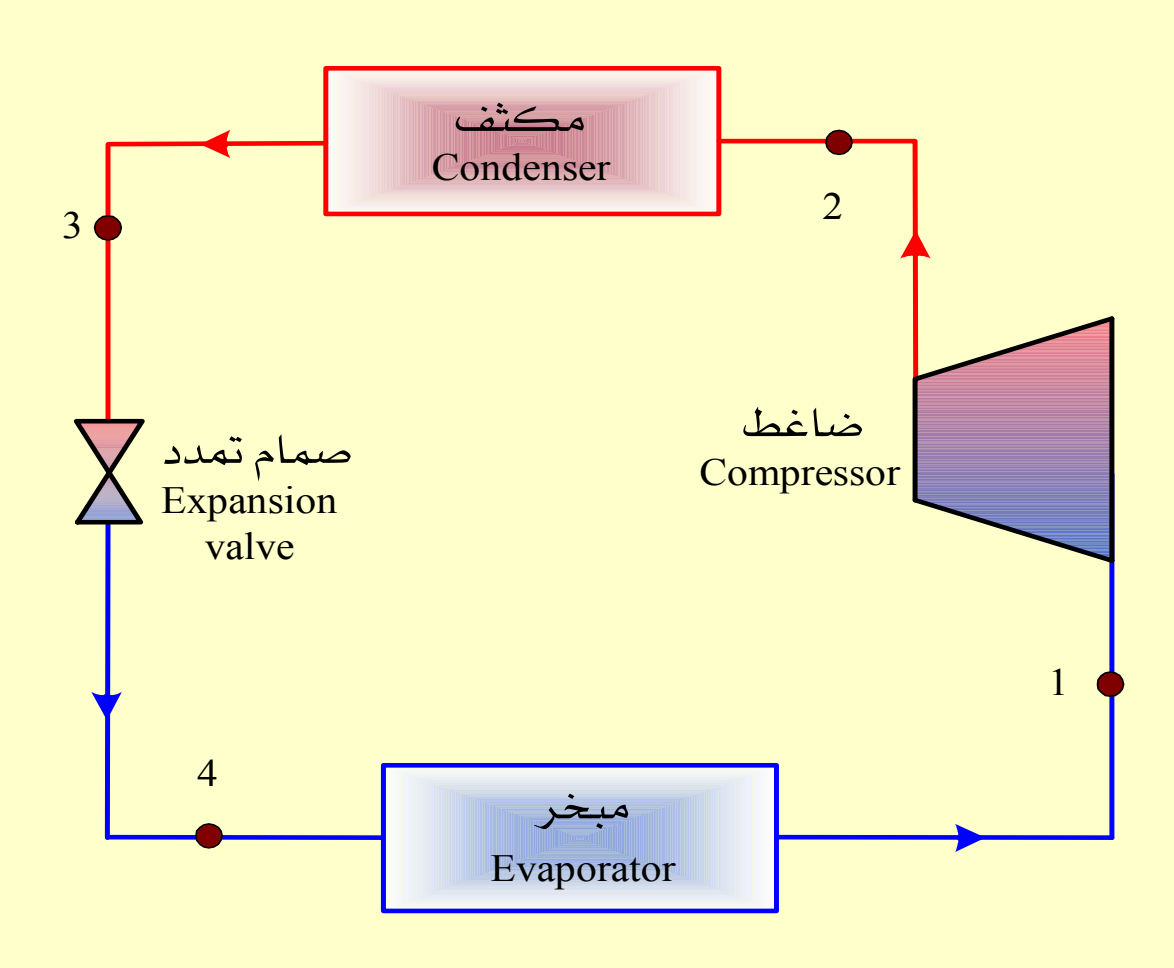
وحدة التبريد التجريبية

تتكون وحدة التبريد التجريبية من منضدة تجارب مثبت عليها إطار هيكلي للتجارب بالإضافة إلى مصدر إمداد بالتيار الكهربائي ومبخر، كما تحتوي على منضدة نقالية صغيرة محمولة على عجلات وتحمل مجموعة الضاغط/المكثف لوحدة التبريد التجريبية.

وتستخدم لإجراء التجارب لوحات تجارب تثبت عليها مكونات التجارب، تولج في السدابات القطاعية لإطار التجارب المذكور أعلاه، وتثبت عليه بمشابك ضغطية. ويتم تجهيز اتصال ألواح المكونات ببعضها بخراطيم مرنة مقاومة لتأثير وسيط التبريد، كما يتم إنجاز التوصيلات الكهربائية بكيابل عالية المرونة مزودة بمقابس مقاس ٤مم.

تجهيز دائرة التبريد الميكانيكية

يمكن تمثيل المكونات الميكانيكية لدورة التبريد بالشكل (١- ١):



شكل (١ – ١): المكونات الأساسية للدائرة الميكانيكية

وهذه المكونات هي:

١ـ الضاغط (compressor)

وظيفته زيادة ضغط وسيط التبريد من الضغط المنخفض إلى الضغط العالي، والذي ينتج عنه ارتفاع درجة حرارة وسيط التبريد.

ويكون وسيط التبريد بعده في حالة بخار، ضغط عال، درجة حرارة عالية (النقطة رقم (٢) على الشكل)

ب ـ المكثف (Condenser)

وهو عبارة عن مبادل حراري الغرض منه طرد الحرارة من وسيط التبريد إلى الهواء الجوي والذي ينتج عنه تحويل حالة وسيط التبريد من حالة البخار إلى الحالة السائلة.

ويكون وسيط التبريد بعده في حالة سائلة، وضغط عال، ودرجة حرارة عالية

(النقطة رقم (٣) على الشكل)

ج ـ صمام التمدد (expansion valve)

وتعمل صمامات التمدد على خفض ضغط المكثف إلى ضغط المبخر(تسمى بعملية الخنق throttling) وكذلك تتحكم في معدل سريان وسيط التبريد إلى المبخر وينتج عن هذا الخفض المفاجئ في الضغط تحول وسيط التبريد من سائل مشبع إلى خليط من بخار وسائل بعد عملية الخنق.

ويكون وسيط التبريد بعده في حالة خليط، وضغط منخفض، درجة حرارة منخفضة

(النقطة رقم (٤) على الشكل)

د ـ المبخر(Evaporator)

وهو عبارة عن مبادل حراري الغرض منه نقل الحرارة من الحيز المراد تبريده إلى وسيط التبريد المار خلال أنابيب المبخر.

ويكون وسيط التبريد بعده في حالة بخار، وضغط منخفض، ودرجة حرارة منخفضة

(النقطة رقم (١) على الشكل)

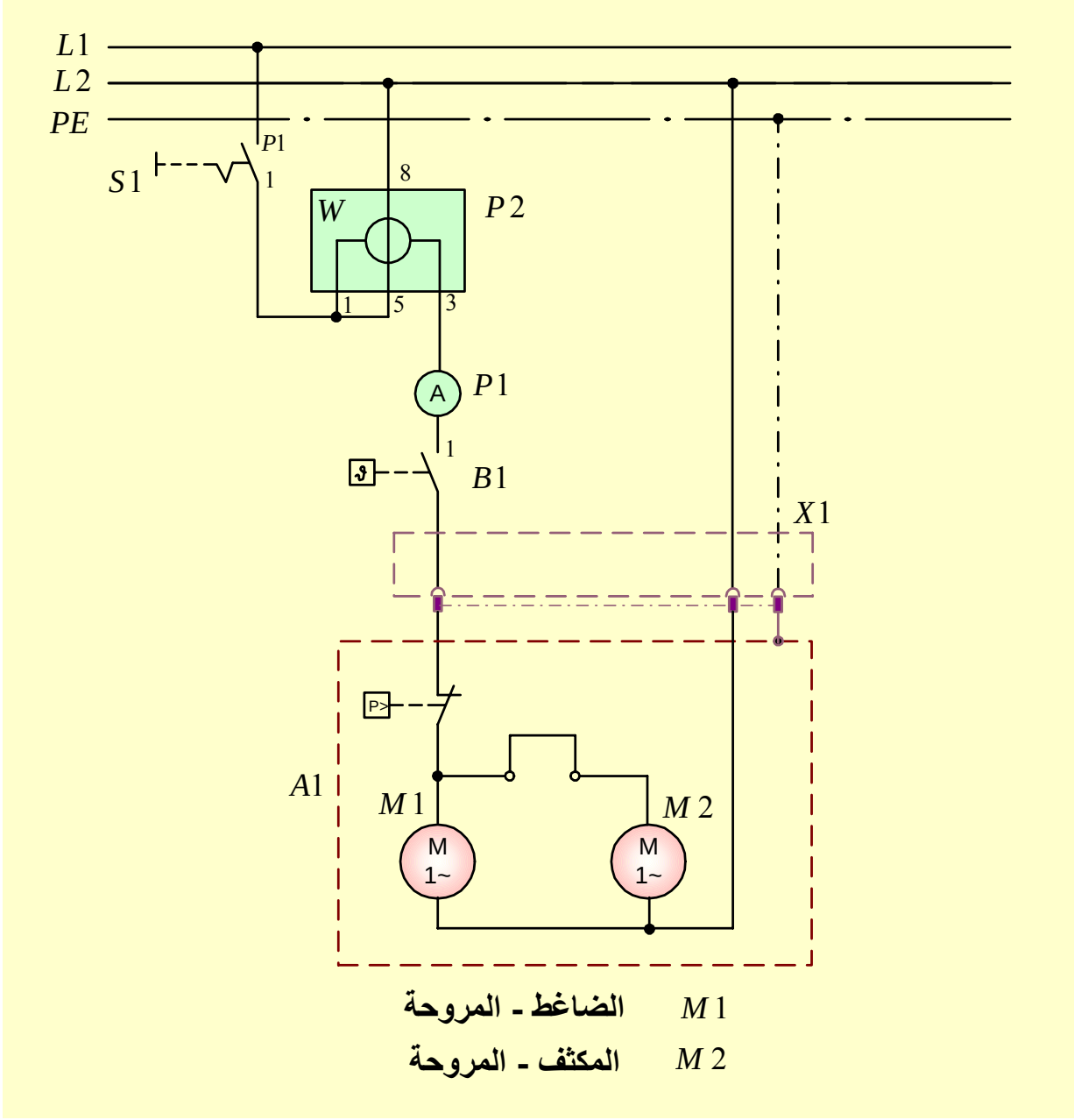
وفي هذه الوحدة التعليمية يستخدم نوعان من المبخرات:

١- مبخر ديناميكي ويقصد به أن مروحة المبخر تعمل.

٢- مبخر إستاتيكي ويقصد به أن المروحة لا تعمل.

تجهيز الدائرة الكهربائية

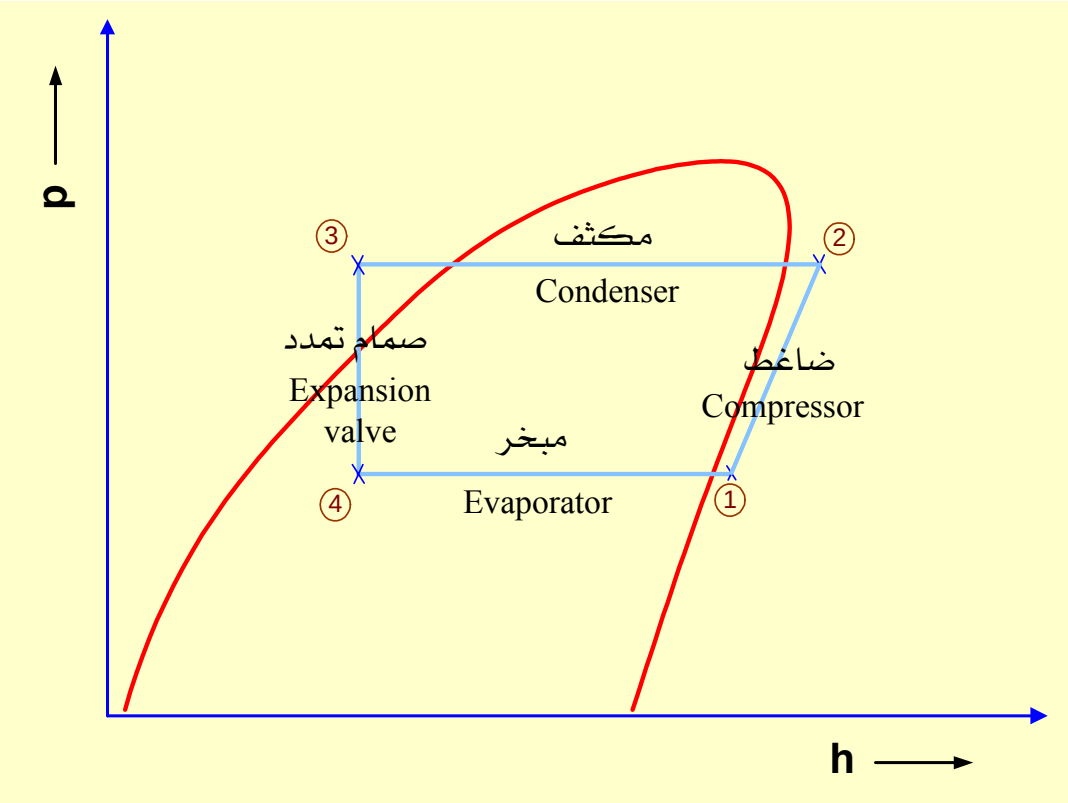
بالرجوع للدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (١- ٢) يتم توصيل محرك الضاغط (A1) مع المروحة من المصدر 220V إلى القاطع (S1) ، وثيموستات الغرفة (B1) ، وقاطع الضغط العالي الموجود في دائرة التبريد.



شكل (٢ – ٢): الدائرة الكهربائية

تمثيل دائرة التبريد العملية على خريطة وسيط التبريد

تمثل دائرة التبريد العملية على خريطة وسيط التبريد (p-h) بالشكل التالي:



شكل (١ – ٣): تمثيل دائرة التبريد على خريطة وسيط التبريد(p-h)

- الضـــاغط: العملية 1 ← 2 عملية ضغط وسيط التبريد بالضاغط (مع ثبوت الإنتروبي $S = c$)
- المكـــثف: العملية 2 ← 3 عملية فقدان الحرارة بالمكثف (مع ثبوت الضغط $p = c$)
- صمام التمدد: العملية 3 ← 4 عملية الخنق خلال صمام التمدد (مع ثبوت الإنثالبي $h = c$)
- المبخـــــر: العملية 4 ← 1 عملية اكتساب الحرارة بالمبخر (مع ثبوت الضغط $p = c$)

مثال عملي

بعد إجراء قياسات على دورة تبريد انضغاطي تعمل بصمام تمدد يدوي ومبخر ديناميكي حصلنا على القيم المدونة في الجدول (١ – ١).

المطلوب:

١. تمثيل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد (P-h).

٢. حساب معامل الأداء للدورة(COP).

٣. حساب قيمتي التحميص و التبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي، وإيجاد كفاءة الانضغاط.

درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$): $22°C$ نوع وسيط التبريد: $R12$ نوع صمام التمدد : *يدوي*

الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%): 60% نوع المبخر: ☒ إستاتيكي ☑ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	*bar*	0.9		
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	*bar*	10		
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$	-14		
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$	$+45$		
معدل سريان وسيط التبريد	$\dot{m}_R$	kg/s	0.0033		
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$	$+22$		
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$	-7		
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$	-11		
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$	$+60$		
درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر		$°C$	-3		
درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر		$°C$	-5		
التيار الكهربائي لوحدة التبريد		A	3		
القدرة الكهربائية لوحدة التبريد (P)		W	440		

جدول (١ – ١): قيم القياس للمثال العملي

الحل:

١) تمثيل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد (p-h).

الخطوات:

١. نحدد القيم اللازمة لتمثيل الدائرة على خريطة الـ(p-h) والمبينة في الجدول (١- ٢):

م	القراءات	الرمز	الوحدة	(١)
١	ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	*bar*	0.9
٢	ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	*bar*	10
٣	درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$	$+22$
٤	درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$	-11
٥	درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$	$+60$

جدول (١ – ٢): قيم القياس اللازمة لرسم دائرة التبريد على خريطة الـ (p-h).

٢. نرسم خط الضغط العالي والمنخفض للدائرة على الخريطة من القراءات:

أ. ضغط المكثف (ضغط التكثيف)

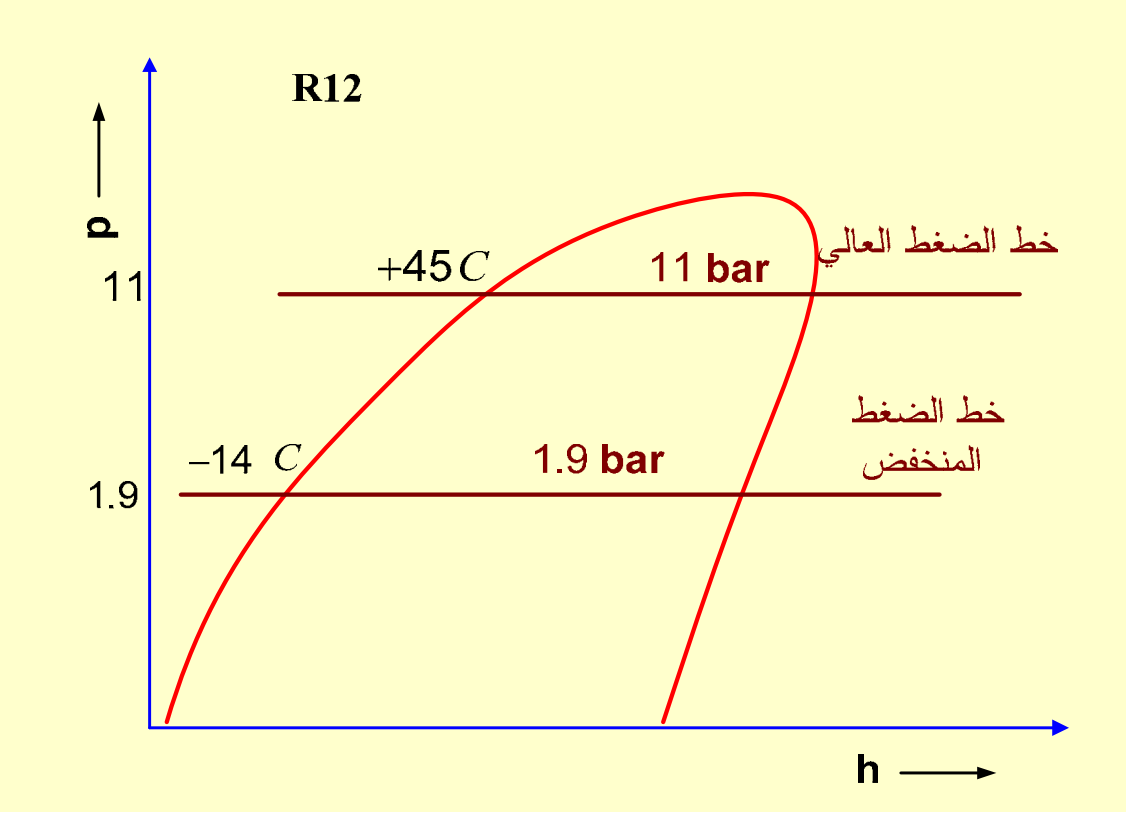
ب. ضغط المبخر (ضغط التبخير)

ملحوظة: لابد من إضافة $1bar$ لقيمة قراءة المانومتر، وهي عبارة عن قيمة تقريبية للضغط الجوي.

الضغط العالي = ضغط المكثف + $1bar$ = $11\ bar$

الضغط المنخفض = ضغط المبخر + $1bar$ = $1.9\ bar$

وعند رسم الخطوط على الخريطة سنلاحظ تطابق خطوط الضغط العالي والمنخفض مع خطوط درجة حرارة التكثيف والتبخير في منطقة التشبع كما هو مبين في الشكل (١ – ٤):



شكل (١ – ٤): رسم خطي الضغط العالي والمنخفض على خريطة الـ(p-h)

٣. من درجة الحرارة عند مدخل الضاغط($11\ ^{\circ}C-$) نحدد النقطة رقم (١) والتي تتقاطع مع خط الضغط المنخفض وذلك باتباع الخطوات التالية:

أ. نلاحظ أن درجة الحرارة ($11\ ^{\circ}C-$) تقع بين خط درجة الحرارة($10\ ^{\circ}C-$) وخط درجة حرارة التبخير ($14\ ^{\circ}C-$).

