بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة وادي النيل

كلية الهندسة والتقنية

قسم الهندسة الميكانيكية

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة الدبلوم في الهندسة الميكانيكية

بعنوان:

أعداد وتشغيل جهاز ضاغط الهواء ذو المرحلتين بمعمل الآلات الحرارية وأجراء الاختبارات عليه

TWO STAGE AIR COMPRESSOR

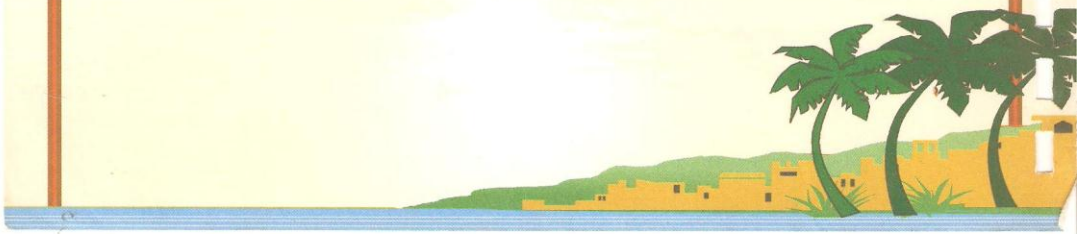
إعداد:

1/مروان تاج السر محمد العطا	D97053
2/محمد عطا المنان محمد هارون	D97086
3/طارق بشير سليمان محمد	D97097

إشراف الأستاذ:

اسامة محمد المرضي

يناير 2001



الفهرس

متسلسل	المحتويات	رقم الصفحة
	إهداء	i
	شكر وعرفان	ii
	ملخص	iii
	الفصل الأول	
1-1	المقدمة	1
1-2	التمهيد	2
	الفصل الثاني	
2-0	تعريف الجهاز	4
2-1	الوصف العام	4
2-2	بيانات فنية	5
2-3	دورة الهواء	6
2-4	الترميز	6
2-5	خلفية نظرية	9
2-6	أساليب القياسات	11
	الفصل الثالث	
3-0	خطوات الاختبار وتوجيهات التشغيل	13
3-1	قبل التدوير	13
3-2	خطوات بداية التدوير	13
3-3	خطوات الاختبار	13
3-4	الإيقاف	15
3-5	المطلوبات	15

متسلسل	المحتويات	رقم الصفحة
	الفصل الرابع	
4-0	النتائج المختبرية	17
4-1	ضاغط ذو مرحلتين بدون تبريد	17
4-2	ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني	19
4-3	ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بعدي	21
4-4	ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني وبعدي	23
	الفصل الخامس	
5-0	عينة من الحسابات	26
	الفصل السادس	
6-0	تحليل النتائج المختبرية	29
	الفصل السابع	
7-1	التوصيات	32
7-2	الخاتمة	33
	ملحق الجداول	34
	ملحق الرسومات البيانية	38
	ملحق الرسومات التوضيحية	40
	المراجع	44

الإهداء

إلى أسرنا الكريمة..

إلى عطبرة .. المدينة الوطن..

إلى روح المقيم فينا.. القدال بابكر فالح..

إلى كل رائع يعشق الترحال في درب الأمل ..

أحببناكم اكثر..

حباً محفوراً فينا..

كنقوش الأهرامات النوبية..

كشقوق الأرض..

كأصالة شيخ مضياف..

أحسسنا بالنشوة والدفء الفاتر والمتعة..

فتمددنا ..

نجر النم .. ونجهش بالدوبيت .. وباللوعة..

وإذ نحن نحلق هذه الليلة كالسحب ..

ونهطل كالثلج..

وكالأمطار علي الأسوار..

نتمتم لله الحمد ..

إذ نعلم أنا لسنا مقطوعين الليلة من شجرة..

المنفذون

شكر وعرفان

نزجي أسمى أيات الشكر والعرفان لاسرة كلية الهندسة عطبره لما وجدناه من كريم تعاونهم في كل الصعوبات التي واجهتنا أثناء فترة وجودنا بينهم ولما لمسناه فيهم من روح طيبة وترابط يحكى عن عظمة هذا الصرح الشامخ فليهم منا كل الود والاحترام . والشكر بلا حدود للأستاذ الرائع أسامة محمد المرضى الذي إيتوانى في تقديم العون والمساعدة وكان لوجوده عظيم الفضل في تسهيل مهمتنا واخراج هذا العمل بالصورة الملائمة فله منا باقة من المشاعر الطيبة متعه الله بالصحة وادامه زخراً للعلم وطلابه .