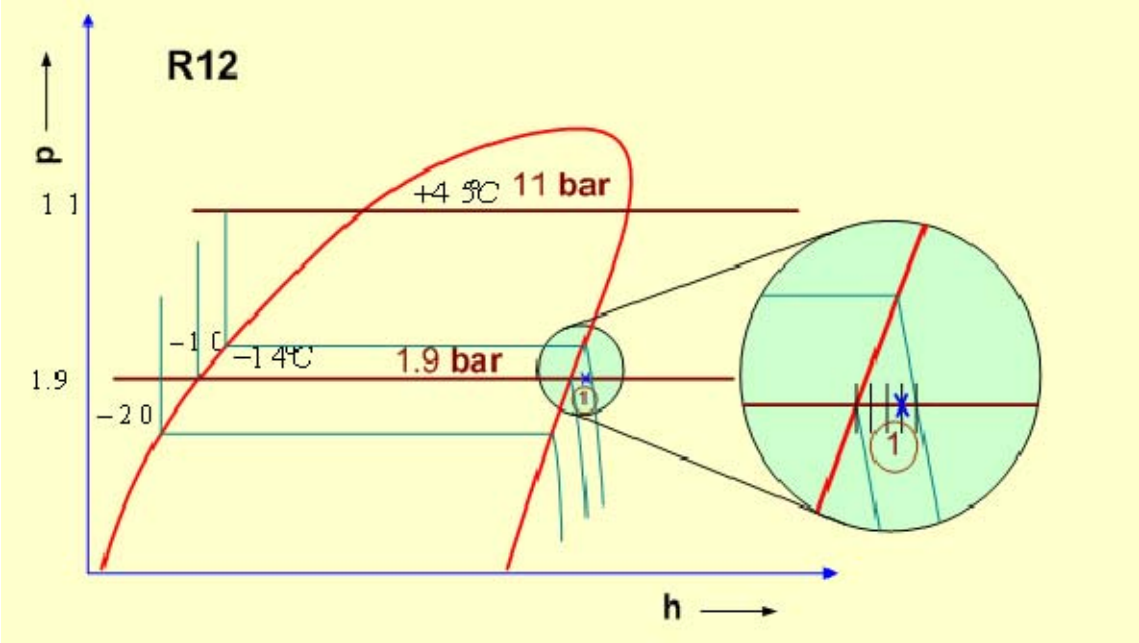
ب. نحدد نقطة تقاطع خط الضغط المنخفض مع خط درجة الحرارة($10\ ^{\circ}C-$).

ت. نلاحظ أن نقطة تقاطع خط الضغط المنخفض مع خط درجة الحرارة($14\ ^{\circ}C-$) هو خط التشبع.

ث. نقسم المسافة بين النقطتين إلى أربعة أجزاء متساوية.

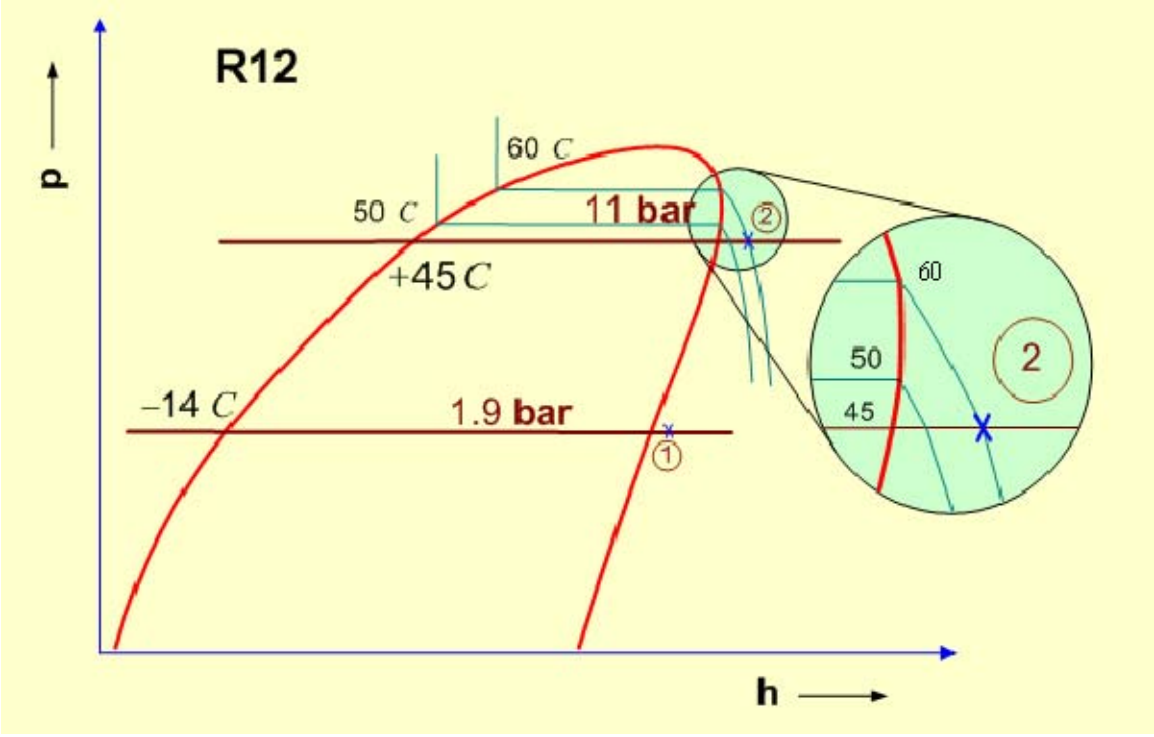
ج. النقطة الأولى من جهة خط درجة الحرارة($10\ ^{\circ}C-$) تمثل درجة الحرارة ($11\ ^{\circ}C-$).

لاحظ شكل (١ – ٥):



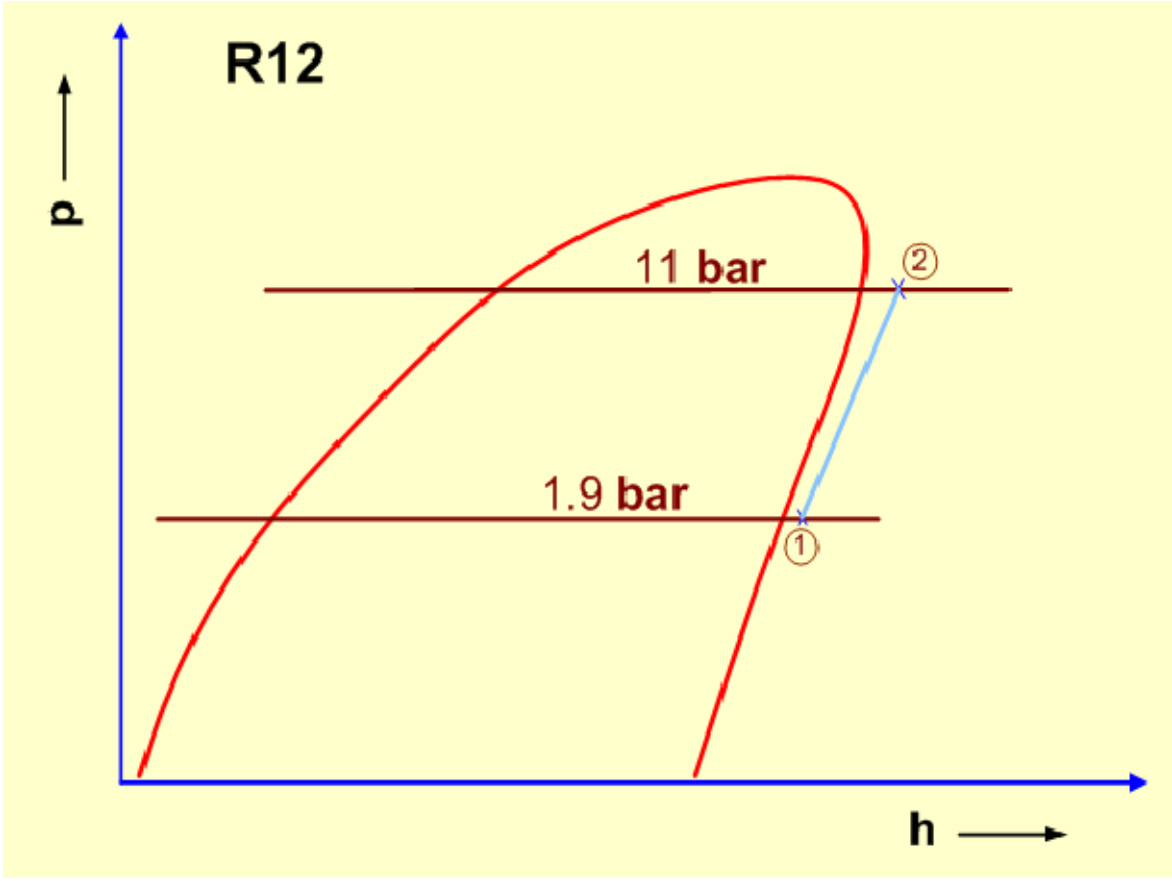
شكل (١ – ٥): تحديد النقطة رقم (١) على خريطة الـ(p-h)

٤. من درجة الحرارة عند مخرج الضاغط($60\ ^{\circ}C+$) نحدد النقطة رقم (٢) والتي تتقاطع مع خط الضغط العالي كما هو موضح بالشكل (١ – ٦):



شكل (١ – ٦): تحديد النقطة رقم (٢) على خريطة الـ(p-h)

٥. نصل بين النقطتين (١) وَ (٢) كما هو موضح بالشكل (١ – ٧):



شكل (١ – ٧): تحديد النقطة رقم (٢) على خريطة الـ(p-h)

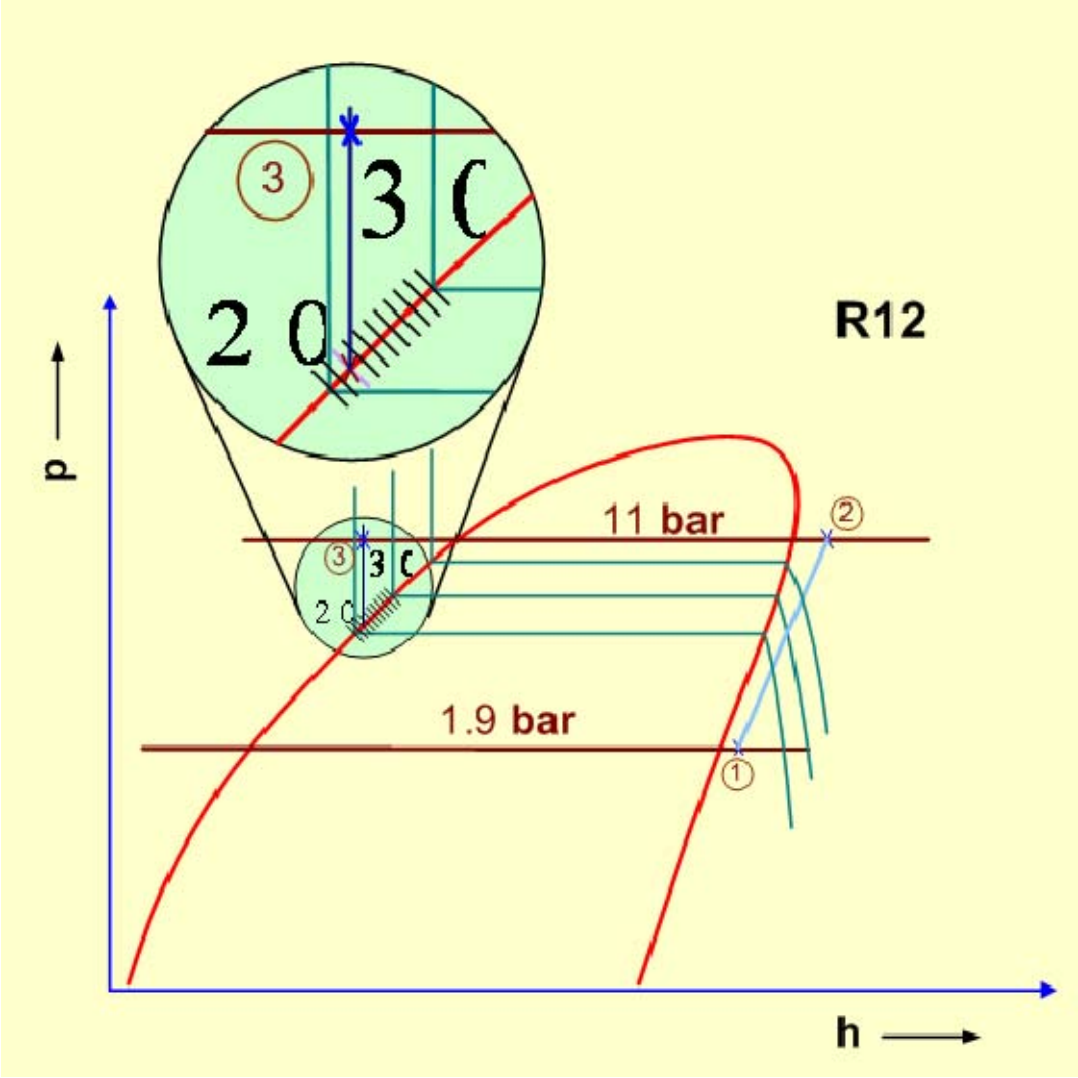
٦. من درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام) ($+22\ °C$)نحدد النقطة رقم (٣) والتي تتقاطع مع خط الضغط العالي وذلك باتباع الخطوات التالية:

أ. نلاحظ أن درجة الحرارة ($+22\ °C$) تقع بين خط درجة الحرارة($20\ °C$) وخط درجة الحرارة ($30\ °C$).

ب. نقسم المسافة بين النقطتين على خط التشبع ($20\ °C$ ، $30\ °C$) إلى عشرة أجزاء متساوية.

ت. النقطة الثانية من جهة خط درجة الحرارة($20\ °C$) تمثل درجة الحرارة ($+22\ °C$).

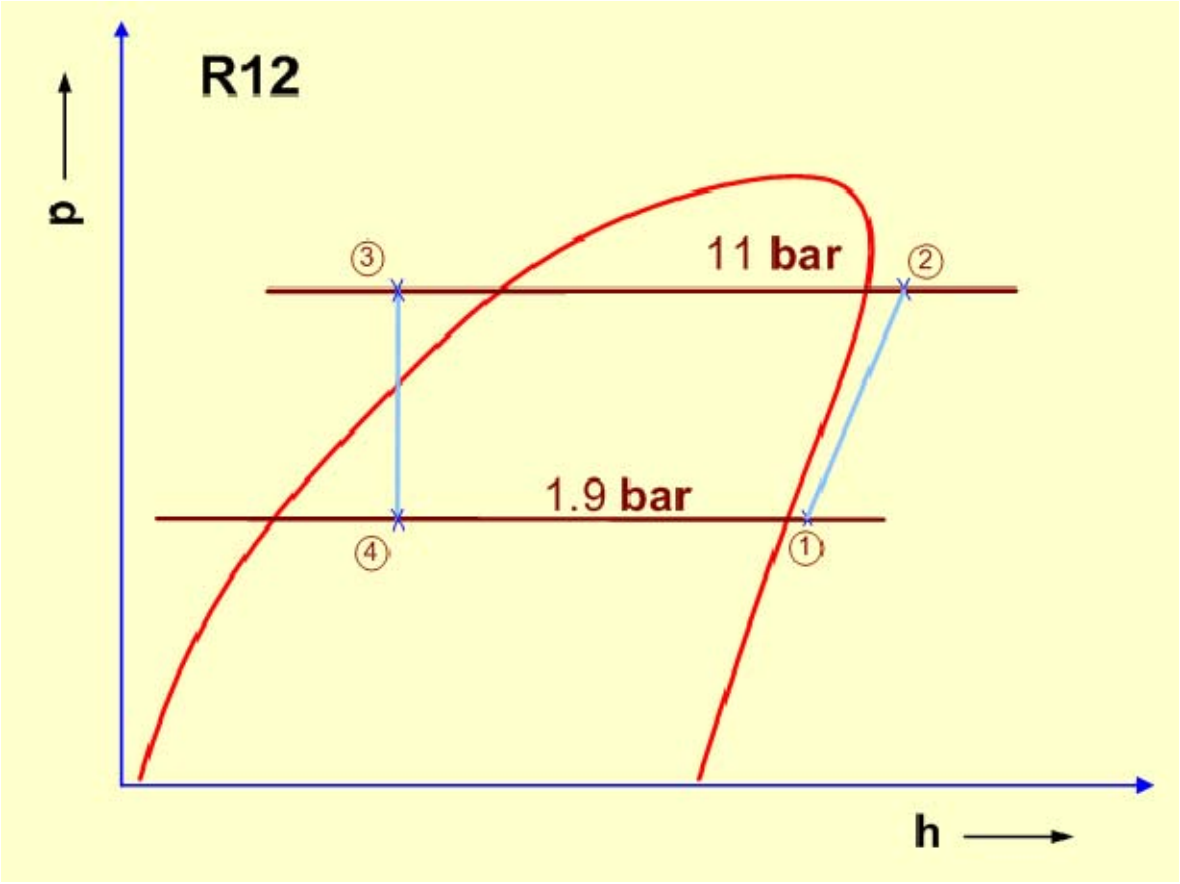
ث. نرسم خطاً عمودياً من النقطة ($+22\ °C$) إلى خط الضغط العالي ليقطعه في النقطة (٣) لاحظ شكل (١ – ٨):



شكل (١ – ٨): تحديد النقطة رقم (٣) على خريطة الـ(p-h)

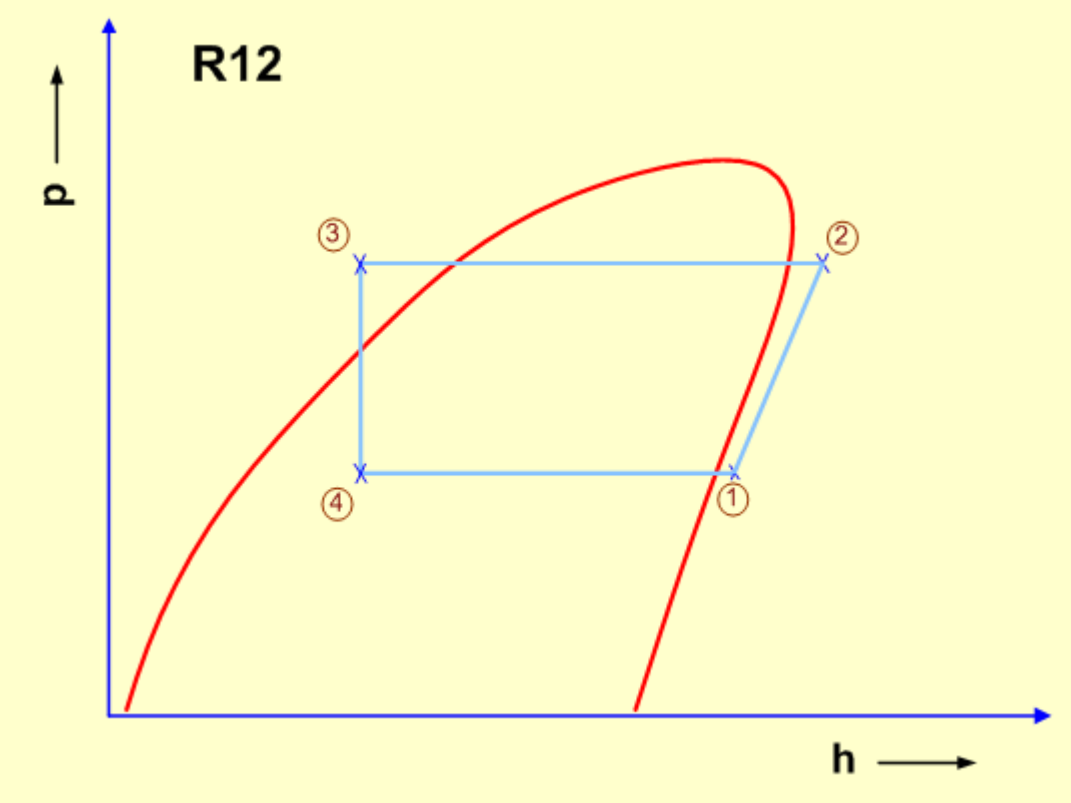
٧. من النقطة رقم (٣) نسقط عموداً يقطع خط الضغط المنخفض في نقطة رقم (٤).