ملخص

يتم هذا المشروع بإعداد وتشغيل جهاز ضاغط الهواء الموجود بمعمل الآلات الحرارية بكلية الهندسة والتقنية جامعة وادى النيل وإجراء الاختبارات عليه .

يتكون هذا التقرير من سبعة فصول ، الفصل الأول يحتوى على مقدمة وتمهيد عن الضواغط وطريقة عملها واستخداماتها .

أما الفصل الثاني فهو عبارة عن وصف للجهاز ومكوناته ودورة الهواء فيه ودورة ماء التبريد وتوضيح رموز القراءات والمعادلات الرياضية المستخدمة في الاختبارات .

الفصل الثالث يحتوى على خطوات التشغيل وكيفية إجراء الاختبارات .

أما الفصل الرابع فيحتوى على النتائج المختبرية التي تم الحصول عليها من خلال الاختبارات التي تمت على الجهاز .

وفي الفصل الخامس تم اختيار عينة من الاختبارات وعرضها كنموذج للحسابات التي يتم اجراءها في كل اختبار .

الفصل السادس يحتوى على تحليل للنتائج التي تم الحصول عليها . أما الفصل السابع فيتكون من بعض التوصيات وخاتمة للتقرير .

وفي نهاية التقرير توجد ملاحق للرسومات التوضيحية والبيانية وجداول القراءات والمراجع التي تم الاستفادة منها .

الفصل الأول

1-2 تمهـــــــيد

الهواء المضغوط ذو استخدامات واسعة وسهل الانتقال مقارنة بالبخـــار ، الغـــرض من الضواغط عامة هو سحب كمية معينة من الغاز (فى الغالب هواء) وضغطـــها بدرجة الضغط المطلوب .

هنالك نوعان من الضواغط دورانية وترددية ، نجد أن الضواغط الترددية ضغطـــها عالى والانسياب فيها ضئيل ويمكن أن تكون مفردة أو متعددة المراحل ذات اتجـــاه واحد أو اتجاهين وتبريدها مائى أو هوائى كما ان ضغطـــها غـــير منتظـــم ، أمـــا الدورانية فضغطها ضئيل والانسياب فيها عالى .

الضاغط عموماً هو الالة التى تقوم بضغط الغازات المختلفة ، وتستخدم الضواغـــط فى مختلف مجالات الصناعة المعاصرة على نطاق واســـع ، فـــهى تســـتخدم فـــى الصناعات الكيمائية والصناعات التعدينية وعلى الخطوط الحديدية وفـــى الطـــيران والمحطات التوربينية الغازية وفى الصناعات الغذائية (البرادات) وفـــى نظافـــة الماكينات .

تقسم الضواغط من حيث تصميميها ومبدأ عملها الى مجموعتين :-

1- الضواغط المكبسية " الترددية "

2- الضواغط الريشية " الطاردة المركزية

وبغض النظر عن اختلاف مبادىء ضغط الغازات فـــى الضواغـــط والتصميمـــات المختلفة فان عمليات الضغط فى جميعها واحدة مـــن الناحيـــة الثيرموديناميكيـــة اذ توصف العمليات فى ضواغط بنفس المعادلات لذلك ، ولدراسة وتحليـــل العمليـــات التى تجرى فى أى آلة لضغط الغازات يكفى أن ندرس كيفية عمل ابســـطها وهـــو الضاغط المكبسى الترددي

أنواع الضواغط الترددية :-

(i) أحادى المرحلة :-

يتألف هذا الضاغط من أسطوانة جدرانها مجوفة لكى يدور مـــاء التـــبريد فيـــها ، ومكبس موصول بالية مع محرك كهربائى أو مصدر أخـــر للتشـــغيل الميكـــانيكى ويحتوى غطاء الاسطوانة على صمامين ، صمام ماص (سحب) وصمام حـــاقن (طرد) ومن أهم ما يميز هذا النوع من الضواغط ضغطها العالى وامكانيـــة تعـــدد المراحل .