لاحظ شكل (١ – ٩):



شكل (١ – ٩): تحديد النقطة رقم (٤) على خريطة الـ(p-h)

٨. وبتوصيل النقطة (٢) بالنقطة (٣) و النقطة (٤) بالنقطة (١) نكون قد أكملنا تمثيل الدائرة على خريطة وسيط التبريد(p-h) لتظهر كما في الشكل (١ – ١٠):



شكل (١ – ١٠): دائرة التبريد على خريطة وسيط التبريد(p-h)

٢) حساب معامل الأداء للدورة(COP).

تعريـــــــف:

معامل الأداء لدورة التبريد يعبر عن كفاءة الدورة، ويعرّف بأنه النسبة بين الحرارة المكتسبة في الحيز المراد تبريده إلى الطاقة الحرارية المكافئة للطاقة الداخلة للضاغط. وعليه يصبح:

معامل الأداء = الحرارة المكتسبة في المبخر/ شغل الانضغاط

$$COP = \frac{heat\ \ absorbed\ in\ the\ evaporator}{compressor\ work}$$

الخطوات:

١. من خريطة الـ p-h، نحدد قيم العناصر التالية:

العنصر	الرمز	الوحدة	القيمة
طاقة الإنثالبي عند مدخل المبخر	h_{E_i}	kJ/kg	220
طاقة الإنثالبي عند مخرج المبخر	h_{E_o}	kJ/kg	350
طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط	h_{C_i}	kJ/kg	347
طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط	h_{C_o}	kJ/kg	382

جدول (١ – ٣): قيم طاقة الإنثالبي لدائرة التبريد

◇ نحصل على طاقة الإنثالبي عند مدخل المبخر باسقاط عمود من النقطة (٤) على محور السينات (h).

◇ نحصل على طاقة الإنثالبي عند مخرج المبخر بعد تحديد النقطة على خط الضغط المنخفض ثم إسقاط عمود منها. (راجع الخطوة رقم (٣) صفحة ٦، مع العلم بأن درجة الحرارة عند مخرج المبخر هي: $-7\ °C$).

◇ نحصل على طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط بإسقاط عمود من النقطة (١) على محور السينات (h).

◇ نحصل على طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط بإسقاط عمود من النقطة (٢) على محور السينات (h).

٢. نقوم بإجراء الحسابات المطلوبة لإيجاد التأثير التبريدي، وطاقة الانضغاط ومعامل أداء الدورة، وندون النتائج النهائية في الجدول:

الحسابات:

- التأثير التبريدي (RE)

$$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$$
$$= 350 - 220 = 130 \ \ kJ/kg$$

- شغل الانضغاط (w_c)

$$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$$
$$= 382 - 347 = 35 \ \ kJ/kg$$

- معامل الأداء (COP)

$$COP = \frac{RE}{w_C}$$
$$= \frac{130}{35} = 3.7$$

- شغل الانضغاط (W_c) :-

$$W_c = \dot{m} \times w_c = \dot{m} \times (h_2 - h_1)$$
$$= 0.0033 \times 35 = 0.1155 kW = 115.5 \ W$$

- حمل المبخر (Q_e) :-

$$Q_e = \dot{m} \times RE$$

- حيث :-

قراءة معدل سريان وسيط التبريد $\dot{m} =$

$$Q_e = \dot{m} \times RE$$
$$= 0.0033 \times 130 = 0.429 kW = 429 W$$

(يمكن حساب $COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{429}{115.5} = 3.7$)

- الكفاءة الكلية :- (η)

$$\eta = \frac{W_c}{P} = \frac{115.5}{440} = 0.26 = 26\%$$

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
التأثيرالتبريدي	RE	kJ/kg	$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$	130
طاقة الانضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$	35
شغل الانضغاط	W_c	W	$W_c = \dot{m} \times w_c$	115.5
معامل أداء الدورة	COP	-	$COP = \frac{RE}{w_C}$	3.7
حمل المبخر	Q_e	W	$Q_e = \dot{m} \times RE$	429
الكفاءة الكلية	η	%	$\eta = \frac{W_c}{P}$	26

جدول (١ – ٤): جدول النتائج

٣ ـ حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي، وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

تعريفات:

- مقدار التحميص = درجة حرارة وسيط التبريد عند مدخل الضاغط – درجة حرارة التبخير
- التبريد الدوني = درجة حرارة التكثيف – درجة حرارة سائل وسيط التبريد عند مدخل صمام التمدد

الخطوات:

١. من قراءات الجدول (١- ١) نملأ الجدول التالي:

درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$): نوع وسيط التبريد: نوع صمام التمدد :

الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%): نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$	$+45$
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$	-14
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$	-11
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$	$+60$
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$	$+22$

جدول (١ – ٥): جدول قيم القياس

- من خريطة الـ p-h، نحدد النقطة (S) ونوجد درجة الحرارة الأيزنتروبية (T_s)، وذلك باتباع الخطوات التالية:

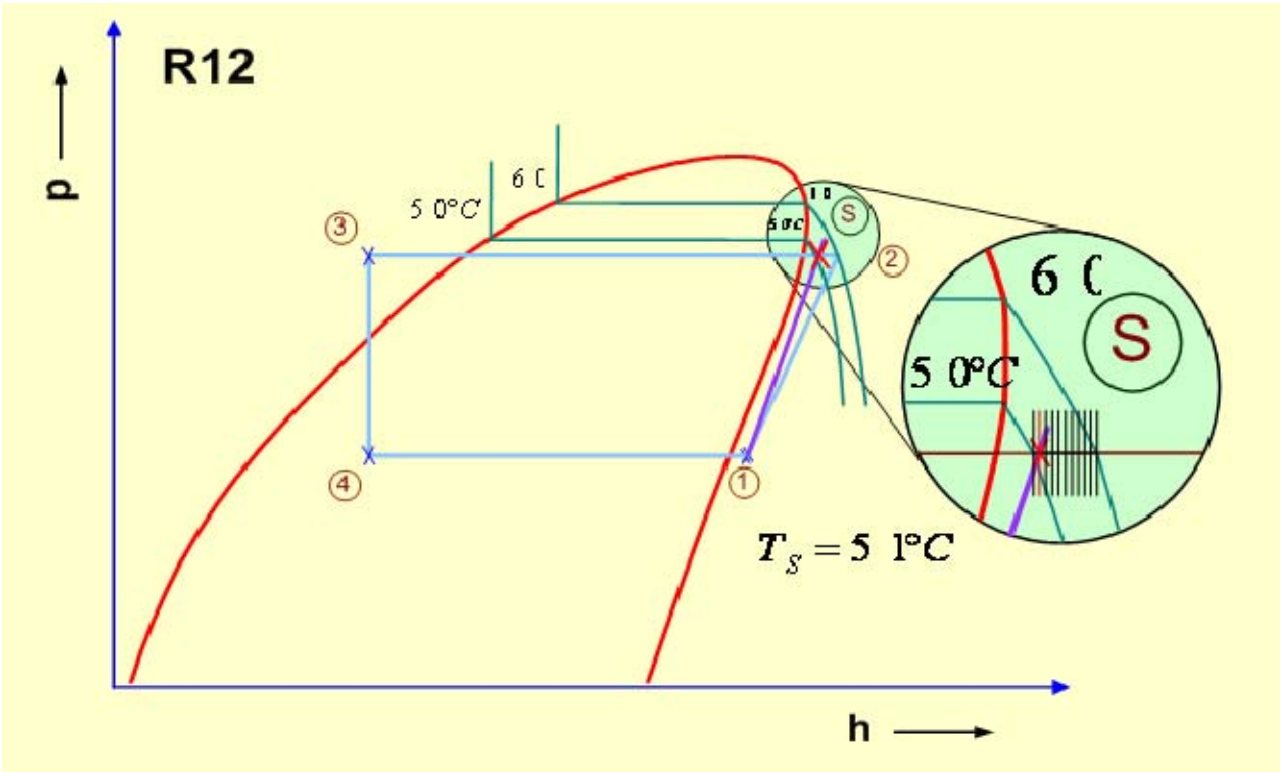
أ- من النقطة رقم (١) نرسم خطاً إلى أعلى موازياً لخطوط ثبات الإنتروبي.

ب- نمد الخط حتى يقطع خط الضغط العالي في النقطة (S).

ج- نجزئ المسافة بين خطي درجة الحرارة اللذين يحصران النقطة (S) إلى عشرة أجزاء متساوية.

د- نحدد قيمة درجة الحرارة الأيزنتروبية(T_s) باستخدام هذه التجزيئات.

لاحظ شكل (١ – ١١)



شكل (١ – ١١): دائرة التبريد على خريطة وسيط التبريد(p-h)

- ندون قيمة (T_s) في الجدول:

القراءة	الرمز	الوحدة	القيمة
درجة الحرارة الأيزنتروبية عند مخرج الضاغط	T_s	$°C$	51

- من القيم في الجداول السابقة؛ نوجد قيمتي التحميص والتبريد الدوني، ثم نوجد كفاءة الإنضغاط، وندونها في الجدول:

الحسابات:

مقدار التحميص
$$= T_{C_i} - T_{Evap}$$
$$= (-11) - (-14) = -11 + 14 = +3°C$$

مقدار التبريد الدوني
$$= T_{Cond} - T_{V_i}$$
$$= (+45) - (22) = 23°C$$

$$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$$
$$= \frac{(51) - (-11)}{(60) - (-11)} = \frac{51 + 11}{60 + 11} = \frac{62}{71} = 0.87$$

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
مقدار التحميص	-	$°C$	$T_{C_i} - T_{Evap}$	3
مقدار التبريد الدوني	-	$°C$	$T_{Cond} - T_{V_i}$	23
كفاءة الإنضغاط	η_s	-	$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$	0.87

جدول (١ – ٦): جدول النتائج

وبهذا نكون قد أوجدنا جميع المطاليب

اختبار كشف التسريب

قبل بدء أية تجربة جديدة تم تجميع مكوناتها فإنه يلزم إجراء اختبار كشف التسريب في الوحدة.
وهناك عدة طرق لإجراء هذا الاختبار:

١. **باستخدام محلول الرغاوي:**

يتم إجراء اختبار الضغط باستخدام غاز النيتروجين الجاف، ويتراوح ضغط الاختبار لوسيط التبريد بين 1bar فوق الجوي وحتى أعلى ضغط مسموح به للوحدة.

وعند بلوغ الضغط المحدد تبدأ عملية تغطية جميع الوصلات برغوة كاشفة لمواضع التسريب، وتتبين مواضع التسريب عند ظهور فقاعات من الرغوة الكاشفة. وينبغي تتبع مصادر هذه الفقاعات مهما صغر حجمها.

٢. **باستخدام كاشف التسريب الإلكتروني:**

وفي هذه الحالة لا نحتاج إلى استخدام غاز النيتروجين بل نستخدم غاز وسيط التبريد نفسه لإجراء هذا الاختبار، حيث يتم تسليطه بضغط 1bar فوق الجوي.

وتعمل هذه الأجهزة بشكل جيد حين يكون الهواء المحيط بمكان التجربة نقياً.

تفريغ وشحن وحدة التبريد

بعد إجراء اختبار كشف التسريب بواسطة غاز النيتروجين، يلزم تفريغ الوحدة من النيتروجين والبدء بعملية التفريغ للوحدة قبل عملية شحن الوحدة بوسيط التبريد.

الغرض من تفريغ الوحدة:

والغرض من تفريغ الوحدة هو: جعل وحدة التبريد خالية تماماً من الهواء وبخار الماء لتكون جاهزة لاستقبال وسيط التبريد. وإذا لم تتم عملية التفريغ أو لم تتم بالشكل الصحيح فإن رطوبة الهواء ستؤدي إلى أعطال وتلف لبعض مكونات الوحدة.

طريقة التفريغ لوحدة التبريد:

يتم تفريغ الوحدة بإحدى الطريقتين التاليتين:

١- مضخة التفريغ (Vacuum Pump).

٢- محطة الشحن النقالة (Portable Charging Station) الخاصة بتعبئة وسيط التبريد.

(أ) مضخة التفريغ.

(ب) المحطة النقالة.

شكل (١ – ١٢): أجهزة تفريغ وسيط التبريد

تستخدم العدد التالية في هذه الوحدات:

١- مانوميترات. انظر الشكل (١- ١٣).

٢- ليات توصيل.

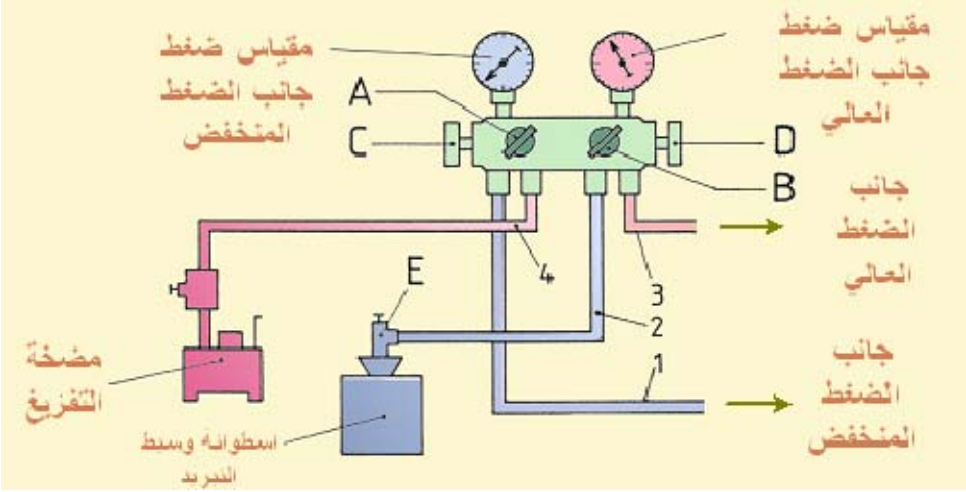
٣- جهاز تفريغ. انظر الشكل (١- ١٢).

وتتم عملية التفريغ بالأسلوب الآتي:

١. قم بتوصيل مضخة التفريغ وأسطوانة وسيط التبريد بالوحدة حسب الشكل (١ – ١٣).

٢. قم بإغلاق جميع الصمامات.

٣. قم بتوصيل جميع الليات: 1، 2، 3، 4 .



شكل (١ – ١٣): مانومترات الشحن والتفريغ

٤. تأكد من أن مضخة التفريغ بها زيت كاف، قبل تشغيلها.

٥. قم بتشغيل مضخة التفريغ.

٦. قم بفتح الصمامات: A، B، C، D على الترتيب.

٧. دع المضخة تعمل لمدة ٣٠ دقيقة.

٨. أغلق الصمامات: A ، B ، C ، D .

٩. أوقف مضخة التفريغ.

١٠. افتح الصمام E (صمام أسطوانة وسيط التبريد).

١١. افتح الصمامات: B ، C ، D لشحن الوحدة بوسيط التبريد حتى الضغط 1 bar تقريباً.

١٢. أغلق الصمامات: D، E على الترتيب.

١٣. قم بتشغيل الوحدة.

١٤. افتح الصمام E بنسبة بسيطة لزيادة نسبة وسيط التبريد داخل الوحدة.

١٥. بعد فترة بسيطة لاحظ زجاجة البيان في الوحدة.

١٦. في حالة استمرار وجود فقاعات خلال زجاجة البيان استمر بتزويد الوحدة بوسيط التبريد حتى اختفاء الفقاعات.

١٧. أغلق الصمامات: E ، B ، C على الترتيب.

أساسيات تقنية التبريد - عملي

اختبار ودراسة أداء دورة التبريد الانضغاطية

الوحدة الثانية : اختبار ودراسة أداء دورة التبريد الانضغاطية

الجدارة: القدرة على تحليل ودراسة أداء دورة التبريد الانضغاطية باستخدام مختلف أجهزة تحكم تدفق وسيط التبريد.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادراً على:

١. توصيل دائرة التبريد ميكانيكياً وكهربائياً.
٢. تفريغ وشحن دائرة التبريد وتحديد أي تسرب في الدائرة .
٣. عمل القياسات المطلوبة لكل تدريب.
٤. أن تمثل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد (p-h).
٥. إجراء الحسابات المطلوبة.

مستوى الأداء المطلوب:

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب:

١٨ ساعة تدريبية.

الوسائل المساعدة:

١. سوف تحتاج إلى الرجوع إلى موضوعات الوحدة الأولى من هذه الحقيبة.
٢. تنفيذ التدريبات العملية في المعمل.
٣. سوف تحتاج إلى الرجوع إلى الموضوع: القانون الأول والثاني للديناميكا الحرارية من مادة: أساسيات علم الحراريات والموائع.

متطلبات الجدارة:

إتمام التدرب على المهارات قياس درجة الحرارة، وقياس الضغط وقياس كمية التدفق (معدل السريان) في مادة: القياسات.

الفصل الأول: دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام صمام تمدد يدوي

التدريب رقم (١)

الجدارة: إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد يدوي مع مبخر إستاتيكي.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

جهاز قياس درجة الحرارة (ثرمومتر)، ووحدة التبريد الانضغاطي التدريبية وتشمل:

م	الكمية	الوصف	الرمز على رسومات الدائرة الميكانيكية والكهربائية
١	١	وحدة تكثيف كاملة بضاغط ومكثف وخزان للسائل	$A1$
٢	١	مفتاح ضغط عال	$F1F$
٣	١	زجاجة بيان بمبين للرطوبة ومجفف للمرشح	$B3$
٤	١	مقياس سريان السوائل	$C1$
٥	١	صمام تمدد يدوي	$D1$
٦	١	مبخر إستاتيكي	$E1$
٧	٢	مقياس ضغط (مانومتر)	$N1, N2$
٨	١	حساس لدرجة حرارة الغرفة (ثرموستات إلكتروني) $(+25/-5°C)$	$B1$
٩	١	مفتاح فصل	$S1$
١٠	١	موزع	
١١	٢	مقبس بملامسات حماية (بريزة أو فيش)	$X1, X2$
١٢	١	جهاز قياس شدة التيار (أميتر)	$P1$
١٣	١	جهاز قياس القدرة (واط ميتر)	$P2$
١٤	١	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $40mm$ $(8/5\ in)$ ، طول $915mm$	
١٥	٤	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $72mm$ $(17/6\ in)$ ، طول $915mm$	

جدول (٢ – ١): التجهيزات المطلوبة لوحدة التبريد

المطلوب:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي ومراقبة التغير عند ظروف تشغيل مختلفة(تكييف، وتبريد أو تجميد).

الخطوات:

١. قم بتكوين الدائرة الميكانيكية حسب الشكل (٢- ١).
٢. قم بتكوين الدائرة الكهربائية حسب الشكل (٢- ٢).
٣. تأكد من صحة توصيلات الدائرة الميكانيكية والدائرة الكهربائية.
٤. اختبر كشف التسريب للدائرة متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٥. اشحن الدائرة بوسيط التبريد متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٦. ابدأ تشغيل وحدة التبريد.
٧. قبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام وذلك بملاحظة عدم وجود فقاعات خلال زجاجة البيان، وكذلك ملاحظة ثبوت الضغط – لجانب الضغط المنخفض – نسبياً.
٨. قم بأخذ القياسات المطلوبة ودونها في جدول القياسات المرفق، ولاحظ الآتي:

أ- يقاس كل من ضغط التكثيف ودرجة حرارة التكثيف بواسطة مقياس الضغط (المانومتر) لجانب الطرد.

ملحوظة: لابد من إضافة $1bar$ لقيمة قراءة المانومتر، وهي عبارة عن قيمة تقريبية للضغط الجوي.

ب- يقاس كل من ضغط التبخير ودرجة حرارة التبخير بواسطة مقياس الضغط لجانب السحب.

ج- يقاس معدل سريان وسيط التبريد من جهاز قياس معدل السريان(rotameter).

د- تقاس درجة الحرارة عند مخرج المبخر وكذلك عند كل من مدخل ومخرج الضاغط بواسطة ثرمومتر حساس.

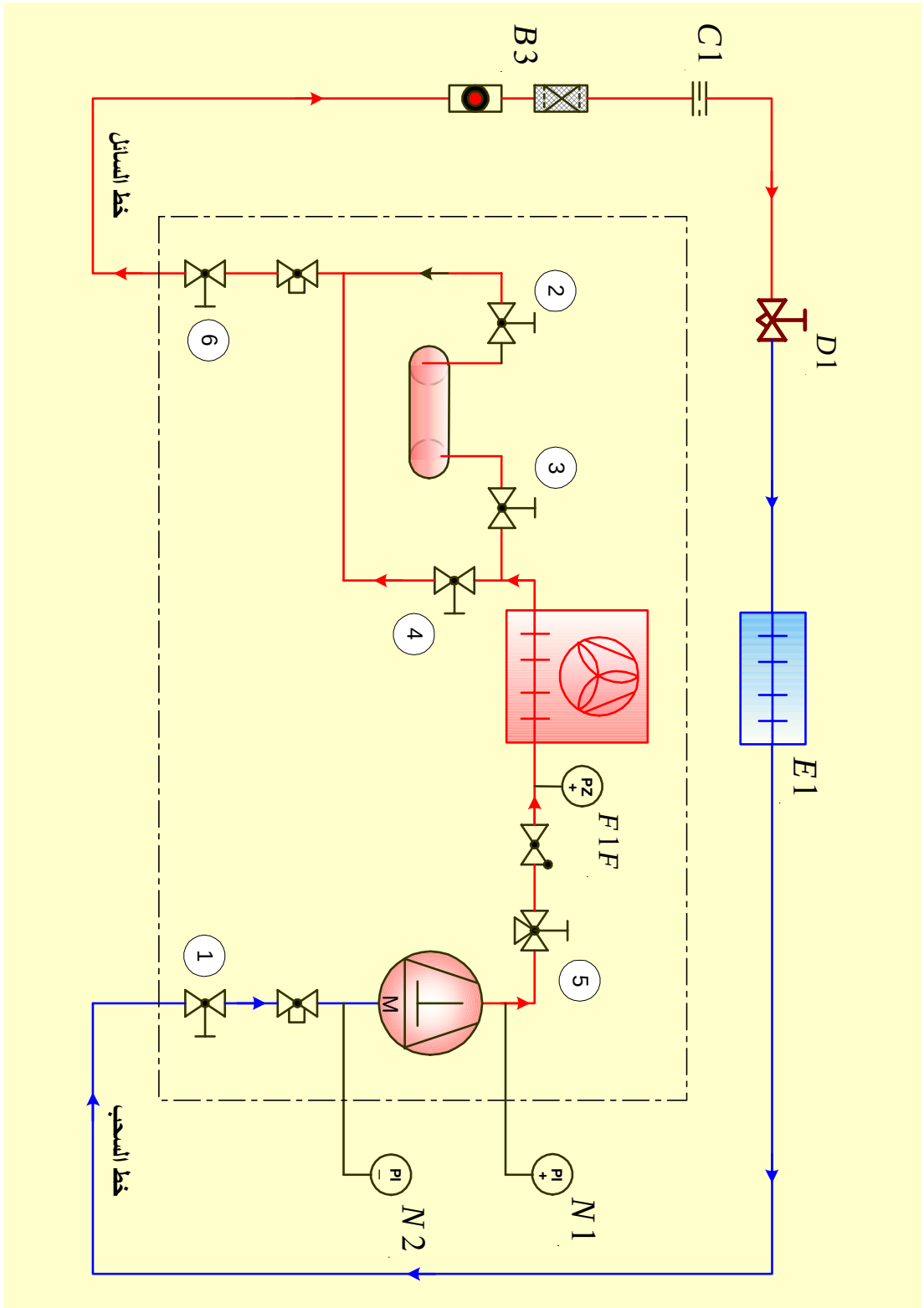
ه- تقاس درجة حرارة سائل وسيط التبريد قبل الصمام اليدوي بواسطة ثرمومتر حساس.

و- يقاس التيار الكهربائي لوحدة التبريد بمقياس التيار (الأميتر).

ز- تقاس القدرة الكهربائية لوحدة التبريد بمقياس القدرة (واط ميتر).

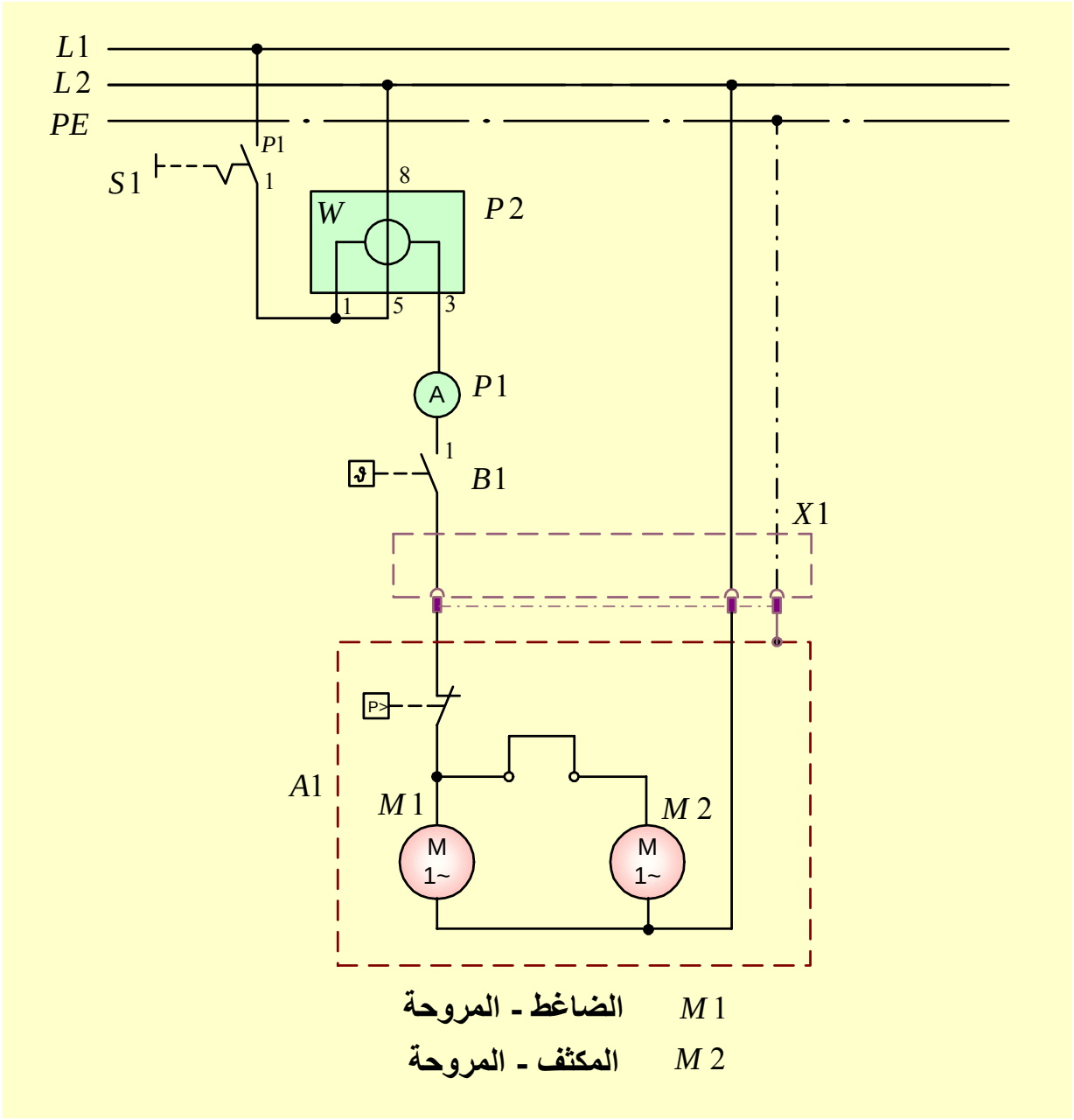
٩. كرر أخذ القياسات ثلاث مرات بعد زيادة فتح الخانق اليدوي بشكل تدرجي لكل مرة.

ملحوظة: بعد زيادة فتح الصمام اليدوي وقبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام.



الصمام رقم (٤) مغلق

شكل (٢ – ١): الدائرة الميكانيكية



شكل (٢ – ٢): الدائرة الكهربائية

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : ..... درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$				
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$				
معدل سريان وسيط التبريد	$\dot{m}_R$	kg/s				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر		$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر		$°C$				
التيار الكهربائي لوحدة التبريد		A				
القدرة الكهربائية لوحدة التبريد (P)		W				

جدول (٢ – ٢): قيم القياس

مراقبة التجربة:

من قراءات التجربة وملاحظتك للتغير الحاصل نتيجة زيادة الفتح للصمام اليدوي (التي تعني زيادة تدفق وسيط التبريد) اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

- ضغط المكثف: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- ضغط المبخر: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- درجة حرارة التكثيف: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة التبخير: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- استهلاك التيار الكهربائي: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- القدرة الكهربائية: ◇ تزداد ◇ تنخفض

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٢)

الجدارة:

تمثيل دورة التبريد - التي تعمل بصمام تمدد يدوي ومبخر إستاتيكي- على خريطة وسيط التبريد (P-h)، واستخدامها لحساب معامل الأداء للدورة(COP) وإيجاد كفاءة الإنضغاط والكفاءة الكلية للضاغط.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة، وآلة حاسبة، وجدول القراءات للتدريب (١)، وخريطة وسيط التبريد (P-h).

المطلوب:

تمثيل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد (P-h)، وحساب التأثير التبريدي وطاقة الانضغاط للدورة ومن ثم حساب معامل الأداء للدورة(COP).

الخطوات:

١- اختر إحدى القراءات (١) أو (٢) أو (٣) أو (٤) من التدريب السابق بالجدول (٢- ٢) واملأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: ..... درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				

جدول (٢ – ٣): قيم القياس اللازمة لرسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h.

٢- ارسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h لوسيط التبريد معتمداً على القراءات في الجدول السابق.

٣- من خريطة الـ P-h، حدد قيم العناصر التالية:

العنصر	الرمز	الوحدة	القيمة
طاقة الإنثالبي عند مدخل المبخر	h_{E_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج المبخر	h_{E_o}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط	h_{C_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط	h_{C_o}	kJ/kg	

جدول (٢ – ٤): قيم طاقة الإنثالبي لدائرة التبريد

٤- من خريطة الـ P-h، حدد النقطة (S)، ثم دون قيمة (T_s) في الجدول:

القراءة	الرمز	الوحدة	القيمة
درجة الحرارة الأيزنتروبية عند مخرج الضاغط	T_s	$°C$	

٥- قم بإجراء الحسابات المطلوبة لإيجاد التأثير التبريدي، شغل الانضغاط ومعامل أداء الدورة، ودون النتائج النهائية في الجدول وذلك مستعيناً بالعلاقات التالية:

- التأثير التبريدي (RE)

$$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$$

- شغل الإنضغاط (w_c)

$$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$$

- شغل الإنضغاط (W_c)

$$W_c = \dot{m} \times w_c$$

- معامل أداء دورة التبريد (COP)

$$COP = \frac{RE}{w_C}$$

- حمل الميخر (Q_e)

$$Q_e = \dot{m} \times RE$$

- الكفاءة االأيزنتروبية η_s

$$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$$

- الكفاءة الكلية: (η)

$$\eta = \frac{W_c}{P}$$

ومن ثم يمكن تلخيص نتائج الحسابات كالآتي :

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
التأثيرالتبريدي	RE	kJ/kg	$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$	
طاقة الانضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$	
شغل الانضغاط	W_c	W	$W_c = \dot{m} \times w_c$	
معامل أداء الدورة	COP	-	$COP = \frac{RE}{w_C}$	
حمل الميخر	Q_e	W	$Q_e = \dot{m} \times RE$	
الكفاءة الأيزنتروبية	η_s	%	$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$	
الكفاءة الكلية	η	%	$\eta = \frac{W_c}{P}$	

جدول (٢ – ٥): جدول النتائج

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
التأثير التبريدي	RE	kJ/kg	$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$	
شغل الانضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$	
معامل أداء الدورة	COP	-	$COP = \frac{RE}{w_C}$	
الكفاءة الأيزنتروبية	η_s	%	$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$	
الكفاءة الكلية	η	%	$\eta = \frac{W_c}{P}$	

جدول (٢ – ٦): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٣)

الجدارة:

حساب قيمتي التحميص و التبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي- التي تعمل بصمام تمدد يدوي ومبخر إستاتيكي.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، قلم، ومسطرة، و آلة حاسبة، وجدول والقراءات وخريطة الـ P-h للتدريب (١).

المطلوب:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد يدوي ومبخر إستاتيكي، وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

الخطوات:

١- اختر إحدى القراءات (١) أو (٢) أو (٣) أو (٤) من التدريب بالجدول (٢- ٢) واملأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : ..... درجة حرارة الهواء المحيط ($^{\circ}C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$^{\circ}C$				
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$^{\circ}C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$^{\circ}C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$^{\circ}C$				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$^{\circ}C$				

جدول (٢ – ٧): جدول قيم القياس

١. من القيم في الجداول السابقة؛ أوجد قيمتي التحميص والتبريد الدوني، ودونها في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
مقدار التحميص	-	$°C$	$T_{C_i} - T_{Evap}$	
مقدار التبريد الدوني	-	$°C$	$T_{Cond} - T_{V_i}$	

جدول (٢ – ٨): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٤)

الجدارة:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد يدوي ومبخر ديناميكي.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

جهاز قياس درجة الحرارة (ثرمومتر)، ووحدة التبريد الانضغاطي التدريبية وتشمل:

م	الكمية	الوصف	الرمز على رسومات الدائرة الميكانيكية والكهربائية
١	١	وحدة تكثيف كاملة بضاغط ومكثف وخزان للسائل	$A1$
٢	١	مفتاح ضغط عال	$F1F$
٣	١	زجاجة بيان بمبين للرطوبة ومجفف للمرشح	$B3$
٤	١	مقياس سريان السوائل	$C1$
٥	١	صمام تمدد يدوي	$D1$
٦	١	مبخر ديناميكي	$E1$
٧	٢	مقياس ضغط (مانومتر)	$N1, N2$
٨	١	حساس لدرجة حرارة الغرفة (ثرموستات الكتروني) $(+25/-5°C)$	$B1$
٩	١	مفتاح فصل	$S1$
١٠	١	موزع	
١١	٢	مقبس بملامسات حماية (بريزة أو فيش)	$X1, X2$
١٢	١	جهاز قياس شدة التيار (أميتر)	$P1$
١٣	١	جهاز قياس القدرة (واط ميتر)	$P2$
١٤	١	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $40mm$ ($8/5\ in$) ، طول $915mm$	
١٥	٤	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $72mm$ ($17/6\ in$) ، طول $915mm$	

جدول (٢ – ٩): التجهيزات المطلوبة لوحدة التبريد

المطلوب:

إجراء قياسات على دورة التبريد ومراقبة التغير عند ظروف تشغيل مختلفة نتيجة الزيادة التدريجية لتدفق وسيط التبريد بفتح الخانق اليدوي (صمام التمدد اليدوي).

الخطوات:

١. قم بتكوين الدائرة الميكانيكية حسب الشكل (٢- ٣).
٢. قم بتكوين الدائرة الكهربائية حسب الشكل (٢- ٤).
٣. تأكد من صحة توصيلات الدائرة الميكانيكية والدائرة الكهربائية.
٤. اختبر كشف التسريب للدائرة متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٥. اشحن الدائرة بوسيط التبريد متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٦. ابدأ تشغيل وحدة التبريد.
٧. قبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام وذلك بملاحظة عدم وجود فقاعات خلال زجاجة البيان، وكذلك ملاحظة ثبوت الضغط – لجانب الضغط المنخفض – نسبياً.
٨. قم بأخذ القياسات المطلوبة ودونها في جدول القياسات المرفق، ولاحظ الآتي:

أ- يقاس كل من ضغط التكثيف ودرجة حرارة التكثيف بواسطة مقياس الضغط (المانومتر) لجانب الطرد.

ملحوظة: لابد من إضافة $1bar$ لقيمة قراءة المانومتر، وهي عبارة عن قيمة تقريبية للضغط الجوي.

ب- يقاس كل من ضغط التبخير ودرجة حرارة التبخير بواسطة مقياس الضغط لجانب السحب.

ج- يقاس معدل سريان وسيط التبريد من جهاز قياس معدل السريان.

د- تقاس درجة الحرارة عند مخرج المبخر وكذلك عند كل من مدخل ومخرج الضاغط بواسطة ثرمومتر حساس.

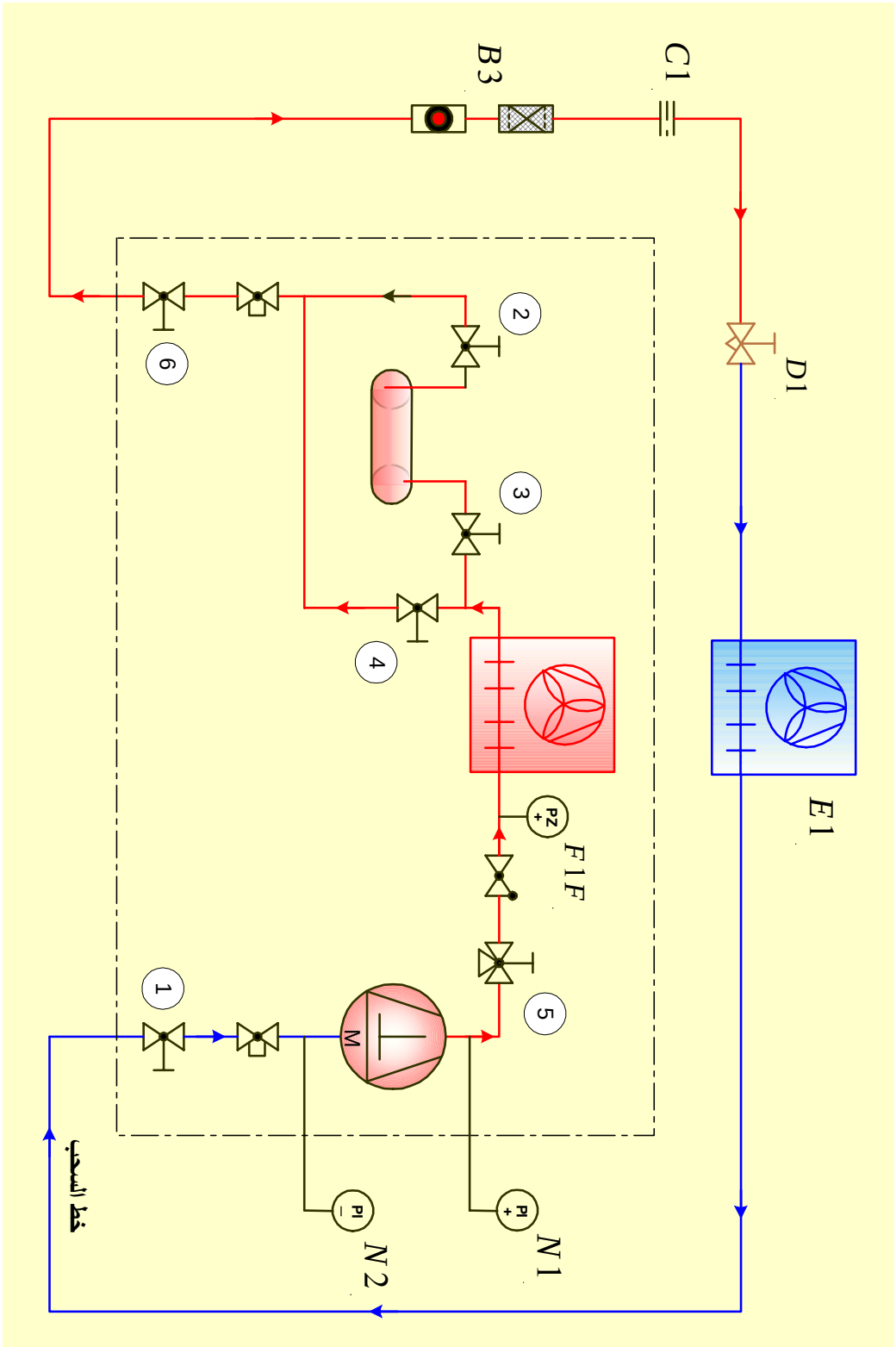
ه- تقاس درجة حرارة سائل وسيط التبريد قبل الصمام اليدوي بواسطة ثرمومتر حساس.

و- يقاس التيار الكهربائي لوحدة التبريد بمقياس التيار (الأميتر).

ز- تقاس القدرة الكهربائية لوحدة التبريد بمقياس القدرة (واط ميتر).