(ii) ثنائية المرحلة :-

طريقة عملها :-

ينساب الهواء خلال شوط السحب من الاسطوانة ذات الضغط المنخفض بضغط منخفض (P_1) ودرجة حرارة (T_1) وبعد عملية الانضغاط الاولى يدخل الهواء الى المبرد بضغط (P_2) قبل وصوله الى مرحلة الضغط الثانية واذا كانت درجة حرارة الهواء الخارج من المبرد (T_2) تساوى درجة الحرارة الابتدائية للهواء (T_1) فأن التبريد يسمى تبريد مثالى ، ومن المبرد يدخل الهواء الى اسطوانة الضغط العالى لمرحلة الضغط الثانى حيث يتم ضغطه الى الضغط المطلوب (P_3) .

الفصل الثاني

2-0 تعريف الجهاز

2-1 الوصف العام :-

(45) ص

الماكينة موضحة فى الشكل رقم (1) بملحق الرسومات التوضيحية يتكون الجهاز من وحدتين كل وحدة لها ديناموميتر خاص بها احداهما تمثل مرحلة الضغط المنخفض والاخرى مرحلة الضغط العالى ، وهذا يسمح بتغيير نسب الحجم للمرحلتين وبالتالى الضغط الوسيط ، بينما يمكن اختبار كل وحدة على حدة .

لكلا المرحلتين اسطوانتان للتبريد الهوائى من تصنيع [Broom and Wade] ويتم ترتيبهما بحيث أن المخططات البيانية يمكن أخذها . المرحلة الاولى مجهزة بحاكم هواء أوتوماتيكى وترس عدم تحميل ، أحجام الخلوص يمكن تغييرها بحشر أوشاش اضافية .

وحدة ضاغط المرحلة الاولى يتم ادارته بموتور تيار متردد (AC. Motor) والمرحلة الثانية بموتور تيار مباشر متغير السرعة كلاهما محمول على محور ارتكاز (Trunnions) بميزان زنبركى لقياس رد فعل العزم .

كل ديناموميتر يتم تزويده بمحول بصرى (Optical Transducer) يعطى خرجا مقداره نبضتين فى اللفة ، الذى يتم تغذيته بواسطة مفتاح تغيير الى التاكوميتر الرقمى ، وهما مزودان بمقاومات على التوالى فى الدوائر المولدة لتغيير السرعة . تتم ادارة كل ضاغط بواسطة سير مطاطى مسنن . طارة الادارة محمولة على محامل كروية على عمود متصل من الاطار الطرفى للديناموميتر ، الادارة النهائية للضاغط تكون خلال قارنة قرصية ، وهى ترتيبة لتجنب تطبيق عزم انحناءة اضافى على عمود الضاغط .

الديناموميترات تسمح بقياس القدرة اللازمة لادارة كل مرحلة للضاغط ، الفولتميترات والاميترات تعطى القدرة الكهربائية التى يتم امدادها الى الموتور والتى منها يتم معرفة الكفاءات .

يدخل الهواء الى المرحلة الاولى التى تعمل على ضغطه الى ضغط وسيط ، وذلك بواسطة ثقب دائرى حاد الحافة فى جانب خزان هواء بسعة كافية لتنعيم نبضات الانسياب ، يتم مراقبة الضغط عبر الثقب بواسطة مانوميتر مائل يسمح بحساب معدل انسياب الهواء .

بعد التصريف من المرحلة الاولى يمر الهواء الى المبرد البينى (Intercooler) الذى يعمل كمستقبل وسيط فيه يتم استخلاص الحرارة بدورة الماء ، من المبرد البينى يمر الهواء الى المرحلة الثانية ومنها خلال مبرد بعدى (Aftercooler) الى المستقبل (Receiver) . بعد المستقبل يمر الهواء الى الجو خلال ماسورة مزودة بصمام اختناق وفوهة (I.S.A) عبرها

يتم مراقبة انخفاض الضغط بواسطة مانوميتر مائل يعطى وسيلة ثانية لقياس معدل انسياب الهواء خلال المنظومة ، ضغط التصريف والضغط الوسيط يتم بيانهما بمقاييس ضغط . هنالك امداد لماء التبريد فى كل حالة يتم التحكم فيه بوسطة صمام منفصل لاستخدامها فى المبرد البينى والمبرد البعدى ، معدل انسياب الماء يقاس بواسطة فلوميتر (Flowmeter) بينما يتم قياس درجة حرارة ماء التبريد قبل وبعد كل عنصر بواسطة ثيرموميتر زئبقى . هذا التركيب تم تصميمه لاعطاء مدى واسع للمرونة فى الاختبارات التى يمكن تنفيذها ، لذلك تم تزويد نظام المواسير بصنابير ثلاثية الاتجاه للسماح باستبعاد المبرد البينى أو المبرد البعدى أو الاثنان معاً من الدائرة بالاضافة الى ذلك يمكن تعطيل المرحلة الثانية بحيث انه يمكن اختبار المرحلة الاولى بانفراد بالهواء المضغوط الذى يمر خلالها الى المستقبل .

2-2 بيانات فنية :-

المرحلة الاولى :-

عدد الاسطوانات	2
القطر الداخلى للاسطوانة [Bore]	101.6mm
طول الشوط [Stroke]	101.6mm
الحجم المكتسح	1.647 L
مدى السرعة	(300 الى 500 لفة فى الدقيقة)
ضغط التصريف الأقصى	1000 KN/m^2
نسبة السرعة الموتور / الضاغط	3 : 1
كفاءة إدارة السيور	0.98

المرحلة الثانية :-

عدد الاسطوانات	2
القطر الداخلى للاسطوانة [Bore]	66.7 mm
طول الشوط [Stroke]	63.5 mm
الحجم المكتسح	0.444 L
مدى السرعة	(300 إلى 500 لفة في الدقيقة)
ضغط التصريف الاقصى	1500 KN/m^2
نسبة السرعة الموتور / الضاغط	3 : 1

كفاءة ادارة السيور	0.98
استهلاك القدرة الاقصى	7 KW
الانسياب الاقصى لماء التبريد	150 L/h
تصريف الهواء الطليق الاقصى	[F-A-Dmax] 700 L/min
حجم المستقبل (المستودع)	425 L

2-3 دورة الهواء : The air circuit

موضحة فى الشكل رقم (2) بملحق الرسومات التوضيحية ص (41)

ضاغط المرحلة الاولى يسحب الهواء من خلال الثقب الدائرى حاد الاطراف وخزان الهواء من ضاغط المرحلة الاولى فان الهواء أما أن يمر خلال المبرد البينى أو أن يتخطاه ليمر حوله وذلك اعتماداً على وضع الصمام (A) اذا تم استخدام المرحلة الثانية فأن تصريف الهواء يكون اما مباشرة الى المستقبل (Receiver) أو عن طريق المبرد البعدى وايضاً الى المستقبل اعتماداً على وضع الصمام (B) يتم تفريغ الهواء من المستقبل بواسطة صمام الاختناق الى فوهة الـ I.S.A مقاييس الضغط تبين الضغوط بعد المرحلة الاولى وفى المستقبل . أما المانوميترات المائلة تبين فروقات الضغط عبر الثقب الحاد الحافة وعبر فوهة الـ I.S.A . بينما التيرموميترات الزئبقية فى جيوب الزيت تبين درجات حرارة الهواء عند نقاط متباينة فى الدائرة .

2-4 ترميز (Notation) :-

الضغط ودرجات الحرارة المتباينة ذات الاهمية يتم تبيينها فى الشكل [2] ص (41) ويتم كتابتها أدناه . يستخدم النظام الدولى للوحدات فى الحسابات :- (S.I)

الضغوط :-

الضغط الجوى	PA KN/m^2
الضغط عند مدخل الضاغط	P_1 KN/m^2
الضغط عند مخرج المرحلة الاولى	P_2 KN/m^2
الضغط عند المستقبل أو مخرج المرحلة الثانية	P_3 KN/m^2
الضغط البيانى الفعال المتوسط للمرحلة الاولى	$\bar{P}_1$ KN/m^2
الضغط البيانى الفعال المتوسط للمرحلة الثانية	$\bar{P}_2$ KN/m^2

- فروقات الضغط :

عبر الثقب الحاد الحافة	ho mm H_2O (6)