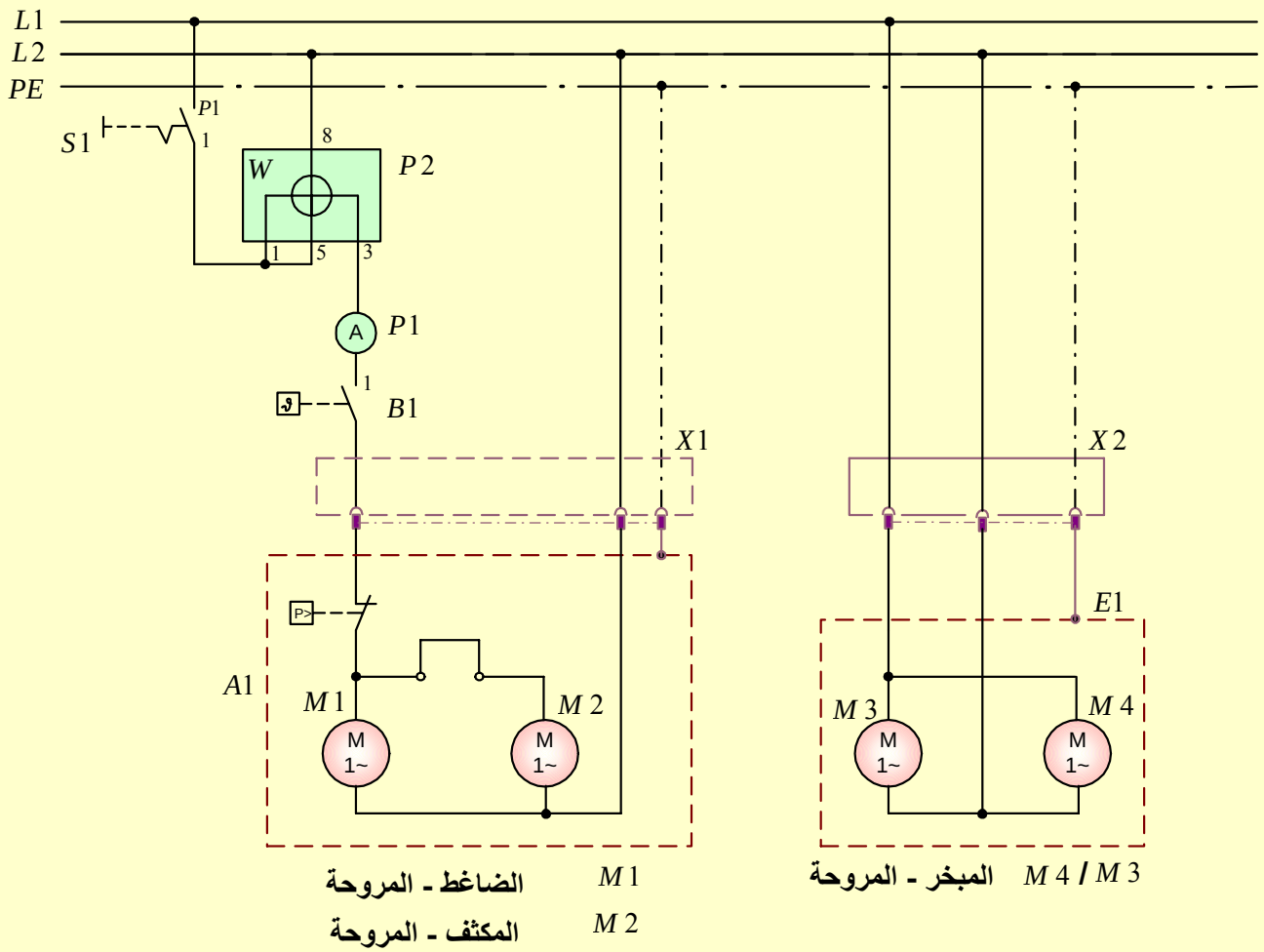
٩. كرر أخذ القياسات ثلاث مرات بعد زيادة فتح الخانق اليدوي بشكل تدرجي لكل مرة.

ملحوظة: بعد زيادة فتح الصمام اليدوي وقبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام.



الصمام رقم (٤) مغلق

شكل (٢ – ٣): الدائرة الميكانيكية باستعمال صمام يدوي ومبخر ديناميكي



شكل (٢ – ٤): الدائرة الكهربائية

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$				
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$				
معدل سريان وسيط التبريد	$\dot{m}_R$	kg/s				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر		$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر		$°C$				
التيار الكهربائي لوحدة التبريد		A				
القدرة الكهربائية لوحدة التبريد		W				

جدول (٢ – ١٠): قيم القياس

مراقبة التجربة:

من ملاحظتك للتغير الحاصل نتيجة زيادة الفتح للصمام اليدوي (التي تعني زيادة تدفق وسيط التبريد) اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

- ضغط المكثف: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- ضغط المبخر: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- درجة حرارة التكثيف: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة التبخير: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- استهلاك التيار الكهربائي: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- القدرة الكهربائية: ◇ تزداد ◇ تنخفض

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب العملي رقم (٥)

الجدارة:

تمثيل دورة التبريد الانضغاطي - التي تعمل بصمام تمدد يدوي ومبخر ديناميكي- على خريطة وسيط التبريد ، واستخدامها لحساب معامل الأداء للدورة.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة،و آلة حاسبة، وجدول القراءات للتدريب (٤)، وخريطة وسيط التبريد (P-h).

المطلوب:

تمثيل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد (P-h)، وحساب التأثير التبريدي وطاقة الانضغاط للدورة ومن ثم حساب معامل الأداء للدورة (COP).

الخطوات:

١. اختر إحدى القراءات (١) أو (٢) أو (٣) أو (٤) من التدريب (٤) واملأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				

جدول (٢ – ١١): قيم القياس اللازمة لرسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h.

٢. ارسم دائرة التبريد على خريطة الـ P-h لوسيط التبريد معتمداً على القراءات في الجدول السابق.

٣. من خريطة الـ P-h، حدد قيم العناصر التالية:

العنصر	الرمز	الوحدة	القيمة
طاقة الإنثالبي عند مدخل المبخر	h_{E_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج المبخر	h_{E_o}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط	h_{C_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط	h_{C_o}	kJ/kg	

جدول (٢ – ١٢): قيم طاقة الإنثالبي لدائرة التبريد

٤. قم بإجراء الحسابات المطلوبة لإيجاد التأثير التبريدي، وطاقة الانضغاط ومعامل أداء الدورة، ودون النتائج النهائية في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
التأثير التبريدي	RE	kJ/kg	$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$	
طاقة الإنضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$	
معامل أداء الدورة	COP		$COP = \frac{RE}{w_C}$	

جدول (٢ – ١٣): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب العملي رقم (٦)

الجدارة:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي- التي تعمل بصمام تمدد يدوي ومبخر ديناميكي- وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة، وآلة حاسبة، وجدول القراءات وَ خريطة الـ P-h للتدريب (٤).

المطلوب:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد يدوي، وإيجاد كفاءة الانضغاط.

الخطوات:

١. من قراءات التدريب (٤) املأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$				
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				

جدول (٢ – ١٤): قيم القياس

٢. من خريطة الـ P-h، حدد النقطة (S)، ثم دون قيمة (T_s) في الجدول:

القراءة	الرمز	الوحدة	القيمة
درجة الحرارة الأيزنتروبية عند مخرج الضاغط	T_s	$°C$	

جدول (٢ – ١٥): درجة الحرارة الأيزنتروبية

٣. من القيم في الجداول السابقة؛ أوجد قيمتي التحميص والتبريد الدوني، ثم أوجد كفاءة الانضغاط، ودونها في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
درجة التحميص	-	$°C$	$= T_{C_i} - T_{Evap}$	
درجة التبريد الدوني	-	$°C$	$= T_{Cond} - T_{V_i}$	
كفاءة الانضغاط	η_s	-	$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$	

جدول (٢ – ١٦): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

الفصل الثاني: دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام أنبوبة شعرية

التدريب رقم (١)

الجدارة:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بأنبوبة شعرية.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

جهاز قياس درجة الحرارة (ثرمومتر)، ووحدة التبريد الانضغاطي التدريبية وتشمل:

م	الكمية	الوصف	الرمز على رسومات الدائرة الميكانيكية والكهربائية
١	١	وحدة تكثيف كاملة بضاغط ومكثف وخزان للسائل	$A1$
٢	١	مفتاح ضغط عال	$F1F$
٣	١	زجاجة بيان بمبين للرطوبة ومجفف للمرشح	$B3$
٤	١	مقياس سريان السوائل	$C1$
٥	١	أنبوبة شعرية	$D1$
٦	١	مبخر	$E1$
٧	٢	مقياس ضغط (مانومتر)	$N1, N2$
٨	١	حساس لدرجة حرارة الغرفة (ثرموستات الكتروني) $(+25/-5°C)$	$B1$
٩	١	مفتاح فصل	$S1$
١٠	١	موزع	
١١	٢	مقبس بملامسات حماية (بريزة أو فيش)	$X1, X2$
١٢	١	جهاز قياس شدة التيار (أميتر)	$P1$
١٣	١	جهاز قياس القدرة (واط ميتر)	$P2$
١٤	١	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $40mm$ ($8/5 in$)، طول $915mm$	
١٥	٤	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $72mm$ ($17/6 in$)، طول $915mm$	

جدول (٢ – ١٧): التجهيزات المطلوبة لوحدة التبريد

المطلوب:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي تعمل بأنبوية شعرية ومراقبة التغير عند ظروف تشغيل مختلفة نتيجة التغيير من مبخر إستاتيكي إلى مبخر ديناميكي.

الخطوات:

١. قم بتكوين الدائرة الميكانيكية حسب الشكل (٢- ٥).
٢. قم بتكوين الدائرة الكهربائية حسب الشكل (٢- ٦).
٣. تأكد من صحة توصيلات الدائرة الميكانيكية والدائرة الكهربائية.
٤. اختبر كشف التسريب للدائرة متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٥. اشحن الدائرة بوسيط التبريد متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٦. ابدأ تشغيل وحدة التبريد.
٧. قبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام وذلك بملاحظة عدم وجود فقاعات خلال زجاجة البيان، وكذلك ملاحظة ثبوت الضغط – لجانب الضغط المنخفض – نسبياً.
٨. قم بأخذ القياسات المطلوبة ودونها في جدول القياسات المرفق، ولاحظ الآتي:

أ- يقاس كل من ضغط التكثيف ودرجة حرارة التكثيف بواسطة مقياس الضغط (المانومتر) لجانب الطرد.

ملاحظة: لابد من إضافة $1bar$ لقيمة قراءة المانومتر، وهي عبارة عن قيمة تقريبية للضغط الجوي.

ب- يقاس كل من ضغط التبخير ودرجة حرارة التبخير بواسطة مقياس الضغط لجانب السحب.

ج- يقاس معدل سريان وسيط التبريد من جهاز قياس معدل السريان.

د- تقاس درجة الحرارة عند مخرج المبخر وكذلك عند كل من مدخل ومخرج الضاغط بواسطة ثرمومتر حساس.

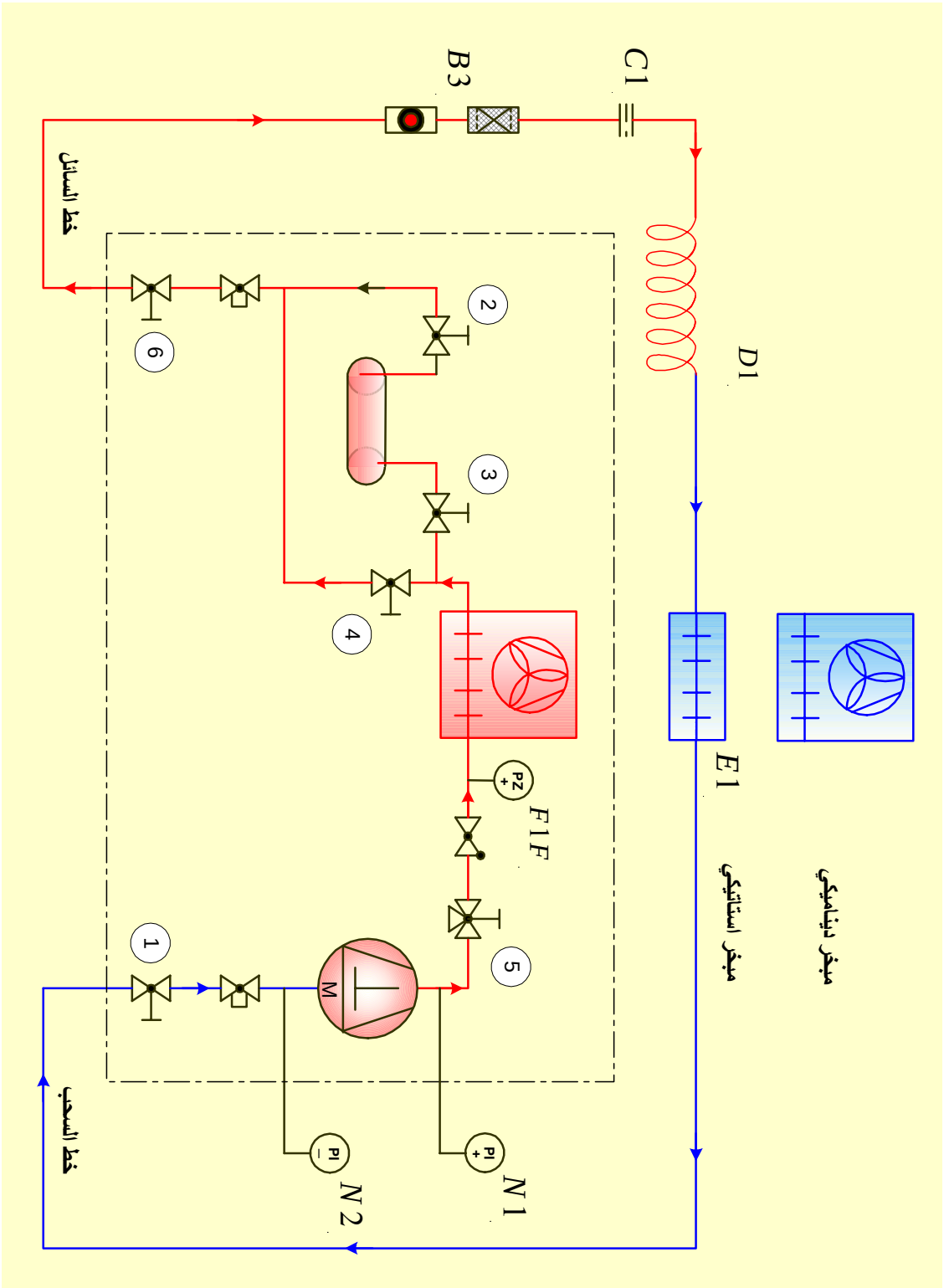
ه- تقاس درجة حرارة سائل وسيط التبريد قبل الأنبوبة الشعرية بواسطة ثرمومتر حساس.

و- يقاس التيار الكهربائي لوحدة التبريد بمقياس التيار (الأميتر).

ز- تقاس القدرة الكهربائية لوحدة التبريد بمقياس القدرة (واط ميتر).

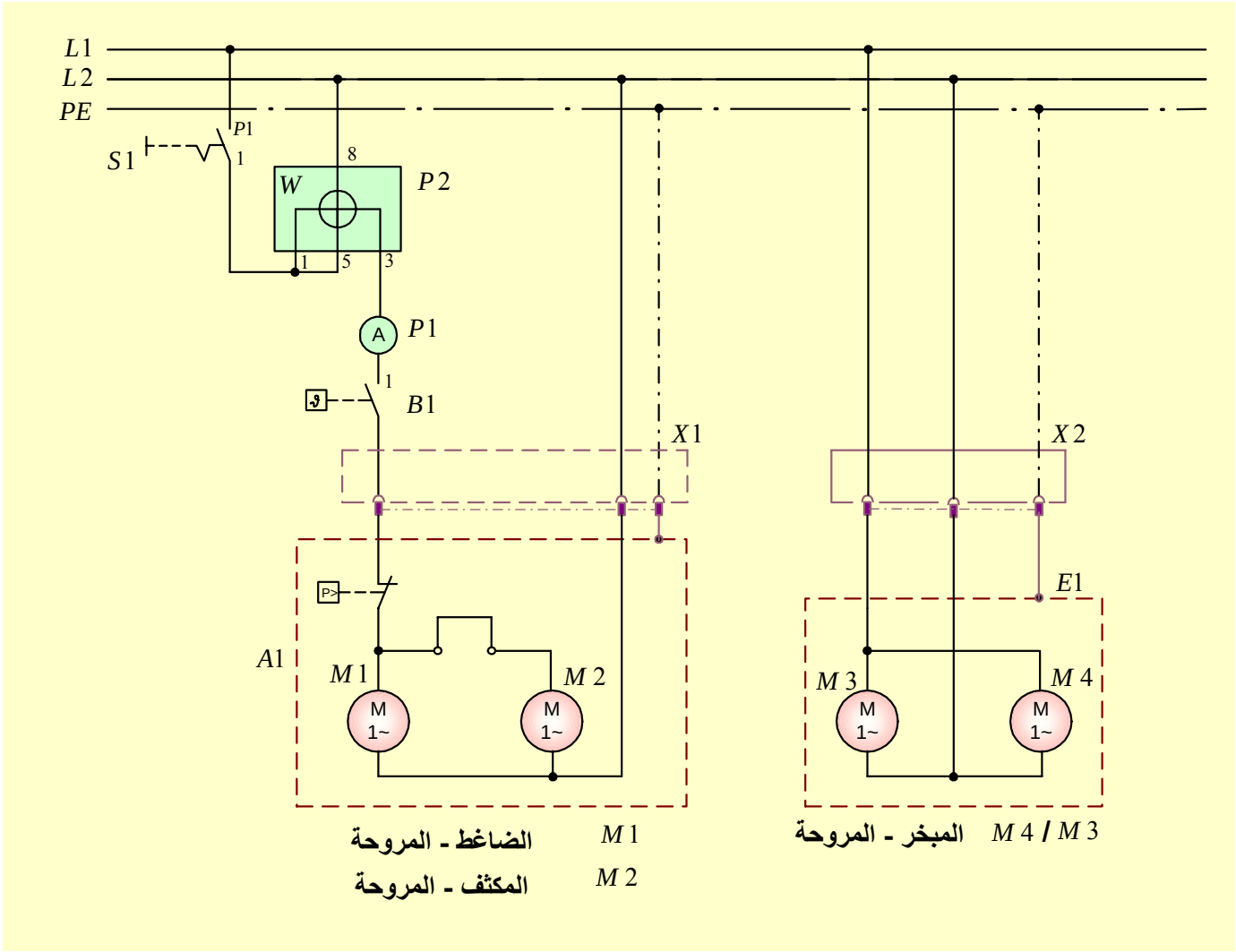
٩. كرر أخذ القياسات بعد تشغيل مروحة المبخر.

ملحوظة: بعد تشغيل مروحة المبخر وقبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام.



الصمامان (٢) وَ (٣) مغلقان.

شكل (٢ – ٥): الدائرة الميكانيكية باستخدام أنبوبة شعرية



شكل (٢ – ٦): الدائرة الكهربائية

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	مبخر إستاتيكي	مبخر ديناميكي
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar		
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar		
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$		
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$		
معدل سريان وسيط التبريد	$\dot{m}_R$	kg/s		
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$		
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$		
درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر		$°C$		
درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر		$°C$		
التيار الكهربائي لوحدة التبريد		A		
القدرة الكهربائية لوحدة التبريد		W		

جدول (٢ – ١٨): قيم القياس

مراقبة التجربة :

من ملاحظتك للتغير الحاصل نتيجة التغيير من مبخر إستاتيكي إلى مبخر ديناميكي اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

- ضغط المكثف: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- ضغط المبخر: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- درجة حرارة التكثيف: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة التبخير: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- معدل سريان وسيط التبريد : ◇ يزداد ◇ ينخفض
- درجة الحرارة عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- استهلاك التيار الكهربائي: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- القدرة الكهربائية: ◇ تزداد ◇ تنخفض

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٢)

الجدارة:

تمثيل دورة التبريد التي تعمل بأنبوبة شعرية على خريطة وسيط التبريد (P-h)، واستخدامها لحساب معامل الأداء للدورة (COP).

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة، و آلة حاسبة، جدول القراءات للتدريب (١)، وخريطة (P-h).