عبر فوهة الـــ I.S.A $hn\ mm\ H_2O$

- درجات حرارة الهواء :-

درجة حرارة الجو TA K

درجة حرارة مدخل ضاغط المرحلة الاولى T_1 K

درجة حرارة مخرج ضاغط المرحلة الاولى T_2 K

درجة حرارة مدخل ضاغط المرحلة الثانية T_3 K

درجة حرارة مخرج ضاغط المرحلة الثانية T_4 K

درجة حرارة المبرد البعدى – مدخل المستقبل T_5 K

درجة حرارة المستقبل T_6 K

درجة حرارة فوهة الـــ I.S.A T_7 K

كتل الهواء :-

سحب الهواء بواسطة الثقب الحاد الحافة $m_0 kg/s$

تفريغ الهواء بواسطة فوهة الـــ I..S.A $m_n kg/s$

معدل انسياب الهواء المتوسط $\dot{m} kg/s$

- درجات معدل ماء التبريد :-

عند مدخل التبريد T_8 K

عند مخرج المبرد البينى T_9 K

عند مخرج المبرد البعدى T_{10} K

- كتل ماء التبريد :-

عند المبرد البينى $m_1 kg/s$

عند المبرد البعدى $m_2 kg/s$

- فقودات الحرارة (Heat Losses) :-

من ضاغط المرحلة الاولى $Q_1 watts$

بين المرحلة الاولى والثانية $Q_2 watts$

من ضاغط المرحلة الثانية $Q_3 watts$

بعد المرحلة الثانية $Q_4 watts$

الزيادة الاجمالية فى المحتوى الحرارى (Enthalpy) $Q_5 watts$

فقودات اخرى Q watts

- مدخلات القدرة :-

المرحلة الاولى – ميكانيكية W_1 watts

المرحلة الاولى – بيانية $\overline{W_1}$ watts

المرحلة الثانية – ميكانيكية W_2 watts

المرحلة الثانية – بيانية $\overline{W_2}$ watts

- المحتويات الحرارية :- (Enthalpies)

الهواء عند مدخل المرحلة الاولى h_1 J/kg

الهواء عند مخرج المرحلة الاولى h_2 J/kg

الهواء عند مدخل المرحلة الثانية h_3 J/kg

الهواء عند مخرج المرحلة الثانية h_4 J/kg

الهواء عند مخرج المبرد البعدى h_5 J/kg

- سرعات الدوران (Rotational Speeds):-

دينامومتر المرحلة الاولى N_1 rev/min

دينامومتر المرحلة الثانية N_2 rev/min

- خواص الهواء :-

ثابت الغاز $R = 0.287 \, KJ/kgk$

الحرارة النوعية عند الضغط الثابت $CP = 1.005 \, KJ/kgk$

- الحرارة المكتسبة بواسطة الماء :-

Q_6 watts

Q_7 watts

2-5 خلفية نظرية Theoretical Background : -

إنضغاط الهواء أو أي غازات أخرى هو مثال مستقر الانسياب والمنظومة الديناميكية الحرارية موضحة في الشكل [3(a)] . بملحق الرسومات التوضيحية ص (42) .

طاقة الانسياب المستقرة تكون كآلاتي:-

$$m(h_b-h_a) = w-Q \text{ ---------- (1)}$$

حيث h_b,h_a هما المحتويات الحرارية النوعية للهواء الداخل والمغادر للمنظومة علي التوالي , بينما Q،w هما على الترتيب معدل شغل الدخل ومعدل الفقد الحراري من المنظومة , من المستحسن كتابة المعادلة بدلالة المعدل لكل ثانية عندما تظهر Q,w بال watts.

للإنضغاط ثابت الحرارة بين الحدود P_1,P_3 بدرجة الحرارة الأولية T_1:

$$Wiso = Q = m` R T1 \log(P_3/P_1) \text{----------(2)}$$

هذه المعادلة تمثل الحالة المثالية التي عادة مايتم بها مقارنة الأنضغاط الحقيقي.

. منظومة الديناميكا الحرارية للضاغط ثنائي المرحلة موضحة في الشكل { 3a} فى ملحق الرسومات التوضيحية . ص (42) .

معادلة الانسياب المستقر هي :

$$m(h_5-h_1) = W_1+W_2-Q_1-Q_2-Q_3-Q_4-Q \text{----------(3)}$$

مخطط درجة الحرارة(القصوري الحراري) للإجراء موضح بالشكل {4} فى ملحق الرسومات التوضيحية .ص(43) .

حيث أن درجات الحرارة والضغوط المتباينة تمتلك المعاني المعطاة تحت الترميز.

الإجراءات التي تجري في الماكينة يتم وصفها بالرجوع إلي هذا الشكل. وارتباط الكميات المقاسة المختلفة بالقيم المحسوبة المؤسسة علي هذا التحليل سيتم امتحانها.

الخط T1,T2 فى الشكل {4} فى ملحق الرسومات التوضيحية (ص(43)) يمثل المرحلة الأولي للإنضغاط. إذا افترضنا أن هذا الإجراء متعدد الانحناء لا احتكاكي فيمكن حساب أس الأنضغاط :

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{n-1/n} \text{ ---------- (4)}$$

$$\overline{W_1} = (m` n/n-1) R (T_2-T_1) \text{ ----------(5)}$$

زيادة المحتوي الحراري للهواء:

$$m(h_2-h_1) = m` Cp (T_2-T_1) \text{ ---------- (6)}$$

ومن تطبيق المعادلة(1) فإن الحرارة المفقودة في الهواء :

$$Q_1 = \bar{W}_1 - m`Cp\,(T_2-T_1) \text{ ----------(7)}$$

الخط T_2,T_3 يمثل الإنتقال من المرحلة الأولى إلي المرحلة الثانية. فقد الحرارة خلال هذا الإجراء يعطي بالمعادلة :

$$Q_2 = m`\,Cp(T_2-T_3) \text{ ---------- (8)}$$

الخط T_3,T_4 يمثل المرحلة الثانية للإنضغاط والمعادلات التالية مكافئة من(4) إلي(7) يمكن تطبيقها :

$$T_4/T_3 = (P_3/P_2)^{n-1/n} \text{ ---------- (9)}$$

$$\bar{W}_2 = (m`n/n-1)\,R(T_4-T_3) \text{ ---------- (10)}$$
$$m`\,(h_4-h_3) = m`Cp(T_4-T_3) \text{ ---------- (11)}$$
$$Q_3 = W_2 - m`Cp\,(T_4-T_3) \text{ ---------- (12)}$$

الخط T_4,T_5 يمثل التبريد الذي يتم بعد المرحلة الثانية و قبل الثيرموميترات في خط المواسير إلى المستقبل :

$$Q_4 = m`Cp(T_4-T_5) \text{ ---------- (13)}$$

أخيرا ، الزيادة في المحتوى الحراري للهواء الإجمالي :

$$Q_5 = m`Cp(T_5-T_A) \text{ ---------- (13a)}$$

الشغل البياني النظري $\bar{W}_1,\bar{W}_2$ الذي يتم حسابه من المعادلات(5),(10) يمكن مقارنتها مع ذلك من مخططات البيان :

$$\bar{W}_1 = \bar{P}_1\bar{V}_1N/3 \text{ ---------- (14)}$$
$$\bar{W}_2 = \bar{P}_2\bar{V}_2N/3 \text{ ---------- (15)}$$

أسس الأنضغاط المحسوبة من المعادلات (4) و (9) يمكن بالمثل مقارنتها مع تلك التي يتم قياسها مباشرة من مخطط البيان برسم منحني :

$$PV^n = \text{Constant}$$

إلى خط الأنضغاط .

عندما يكون المبرد البيني والمبرد البعدي في الدائرة, فان انتقال الحرارة إلى ماء التبريد يمكن حسابه من :

$$Q_6 = 4187m_1(T_9-T_8) \text{ ---------- (16)}$$

للمبرد البيني.

$$Q_7 = 4187m_2(T_{10}-T_8) \text{ ---------- (17)}$$

للمبرد البعدي .

انتقال الحرارة خلال الضواغط تكون معقدة .وفقودات الحرارة من الماكينات لا تشتمل فقط على تلك المقابلة للمعادلات(7),(12) المشتقة مباشرة من الهواء ولكن على تلك المقابلة للفرق بين دخل القدرة الميكانيكية وخرج القدرة البيانية. هذا الفرق بالطبع يمثل

فقودات ميكانيكية في الماكينة.

كفاءات مختلفة متعددة يمكن التعرف عليها :

a/ كفاءة ثابت درجة الحرارة البيانية= الشغل ثابت درجة الحرارة من المعادلة(2)
الشغل البياني من المعادلات(14),(15)

b/ كفاءة ثابت درجة الحرارة الإجمالية = الشغل ثابت درجة الحرارة من المعادلة (2)
الدخل الكهربائي

c/ الكفاءة الميكانيكية = الشغل البياني من المعادلات(5),(10)
دخل القدرة الميكانيكية

d/ كفاءة موتورات الإدارة = خرج القدرة الميكانيكية
الدخل الكهربائي

أخيرا لاحظ انه يمكن إثبات أن للكفاءة القصوى :

$$P_2 = \sqrt{P_1 P_3} \quad \text{---------- (18)}$$

2-6 أساليب القياسات: Methods of measurements : -

a/الدخل الكهربائي :