المطلوب:

تمثيل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد (P-h)، وحساب التأثير التبريدي وشغل الانضغاط للدورة ومن ثم حساب معامل الأداء للدورة (COP).

الخطوات:

١. من التدريب (١) املأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: ..... درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	مبخر إستاتيكي	مبخر ديناميكي
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar		
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar		
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الأنبوبة)	T_{V_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$		
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$		

جدول (٢ – ١٩): قيم القياس اللازمة لرسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h.

٢. ارسم دائرتي التبريد على خريطة الـ p-h لوسيط التبريد معتمداً على القراءات في الجدول السابق.

٣. من خريطة الـ p-h، حدد قيم العناصر التالية:

العنصر	الرمز	الوحدة	القيمة	
			مبخر استاتيكي	مبخر ديناميكي
طاقة الإنثالبي عند مدخل المبخر	h_{E_i}	kJ/kg		
طاقة الإنثالبي عند مخرج المبخر	h_{E_o}	kJ/kg		
طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط	h_{C_i}	kJ/kg		
طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط	h_{C_o}	kJ/kg		

جدول (٢ – ٢٠): قيم طاقة الإنثالبي لدائرة التبريد.

٤. قم بإجراء الحسابات المطلوبة لإيجاد التأثير التبريدي، وطاقة الانضغاط ومعامل أداء الدورة، ودون النتائج النهائية في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة	
				مبخر استاتيكي	مبخر ديناميكي
التأثير التبريدي	RE	kJ/kg	$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$		
شغل الإنضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$		
معامل أداء الدورة	COP		$COP = \frac{RE}{w_C}$		

جدول (٢ – ٢١): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٣)

الجدارة:

حساب قيمتي التحميص وَ التبريد الدوني لدورة التبريد التي تعمل بأنبوبية شعرية وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة، و آلة حاسبة، وجدول القراءات وَ خريطة الـ P-h للتدريب (١).

المطلوب:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بأنبوبة شعرية، وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

الخطوات:

١. من قراءات التدريب (١) املأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	مبخر إستاتيكي	مبخر ديناميكي
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$		
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$		
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$		
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الأنبوبة)	T_{V_i}	$°C$		

جدول (٢ – ٢٢): قيم القياس

٢. من خريطة الـ P-h، حدد النقطة (S)، ثم دون قيمة (T_s) في الجدول:

القراءة	الرمز	الوحدة	القيمة	
			مبخر استاتيكي	مبخر ديناميكي
درجة الحرارة الأيزنتروبية عند مخرج الضاغط	T_s	$°C$		

جدول (٢ – ٢٣): درجة الحرارة الأيزنتروبية

٣. من القيم في الجداول السابقة؛ أوجد قيمتي التحميص والتبريد الدوني، ثم أوجد كفاءة الإنضغاط، ودونها في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة	
				مبخر استاتيكي	مبخر ديناميكي
درجة التحميص	-	$°C$	$= T_{C_i} - T_{Evap}$		
درجة التبريد الدوني	-	$°C$	$= T_{Cond} - T_{V_i}$		
كفاءة الإنضغاط	η_s	-	$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$		

جدول (٢ – ٢٤): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

الفصل الثالث: دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام صمام تمدد أوتوماتيكي

التدريب رقم (١)

الجدارة:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد أوتوماتيكي ومبخر ديناميكي.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

جهاز قياس درجة الحرارة (ثرمومتر) وحدة التبريد الانضغاطي التدريبية وتشمل:

م	الكمية	الوصف	الرمز على رسومات الدائرة الميكانيكية والكهربائية
١	١	وحدة تكثيف كاملة بضاغط ومكثف وخزان للسائل	$A1$
٢	١	مفتاح ضغط عال	$F1F$
٣	١	زجاجة بيان بمبين للرطوبة ومجفف للمرشح	$B3$
٤	١	مقياس سريان السوائل	$C1$
٥	١	صمام تمدد أتوماتيكي	$D1$
٦	١	مبخر ديناميكي	$E1$
٧	٢	مقياس ضغط (مانومتر)	$N1, N2$
٨	١	حساس لدرجة حرارة الغرفة (ثرموستات إلكتروني) $(+25/-5°C)$	$B1$
٩	١	مفتاح فصل	$S1$
١٠	١	موزع	
١١	٢	مقبس بملامسات حماية (بريزة أو فيش)	$X1, X2$
١٢	١	جهاز قياس شدة التيار (أميتر)	$P1$
١٣	١	جهاز قياس القدرة (واط ميتر)	$P2$
١٤	١	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $40mm$ $(8/5 in)$ ، طول $915mm$	
١٥	٤	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $72mm$ $(17/6 in)$ ، طول $915mm$	

جدول (٢ – ٢٥): التجهيزات المطلوبة لوحدة التبريد

المطلوب:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي ومراقبة التغير عند ظروف تشغيل مختلفة نتيجة التغيير التدرجي لضبط صمام التمدد الأوتوماتيكي.

الخطوات:

١. قم بتكوين الدائرة الميكانيكية حسب الشكل (٢- ٧).
٢. قم بتكوين الدائرة الكهربائية حسب الشكل (٢- ٨).
٣. تأكد من صحة توصيلات الدائرة الميكانيكية والدائرة الكهربائية.
٤. اختبر كشف التسريب للدائرة متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٥. اشحن الدائرة بوسيط التبريد متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٦. ابدأ تشغيل وحدة التبريد.
٧. قبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام وذلك بملاحظة عدم وجود فقاعات خلال زجاجة البيان، وكذلك ملاحظة ثبوت الضغط – لجانب الضغط المنخفض – نسبياً.
٨. قم بأخذ القياسات المطلوبة ودونها في جدول القياسات المرفق، ولاحظ الآتي:

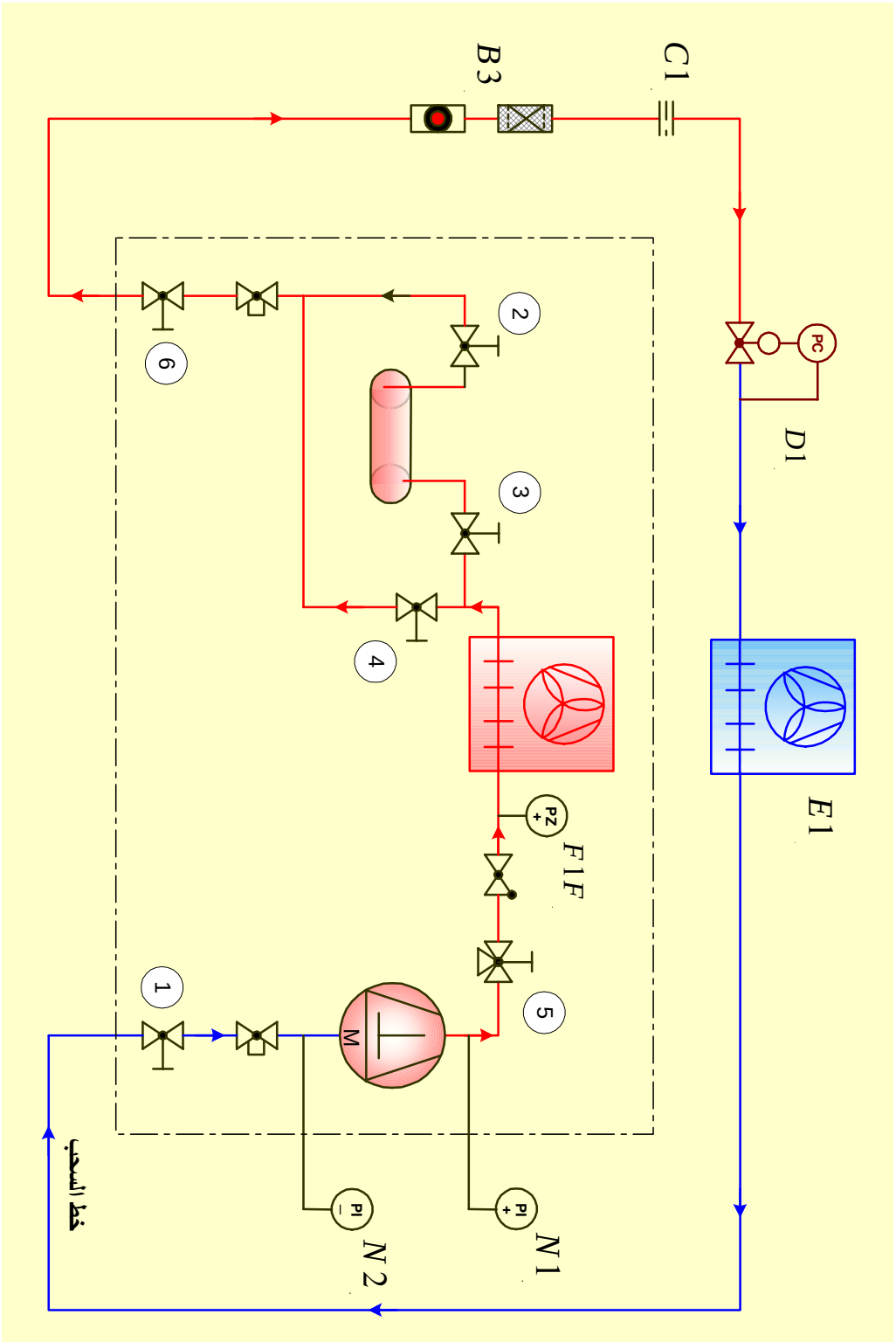
أ- يقاس كل من ضغط التكثيف ودرجة حرارة التكثيف بواسطة مقياس الضغط لجانب الطرد.

ملحوظة: لابد من إضافة $1bar$ لقيمة قراءة المانومتر، وهي عبارة عن قيمة تقريبية للضغط الجوي.

ب- يقاس كل من ضغط التبخير ودرجة حرارة التبخير بواسطة مقياس الضغط لجانب السحب.
ج- يقاس معدل سريان وسيط التبريد من جهاز قياس معدل السريان.
د- تقاس درجة الحرارة عند مخرج المبخر وكذلك عند كل من مدخل ومخرج الضاغط بواسطة ثرمومتر حساس.
ه- تقاس درجة حرارة سائل وسيط التبريد قبل الصمام اليدوي بواسطة ثرمومتر حساس.
و- يقاس التيار الكهربائي لوحدة التبريد بمقياس التيار (الأميتر).
ز- تقاس القدرة الكهربائية لوحدة التبريد بمقياس القدرة (واط ميتر).

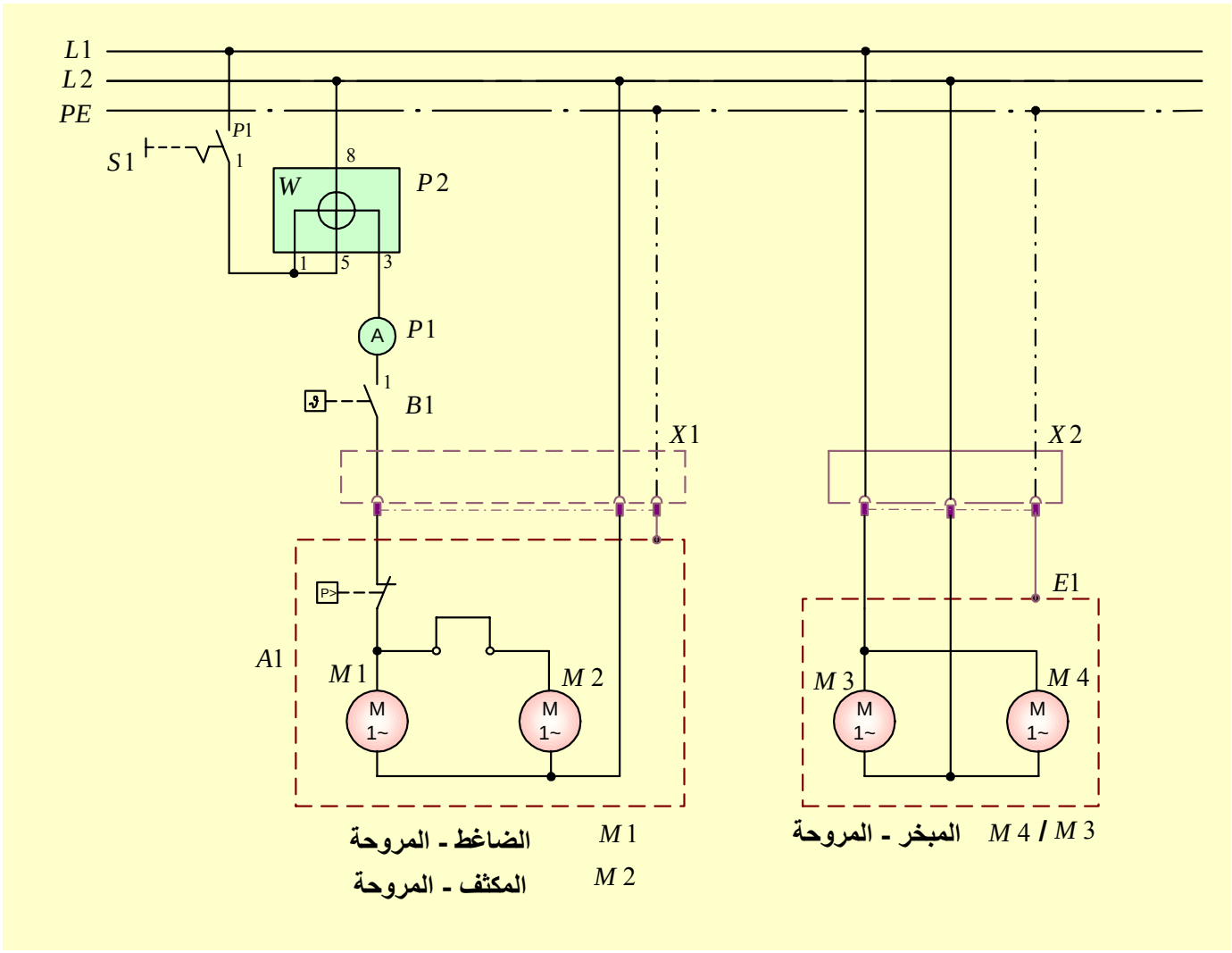
٩. أدر ضابط الصمام الأوتوماتيكي يميناً، ثم كرر أخذ القياسات.
١٠. أدر ضابط الصمام الأوتوماتيكي يساراً، ثم كرر أخذ القياسات.

ملحوظة: بعد تغيير ضبط الصمام وقبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام.



الصمام رقم (٤) مغلق

شكل (٢ – ٧): الدائرة الميكانيكية باستخدام صمام تمدد أتوماتيكي.



شكل (٢ – ٨): الدائرة الكهربائية

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$				
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$				
معدل سريان وسيط التبريد	$\dot{m}_R$	kg/s				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر		$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر		$°C$				
التيار الكهربائي لوحدة التبريد		A				
القدرة الكهربائية لوحدة التبريد		W				

جدول (٢ – ٢٦): قيم القياس

مراقبة التجربة:

من ملاحظتك للتغير الحاصل نتيجة إدارة ضابط الصمام الأوتوماتيكي يميناً ويساراً اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

	بالإدارة جهة اليمين	بالإدارة جهة اليسار
• معدل سريان وسيط التبريد :	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• ضغط المكثف:	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• ضغط المبخر:	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• درجة حرارة التكثيف:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة حرارة التبخير:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة الحرارة عند مخرج المبخر:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة الحرارة عند مخرج الضاغط:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة الحرارة عند مخرج الضاغط:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• استهلاك التيار الكهربائي:	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• القدرة الكهربائية:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٢)

الجدارة:

تمثيل دورة التبريد التي تعمل بصمام تمدد أوتوماتيكي ومبخر ديناميكي على خريطة وسيط التبريد (p-h)، واستخدامها لحساب معامل الأداء للدورة (COP).

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل،وقلم، ومسطرة، وآلة حاسبة، وجدول القراءات للتدريب (١)، خريطة وسيط التبريد (p-h).

المطلوب:

تمثيل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد، وحساب التأثير التبريدي وطاقة الانضغاط للدورة ومن ثم حساب معامل الأداء للدورة.

الخطوات:

١. من التدريب (١) املأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				

جدول (٢ – ٢٧): قيم القياس اللازمة لرسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h.

٢. ارسم دائرة التبريد على خريطة الـ P-h لوسيط التبريد معتمداً على القراءات في الجدول السابق.

٣. من خريطة الـ P-h، حدد قيم العناصر التالية:

العنصر	الرمز	الوحدة	القيمة
طاقة الإنثالبي عند مدخل المبخر	h_{E_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج المبخر	h_{E_o}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط	h_{C_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط	h_{C_o}	kJ/kg	

جدول (٢ – ٢٨): قيم طاقة الإنثالبي لدائرة التبريد

٤. قم بإجراء الحسابات المطلوبة لإيجاد التأثير التبريدي، شغل الانضغاط ومعامل أداء الدورة، ودون النتائج النهائية في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
التأثير التبريدي	RE	kJ/kg	$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$	
شغل الإنضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$	
معامل أداء الدورة	COP		$COP = \frac{RE}{w_C}$	

جدول (٢ – ٢٩): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٣)

الجدارة:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد التي تعمل بصمام تمدد أتوماتيكي ومبخر ديناميكي وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة،و آلة حاسبة، وجدول القراءات وَ خريطة الـ P-h للتدريب (١) وَ (٢).

المطلوب:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد يدوي، وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

الخطوات:

١. من قراءات التدريب (١) املأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: ..... درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$	
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$	
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$	
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$	
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$	

جدول (٢ – ٣٠): قيم القياس

٢. من خريطة الـ P-h، حدد النقطة (S)، ثم دون قيمة (T_s) في الجدول:

القراءة	الرمز	الوحدة	القيمة
درجة الحرارة الأيزنتروبية عند مخرج الضاغط	T_s	$°C$	

جدول (٢ – ٣١): درجة الحرارة الأيزنتروبية

٣. من القيم في الجداول السابقة؛ أوجد قيمتي التحميص والتبريد الدوني، ثم أوجد كفاءة الإنضغاط، ودونها في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
مقدار التحميص	-	$°C$	$T_{C_i} - T_{Evap}$	
مقدار التبريد الدوني	-	$°C$	$T_{Cond} - T_{V_i}$	
كفاءة الإنضغاط	η_s	-	$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$	

جدول (٢ – ٣٢): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

الفصل الرابع : دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام صمام تمدد حراري

التدريب رقم (١)

الجدارة:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد حراري بمعادل داخلي (أو خارجي)، ومبخر ديناميكي.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

جهاز قياس درجة الحرارة (ثرمومتر)، ووحدة التبريد الانضغاطي التدريبية وتشمل:

م	الكمية	الوصف	الرمز على رسومات الدائرة الميكانيكية والكهربائية
١	١	وحدة تكثيف كاملة بضاغط ومكثف وخزان للسائل	$A1$
٢	١	مفتاح ضغط عال	$F1F$
٣	١	زجاجة بيان بمبين للرطوبة ومجفف للمرشح	$B3$
٤	١	مقياس سريان السوائل	$C1$
٥	١	صمام تمدد حراري بمعادلة داخلية	$D1$
٦	١	مبخر ديناميكي	$E1$
٧	٢	مقياس ضغط (مانومتر)	$N1, N2$
٨	١	حساس لدرجة حرارة الغرفة (ثرموستات إلكتروني) $(+25/-5°C)$	$B1$
٩	١	مفتاح فصل	$S1$
١٠	١	موزع	
١١	٢	مقبس بملامسات حماية (بريزة أو فيش)	$X1, X2$
١٢	١	جهاز قياس شدة التيار (أميتر)	$P1$
١٣	١	جهاز قياس القدرة (واط ميتر)	$P2$
١٤	١	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $40mm$ ($8/5 in$) ، طول $915mm$	
١٥	٤	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $72mm$ ($17/6 in$) ، طول $915mm$	

جدول (٢ – ٣٣): التجهيزات المطلوبة لوحدة التبريد

المطلوب:

إجراء قياسات على دورة التبريد الانضغاطي ومراقبة التغير عند ظروف تشغيل مختلفة نتيجة التغيير التدرجي لضبط صمام التمدد الحراري بمعادل داخلي.

الخطوات:

١. قم بتكوين الدائرة الميكانيكية حسب الشكل (٢- ٩).
٢. قم بتكوين الدائرة الكهربائية حسب الشكل (٢- ١٠).
٣. تأكد من صحة توصيلات الدائرة الميكانيكية والدائرة الكهربائية.
٤. اختبر كشف التسريب للدائرة متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٥. اشحن الدائرة بوسيط التبريد متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٦. ابدأ تشغيل وحدة التبريد.
٧. قبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام وذلك بملاحظة عدم وجود فقاعات خلال زجاجة البيان، وكذلك ملاحظة ثبوت الضغط – لجانب الضغط المنخفض – نسبياً.
٨. قم بأخذ القياسات المطلوبة ودونها في جدول القياسات المرفق، ولاحظ الآتي:

أ- يقاس كل من ضغط التكثيف ودرجة حرارة التكثيف بواسطة مقياس الضغط لجانب الطرد.

ملحوظة: لابد من إضافة $1bar$ لقيمة قراءة المانومتر، وهي عبارة عن قيمة تقريبية للضغط الجوي.

ب- يقاس كل من ضغط التبخير ودرجة حرارة التبخير بواسطة مقياس الضغط لجانب السحب.

ج- يقاس معدل سريان وسيط التبريد من جهاز قياس معدل السريان.

د- تقاس درجة الحرارة عند مخرج المبخر وكذلك عند كل من مدخل ومخرج الضاغط بواسطة ثرمومتر حساس.

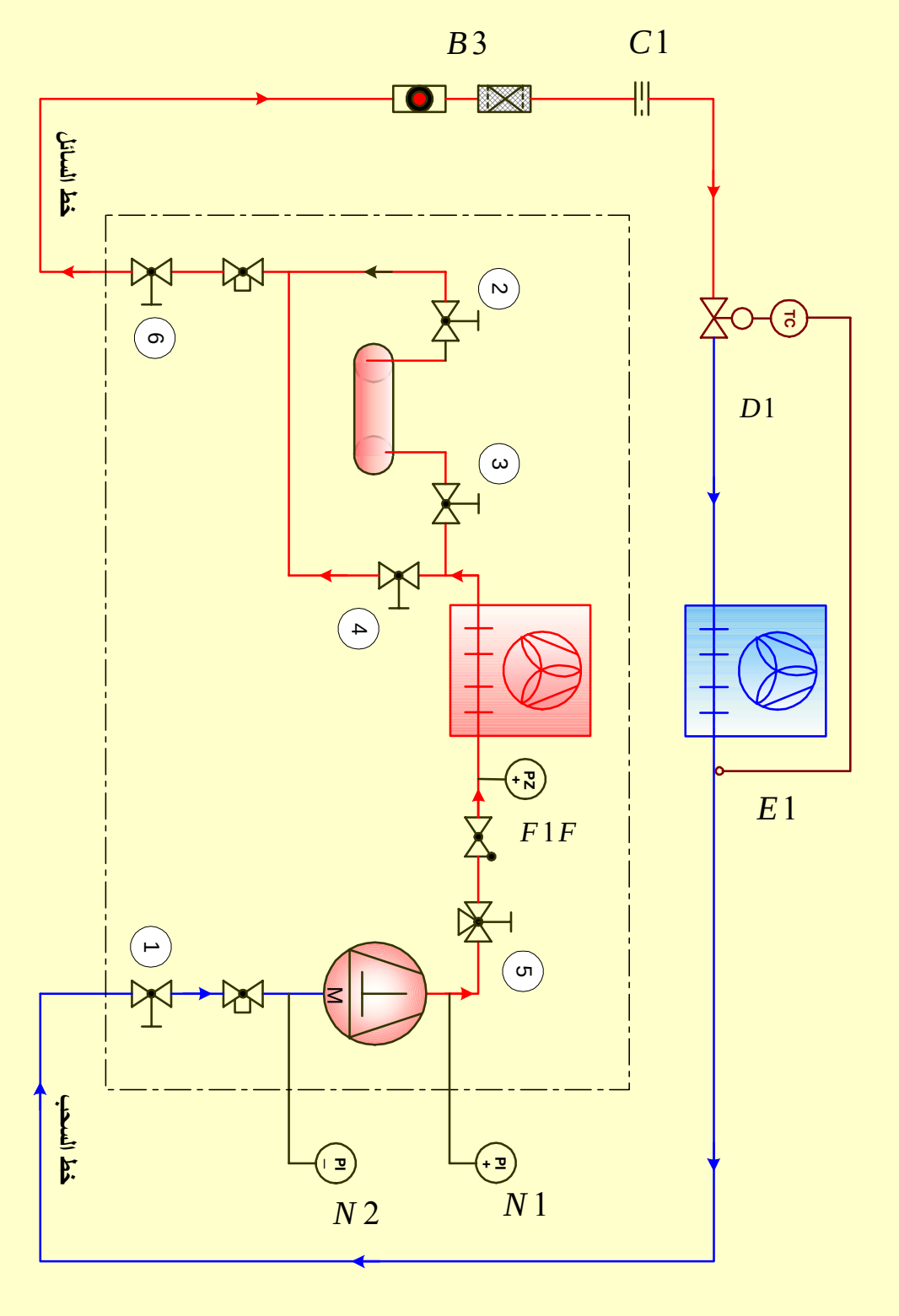
ه- تقاس درجة حرارة سائل وسيط التبريد قبل الصمام اليدوي بواسطة ثرمومتر حساس.

و- يقاس التيار الكهربائي لوحدة التبريد بمقياس التيار (الأميتر).

ز- تقاس القدرة الكهربائية لوحدة التبريد بمقياس القدرة (واط ميتر).

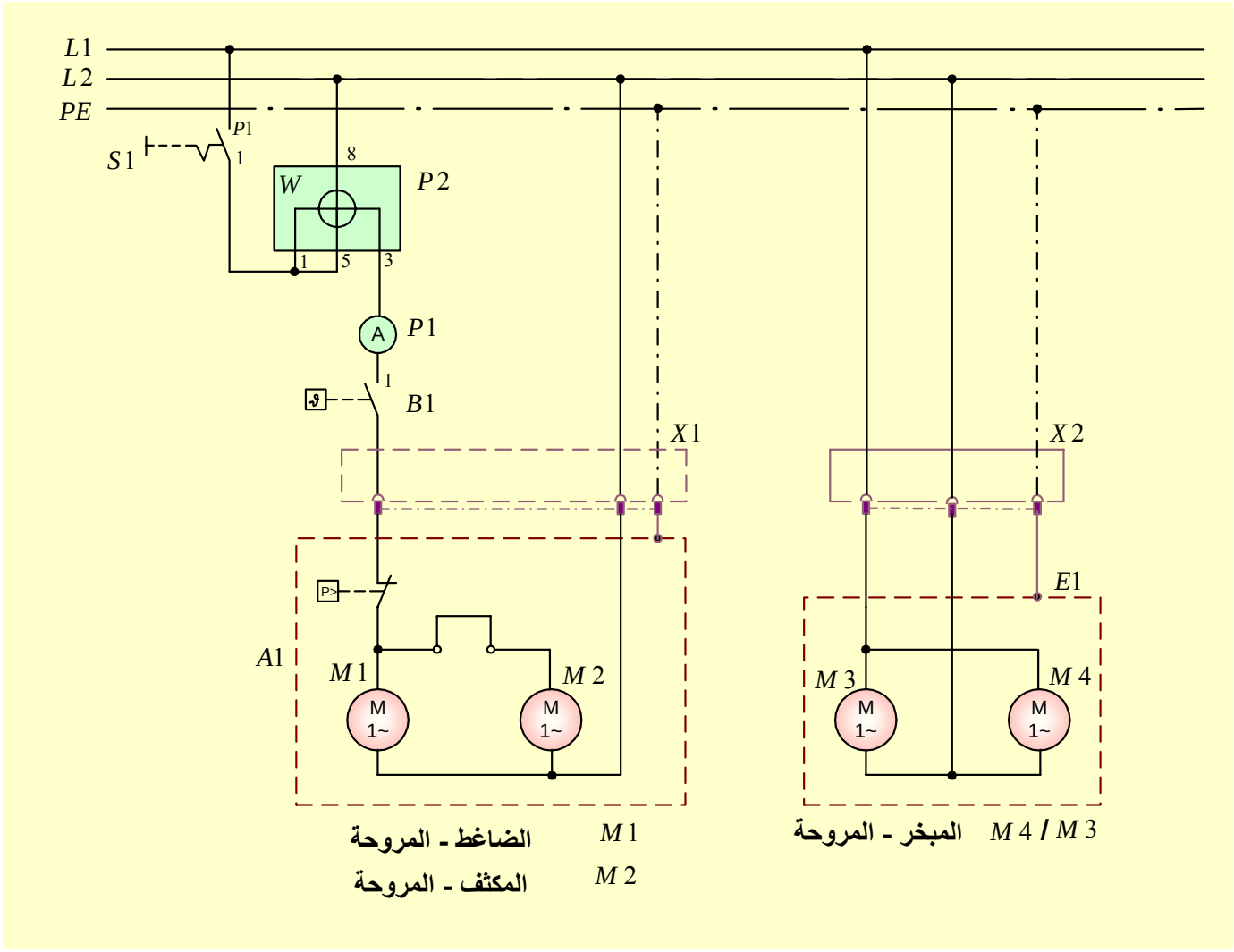
٩. أدر ضابط صمام التمدد الحراري يميناً، ثم كرر أخذ القياسات.
١٠. أدر ضابط صمام التمدد الحراري يساراً، ثم كرر أخذ القياسات.

ملحوظة: بعد تغيير ضبط الصمام وقبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام.



الصمام رقم (٤) مغلق

شكل (٢ – ٩): الدائرة الميكانيكية باستخدام صمام تمدد حراري معادل داخلي



شكل (٢ – ١٠): الدائرة الكهربائية

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$				
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$				
معدل سريان وسيط التبريد	$\dot{m}_R$	kg/s				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر		$°C$				
درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر		$°C$				
التيار الكهربائي لوحدة التبريد		A				
القدرة الكهربائية لوحدة التبريد		W				

جدول (٢ – ٣٤): قيم القياس

مراقبة التجربة:

من ملاحظتك للتغير الحاصل نتيجة إدارة ضابط صمام التمدد الحراري في اتجاه الفتح و في اتجاه القفل اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

	بالإدارة أتجاه الفتح	بالإدارة أتجاه القفل
• معدل سريان وسيط التبريد :	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• ضغط المكثف:	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• ضغط المبخر:	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• درجة حرارة التكثيف:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة حرارة التبخير:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة الحرارة عند مخرج المبخر:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة الحرارة عند مخرج الضاغط:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة الحرارة عند مخرج الضاغط:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض
• استهلاك التيار الكهربائي:	◇ يزداد ◇ ينخفض	◇ يزداد ◇ ينخفض
• القدرة الكهربائية:	◇ تزداد ◇ تنخفض	◇ تزداد ◇ تنخفض

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٢)

الجدارة:

تمثيل دورة التبريد التي تعمل بصمام تمدد حراري بمعادل داخلي (أو خارجي) ومبخر ديناميكي على خريطة وسيط التبريد (p-h)، واستخدامها لحساب معامل الأداء للدورة (*COP*).

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة،و آلة حاسبة، وجدول القراءات للتدريب (١)، وخريطة وسيط التبريد (p-h).

المطلوب:

تمثيل دورة التبريد الانضغاطي على خريطة وسيط التبريد (P-h)، وحساب التأثير التبريدي وطاقة الانضغاط للدورة ومن ثم حساب معامل الأداء للدورة (*COP*).

الخطوات:

١. من التدريب (١) اختر إحدى القراءات واملأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: ..... درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				

جدول (٢ – ٣٥): قيم القياس اللازمة لرسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h.

٢. ارسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h لوسيط التبريد معتمداً على القراءات في الجدول السابق.

٣. من خريطة الـ p-h، حدد قيم العناصر التالية:

العنصر	الرمز	الوحدة	القيمة
طاقة الإنثالبي عند مدخل المبخر	h_{E_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج المبخر	h_{E_o}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط	h_{C_i}	kJ/kg	
طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط	h_{C_o}	kJ/kg	

جدول (٢ – ٣٦): قيم طاقة الإنثالبي لدائرة التبريد

٤. قم بإجراء الحسابات المطلوبة لإيجاد التأثير التبريدي، شغل الانضغاط ومعامل أداء الدورة، ودون النتائج النهائية في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
التأثير التبريدي	RE	kJ/kg	$RE = h_{E_o} - h_{E_i}$	
شغل الإنضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$	
معامل أداء الدورة	COP		$COP = \frac{RE}{w_C}$	

جدول (٢ – ٣٧): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٣)

الجدارة:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد التي تعمل بصمام تمدد حراري بمعادل داخلي (أو خارجي) ومبخر ديناميكي وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، و مسطرة، و آلة حاسبة، وجدول القراءات وَ خريطة الـ P-h للتدريب (١) وَ (٢).

المطلوب:

حساب قيمتي التحميص والتبريد الدوني لدورة التبريد الانضغاطي التي تعمل بصمام تمدد يدوي، وإيجاد كفاءة الإنضغاط.

الخطوات:

١. من إحدى قراءات التدريب (١) املأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	(١)	(٢)	(٣)	(٤)
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar				
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar				
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الصمام)	T_{V_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$				
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$				
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$				

جدول (٢ – ٣٨): قيم القياس اللازمة لرسم دائرة التبريد على خريطة الـ p-h.

٢. من خريطة الـ p-h، حدد النقطة (S)، ثم دون قيمة (T_s) في الجدول:

القراءة	الرمز	الوحدة	القيمة
درجة الحرارة الأيزنتروبية عند مخرج الضاغط	T_s	$°C$	

جدول (٢ – ٣٩): درجة الحرارة الأيزنتروبية

٣. من القيم في الجداول السابقة؛ أوجد قيمتي التحميص والتبريد الدوني، ثم أوجد كفاءة الإنضغاط، ودونها في الجدول:

المطلوب	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة
درجة التحميص	-	$°C$	$T_{C_i} - T_{Evap}$	
درجة التبريد الدوني	-	$°C$	$T_{Cond} - T_{V_i}$	
كفاءة الإنضغاط	η_s	-	$\eta_s = \frac{T_s - T_{C_i}}{T_{C_o} - T_{C_i}}$	

جدول (٢ – ٤٠): جدول النتائج

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

الفصل الخامس: دراسة أداء المضخة الحرارية باستخدام أنبوبة شعرية

التدريب رقم (١)

الجدارة:

إجراء قياسات على دورة تبريد تعمل بصمام عكس الدورة كمضخة حرارية باستخدام أنبوبة شعرية.

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

جهاز قياس درجة الحرارة (ثرمومتر)، وحدة التبريد الانضغاطي التدريبية وتشمل:

م	الكمية	الوصف	الرمز على رسومات الدائرة الميكانيكية والكهربائية
١	١	وحدة تكثيف كاملة بضاغط ومكثف وخزان للسائل	$A1$
٢	١	مفتاح ضغط عال	$F1F$
٣	١	زجاجة بيان بمبين للرطوبة ومجفف للمرشح	$B3$
٤	١	مقياس سريان السوائل	$C1$
٥	١	أنبوبة شعرية	$D1$
٦	١	مبخر	$E1$
٧	١	صمام عالكس	$Y1$
٨	٢	مقياس ضغط (مانومتر)	$N1, N2$
٩	١	حساس لدرجة حرارة الغرفة (ثرموستات إلكتروني) $(+25/-5°C)$	$B1$
١٠	١	مفتاح فصل	$S1$
١١	١	موزع	
١٢	٢	مقبس بملامسات حماية (بريزة أو فيش)	$X1, X2$
١٣	١	جهاز قياس شدة التيار (أميتر)	$P1$
١٤	١	جهاز قياس القدرة (واط ميتر)	$P2$
١٥	١	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $40mm$ ($8/5 in$)، طول $915mm$	
١٦	٤	لي (خرطوم) توصيل مقاوم لتأثير وسيط التبريد قطر $72mm$ ($17/6 in$)، طول $915mm$	

جدول (٢ – ٤١): التجهيزات المطلوبة لوحدة التبريد التي تعمل بعكس الدورة

المطلوب:

إجراء قياسات على المضخة الحرارية التي تعمل بأنبوية شعرية ومراقبة التغير عند ظروف تشغيل مختلفة (تكييف هواء ، أو تسخين) مع مكثف ديناميكي.

الخطوات:

١. قم بتكوين الدائرة الميكانيكية حسب الشكل (٢- ١١).
٢. قم بتكوين الدائرة الكهربائية حسب الشكل (٢- ١٢).
٣. تأكد من صحة توصيلات الدائرة الميكانيكية والدائرة الكهربائية.
٤. اختبر كشف التسريب للدائرة متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٥. اشحن الدائرة بوسيط التبريد متبعاً الخطوات المذكورة في مقدمة هذه الوحدة.
٦. قم بتشغيل الصمام العاكس لتعمل الدائرة كمضخة حرارية كما بالشكل (٢- ١١).
٧. قبل أخذ القياسات يلزمك التأكد من استقرار النظام وذلك بملاحظة عدم وجود فقاعات خلال زجاجة البيان، وكذلك ملاحظة ثبوت الضغط – لجانب الضغط المنخفض – نسبياً.
٨. قم بأخذ القياسات المطلوبة ودونها في جدول القياسات المرفق، ولاحظ الآتي:

أ- يقاس كل من ضغط التكثيف ودرجة حرارة التكثيف بواسطة مقياس الضغط (المانومتر) لجانب الطرد.

ملحوظة: لابد من إضافة $1bar$ لقيمة قراءة المانومتر، وهي عبارة عن قيمة تقريبية للضغط الجوي.

ب- يقاس كل من ضغط التبخير ودرجة حرارة التبخير بواسطة مقياس الضغط لجانب السحب.

ج- يقاس معدل سريان وسيط التبريد من جهاز قياس معدل السريان.

د- تقاس درجة الحرارة عند مخرج المبخر وكذلك عند كل من مدخل ومخرج الضاغط بواسطة ثرمومتر حساس.

ه- تقاس درجة حرارة سائل وسيط التبريد قبل الأنبوبة الشعرية بواسطة ثرمومتر حساس.

و- يقاس التيار الكهربائي لوحدة التبريد بمقياس التيار (الأميتر).

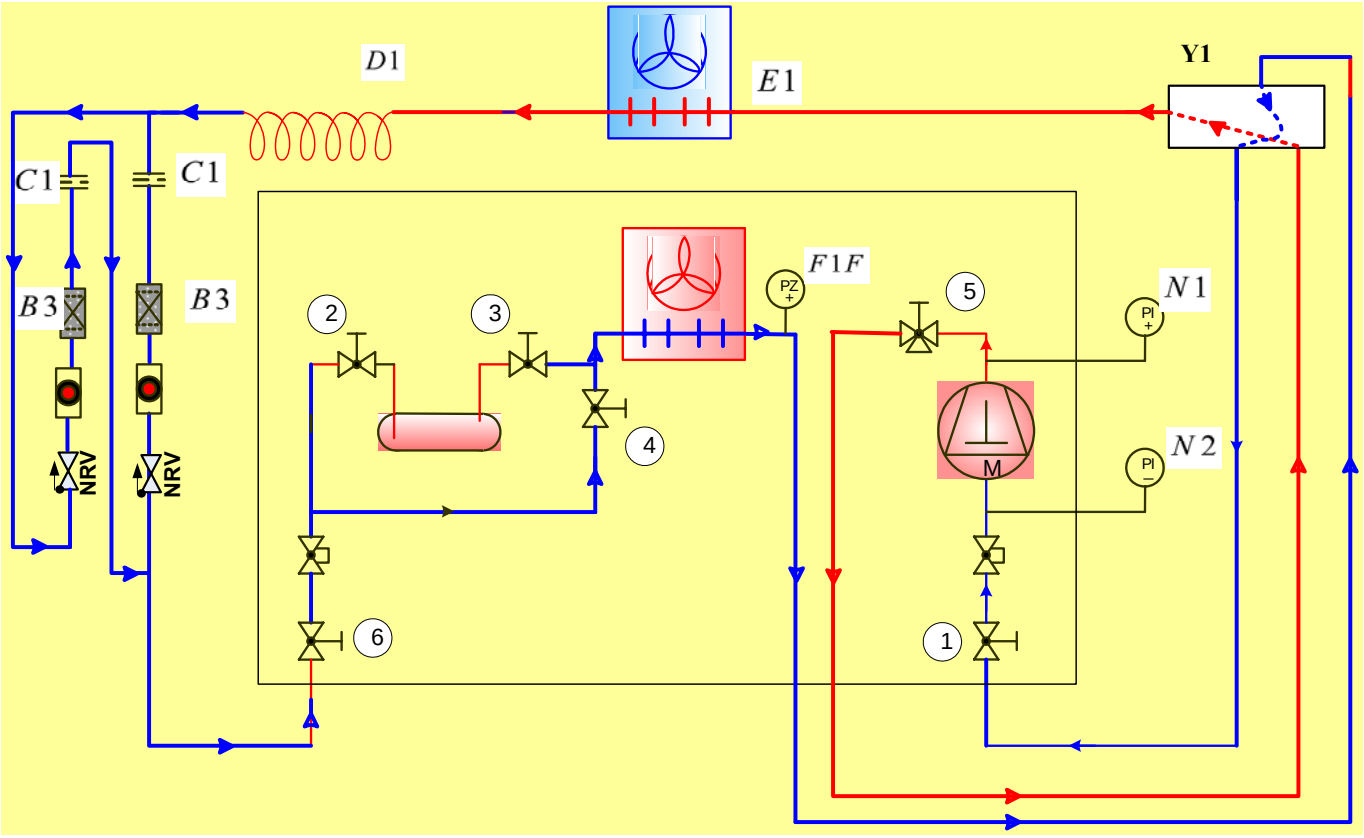
ز- تقاس القدرة الكهربائية لوحدة التبريد بمقياس القدرة (واط ميتر).

٩. كرر أخذ القياسات بعد تشغيل مروحة المبخر.

ملحوظات:

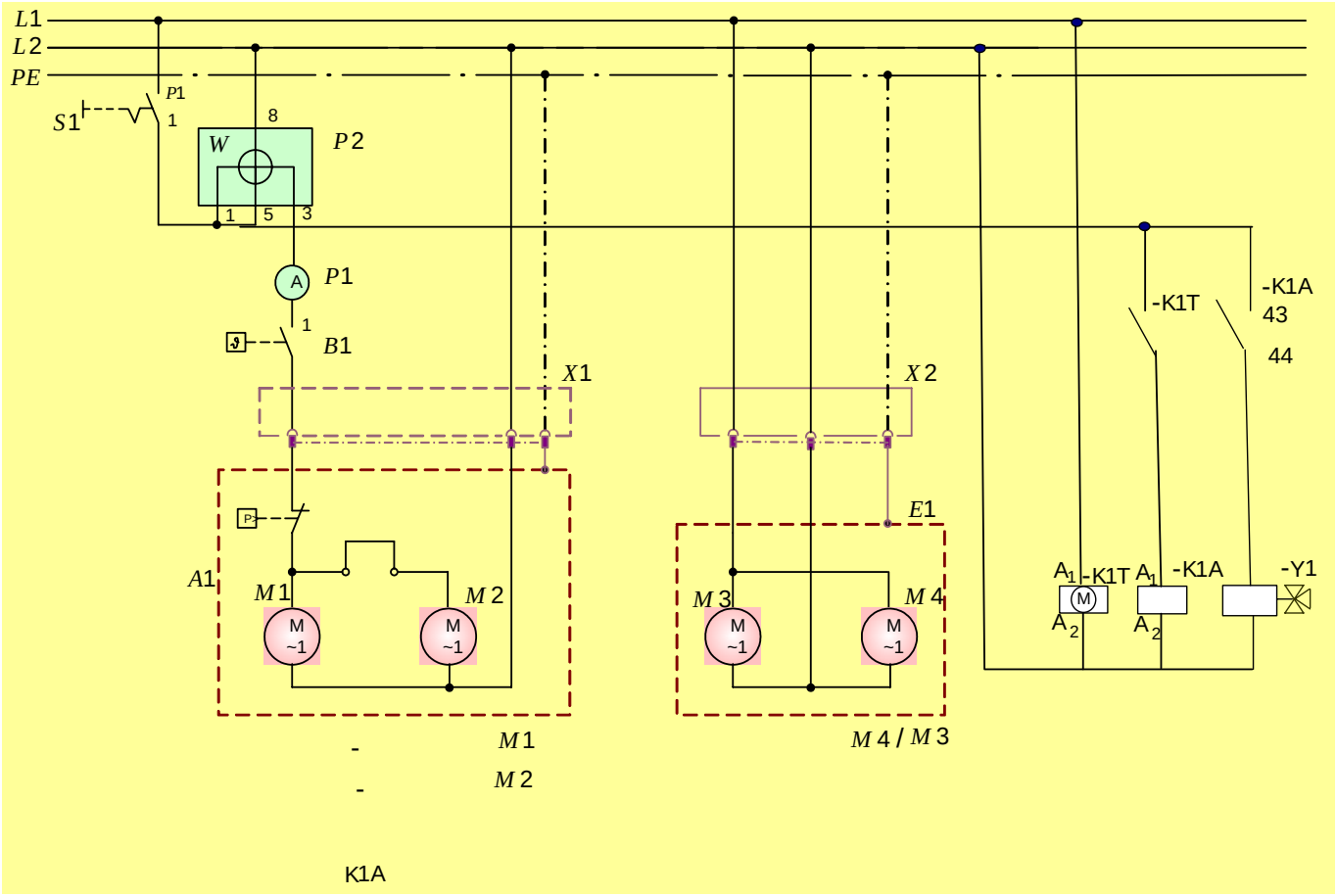
١- اذا تعذر توصيل الصمام العاكس لتعمل الدورة في حالتي التبريد والتسخين فيمكن توصيله لتعمل الدائرة كمضخة حرارية فقط وفي هذه الحالة يمكن استخدام جهاز واحد لقياس معدل سريان وسيط التبريد.

٢- تم اختيار الأنبوبة الشعرية لهذا التدريب نسبة لعدم الحاجة لخزان السائل ، أما اذا توفرت دورات تعمل مكضخة حرارية مع وجدود خزان للسائل فيمكن إجراء التدريب لبقية الصمامات كما تم بالنسبة لدورة التبريد.



الصمامان (٢) وَ (٣) مغلقان.

شكل (٢ – ١١): الدائرة الميكانيكية للمضخة الحرارية باستخدام أنبوبة شعرية



شكل (٢ – ١٢): الدائرة الكهربائية للمضخة الحرارية

المتحكم في تدفق وسيط التبريد : درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد : ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	تكييف هواء	تسخين
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar		
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar		
درجة حرارة التكثيف	T_{Cond}	$°C$		
درجة حرارة التبخير	T_{Evap}	$°C$		
معدل سريان وسيط التبريد	$\dot{m}_R$	kg/s		
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الأنبوبة الشعرية)	T_{V_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$		
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$		
درجة حرارة الهواء عند مدخل المكثف		$°C$		
درجة حرارة الهواء عند مخرج المكثف		$°C$		
التيار الكهربائي لوحدة التبريد		A		
القدرة الكهربائية لوحدة التبريد		W		

جدول (٢ – ٤٢): قيم القياس

مراقبة التجربة :

من ملاحظتك للتغير الحاصل نتيجة التغيير من تكييف هواء إلى تسخين اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

- ضغط المكثف: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- ضغط المبخر: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- درجة حرارة التكثيف: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة التبخير: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- معدل سريان وسيط التبريد : ◇ يزداد ◇ ينخفض
- درجة الحرارة عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة الحرارة عند مخرج الضاغط: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مدخل المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- درجة حرارة الهواء عند مخرج المبخر: ◇ تزداد ◇ تنخفض
- استهلاك التيار الكهربائي: ◇ يزداد ◇ ينخفض
- القدرة الكهربائية: ◇ تزداد ◇ تنخفض

ملحوظات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

التدريب رقم (٢)

الجدارة:

تمثيل المضخة الحرارية التي تعمل بأنبوبة شعرية على خريطة وسيط التبريد (P-h)، واستخدامها لحساب معامل الأداء للدورة (COP_{HP}).

المواد والتجهيزات والأدوات المطلوبة:

ملابس العمل، وقلم، ومسطرة، و آلة حاسبة، وجدول القراءات للتدريب (١)، وخريطة (P-h).

المطلوب:

تمثيل المضخة الحرارية على خريطة وسيط التبريد (P-h)، وحساب كمية الحرارة المطرودة في المكثف وشغل الانضغاط للدورة ومن ثم حساب معامل الأداء للدورة (COP_{HP}).

الخطوات:

١. من التدريب (١) املأ الجدول التالي:

المتحكم في تدفق وسيط التبريد: ..... درجة حرارة الهواء المحيط ($°C$):.....

..... الرطوبة النسبية للهواء المحيط (%):.....

نوع وسيط التبريد: ..... نوع المبخر: ◇ إستاتيكي ◇ ديناميكي

القراءات	الرمز	الوحدة	تكييف هواء	تسخين
ضغط المكثف (ضغط التكثيف)	P_{Cond}	bar		
ضغط المبخر (ضغط التبخير)	P_{Evap}	bar		
درجة حرارة سائل وسيط التبريد (مدخل الأنبوبة)	T_{V_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج المبخر	T_{E_o}	$°C$		
درجة الحرارة عند مدخل الضاغط	T_{C_i}	$°C$		
درجة الحرارة عند مخرج الضاغط	T_{C_o}	$°C$		

جدول (٢ – ٤٣): قيم القياس اللازمة لرسم الدورة للمضخة الحرارية على خريطة الـ p-h.

٢. ارسم الدائرتين على خريطة الـ p-h لوسيط التبريد معتمداً على القراءات في الجدول السابق.

٣. من خريطة الـ p-h، حدد قيم العناصر التالية:

العنصر	الرمز	الوحدة	القيمة	
			مبخر استاتيكي	مبخر ديناميكي
طاقة الإنثالبي عند مدخل المكثف	$h_{Cond.i}$	kJ/kg		
طاقة الإنثالبي عند مخرج المكثف	$h_{Cond.o}$	kJ/kg		
طاقة الإنثالبي عند مدخل الضاغط	h_{C_i}	kJ/kg		
طاقة الإنثالبي عند مخرج الضاغط	h_{C_o}	kJ/kg		

جدول (٢ – ٤٤): قيم طاقة الإنثالبي لدائرة المضخة الحرارية.

١. قم بإجراء الحسابات المطلوبة لإيجاد كمية الحرارة المطرودة من المكثف، طاقة الانضغاط ومعامل أداء الدورة، ودون النتائج النهائية في الجدول:

	الرمز	الوحدة	القانون	القيمة	
				تكييف هواء	تسخين
الحرارة المطرودة	q_o	kJ/kg	$q_o = h_{Cond.i} - h_{Cond.o}$		
شغل الإنضغاط	w_C	kJ/kg	$w_C = h_{C_o} - h_{C_i}$		
معامل أداء الدورة	COP_{HP}		$COP_{HP} = \frac{q_o}{w_C}$		

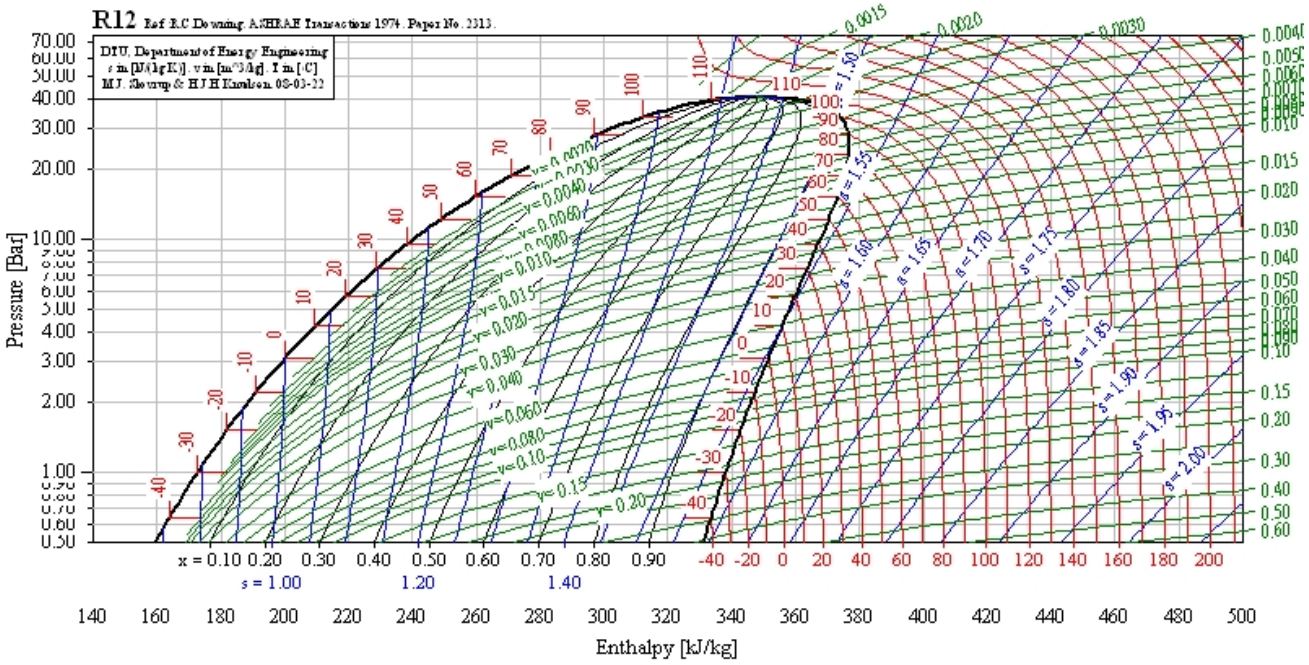
جدول (٢ – ٤٥): جدول النتائج

ملحوظات: .....

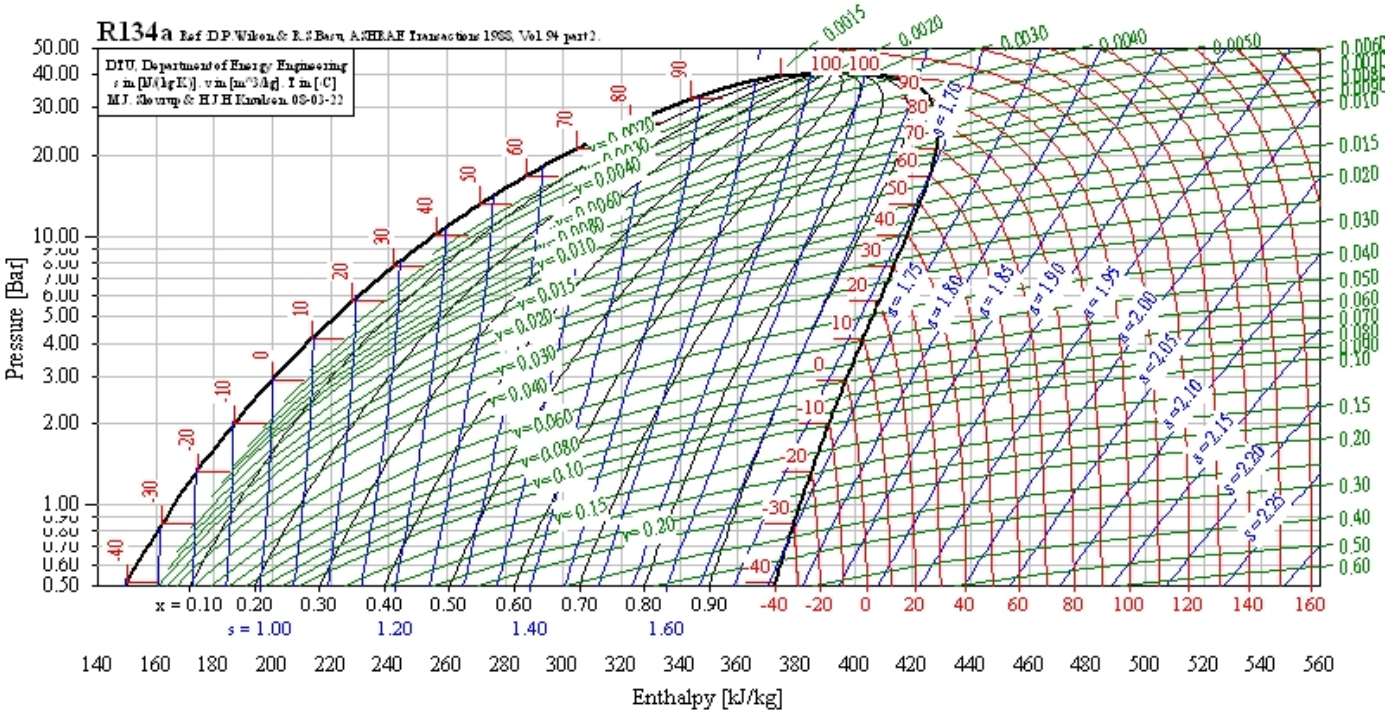
.....

.....

.....



خريطة وسيط التبريد R12



خريطة وسيط التبريد R134a

مصطلحات ورمـــوز

Mass flow rate	kg/s	$\dot{m}$	معدل السريان
Total pressure	Pa	p	الضغط
Evaporator pressure	Pa	p_e	ضغط المبخر
Condenser pressure	Pa	p_c	ضغط المكثف
Compression work	W	W_c	شغل الانضغاط
Evaporator load	W	Q_e	حمل المبخر
Condenser heat transfer	W	Q_c	الحرارة المفقودة من المكثف
Refrigeration effect	J/kg	RE	التأثير التبريدي
Coefficient of performance	-	COP	معامل الأداء
Total load	W	Q_t	الحمل الكلي
Enthalpy	kJ/kg	h	طاقة الإنثالبي
Latent heat of vaporization	kJ/kg	h_{fg}	الحرارة الكامنة للتبخير
Entropy	J/kgK	S, s	الإنتروبي

المراجع REFERENCES

م	المرجع
1.	. رمضـــان أحمـــد محمـــود ، ١٩٨٣ (التبريـــد - مبـــادىء وتطبيقـــات) كلية الهندسة- جامعة الإسكندرية ، منشأة المعارف بالإسكندرية
2.	. رمضـان أحمـد محمـود ، ١٩٨٣ (أنظمـة التبريـد ـ مبـادئ ـ مسـائل محلولـة) كلية الهندسة- جامعة الإسكندرية ، منشأة المعارف بالإسكندرية
3.	سي.تي.كوزلنج، ترجمة د. حسن خصا ف و م. رامز فرج بابو اسحق، ١٩٨٥ (تكييف الهواء ولتبريد التطبيقي) الجامعة التكنولوجية ، مركز التعريب والنشر، بغداد.
4.	Roy J.Dossat,1997"Principles of Refrigeration",4th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio
5.	Whitman. Johnson & Tomczyk, 2000 "Refrigeration And Air Conditioning Technology" 4th Edition, Delmar.
6.	Althouse. Turnquist. Bracciano, 1996 "Modern Refrigeration And Air Conditioning" The Goodheart-Willcox Company, Inc.
7.	Shan. K. Wang, 1994 "Handbook Of Air Conditioning And Refrigeration" McGraw-Hill.
8.	William C. Whitman, William M. Johnson, 1988"Refrigeration and Air Conditioning Technology , Concepts, Procedures and Troubleshooting Techniques", Revised Edition, Delmar.
9.	Siemens Company "Instruction Module Kit Refrigeration & Air Conditioning"

المحتويات

مقدمة .....
تمهيد .....
الوحدة الأولى : تجهيز وتشغيل دورة التبريد الانضغاطية ٢
وحدة التبريد التجريبية ٣
تجهيز دائرة التبريد الميكانيكية ٤
تجهيز الدائرة الكهربائية ٦
تمثيل دائرة التبريد الحقيقية على خريطة وسيط التبريد ٦
مثال عملي ٨
اختبار كشف التسريب ٢٢
تفريغ وشحن وحدة التبريد ٢٣
الوحدة الثانية : اختبار ودراسة أداء دورة التبريد الانضغاطية ٢٥
الفصل الأول :دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام صمام تمدد يدوي ٢٤
الفصل الثاني :دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام أنبوبة شعرية ٤٧
الفصل الثالث :دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام صمام تمدد أوتوماتيكي ٥٧
الفصل الرابع :دراسة أداء دورة تبريد بسيطة باستخدام صمام تمدد حراري ٦٧
الفصل الخامس :دراسة أداء المضخة الحرارية باستخدام أنبوبة شعرية ٧٧
خرائط وسائط التبريد ٨٥
مصطلحات ورمـــوز ٨٧
المراجع References ٨٨