لكل ماكينة يمكن إعطاؤه كالآتي :

$$W_E = E\ I \quad \text{---------- (19)}$$

حيث :

E ≡ الفولتية المطبقة إلي الماكينة

I ≡ التيار بالأمبير

b/ الخرج الميكانيكي للموتور:

$$W_m = FN/\ K \quad \text{---------- (20)}$$

حيث :

F≡ حمل الفرملة بالـ N

N ≡ سرعة الموتور بال rev/min

K ≡ ثابت الجهاز

c/ قدرة الدخل للضاغط :

$$W_1,\ W_2 = 0.98 W_m \quad \text{---------- (21)}$$

d/ كمية الهواء :

$$m_o = 0.001232 d_o^2 \sqrt{h_o P_A / T_A} \quad \text{---------- (22)}$$

حيث :

$d_o \equiv$ mm بالـ قطر الثقب الحاد الحافة

لفوهةI.S.A يتم تطبيق معادلات مشابهة لكن معامل التصريف بدل أن يكون 0.6 كما الثقب حاد الحافة سيكون 0.98 , وهذا سينتج :

$$m_n = 0.00020102 d_n^2 \sqrt{h_n P_A / T_7} \text{ ---------- (23)}$$

هنالك معالجة تفصيلية للانسياب خلال الفوهة يعطي بالمعيار البريطاني الذي ينص علي: 1964:part1:1042،أساليب قياس انسياب المائع في المواسير يمكن الحصول عليها من المؤسسة البريطانية للمعايير .

NOTES :

1/ بعيداً عن التسريب يجب أن تتساوى كمية الهواء المقاسة عند المدخل مـــع كميـــة الـــهواء المقاسة عند التفريغ . الأولي من المحتمل أن تكون الأكثر دقة مالم يكون هنالك اهتمام كبير لضمان أن ضغط المستقبل ثابت .

2/ ننوه إلي أنه تم إلغاء القراءات والنتائج المتعلقة بالراسمة البيانية وذلك بسبب عدم توفرها مع ملاحظة أن نفس المعاملات يمكن تحليلها بواسطة المعادلات الحسابية الخاصة بها .

الفصل الثالث

3-0خطوات الاختبار وتوجيهات التشغيل

3-1 قبل التدوير :-

1. تأكد من صفرية المانوميترات المائلة
2. املأ جيوب الثيرموميترات بالزيت
3. صرف الماء المتكاثف من المبرد البينى ، المبرد البعدى والمستقبل

3-2 خطوات بداية التدوير :

1. أضبط الصمامان A و B لتعطى حالة التشغيل المرغوبة .
2. أضبط انسياب ماء التبريد لاعطاء قراءات لحوالى نصف التدريج على مقاييس الانسياب (Flowmeters) .
3. شغل ذراع الاختبار (Decompressor lever) على ضاغط المرحلة الاولى .
4. أضبط متحكم السرعة الى الوضع الأقصى Max.
5. أولا دور مرحلة الضغط العالي بالتشغيل البطىء للبادىء وبعد ذلك مرحلة الضغط المنخفض بتشغيل بادئ الـ Star – Delta
6. عندما يقترب ضغط المستقبل من القيمة المرغوبة افتح بالتدريج صمام الاختناق . Setting الوضع الصحيح لصمام الاختناق لاعطاء ضغط مستقبل ثابت سيعطى بالتقريب نفس هبوط الضغط عبر فوهة المعيار البريطاني كما سيعطيه عبر ثقب المدخل
7. ضغوط التصريف القصوى :-

المرحلة الأولى $1000\,kN/m^2$

المرحلة الثانية $15\,00\,kN/m^2$

لتشغيل التاكوميتر - اضبط مفتاح النبضات لكل لفة على الجهاز الى (2) ومفتاح الوظيفة الى (Tacho) . لضبط سرعة ضاغط المرحلة الثانية ، اضبط مفتاح up – dating الى (1) . سيعرض الجهاز عندها rev/min up – dating كل ثانية واحدة . عند قياس السرعة لضبط العزم ، اضبط مفتاح up – date الى (10) . سيعرض الجهاز عندها rev/ min up (dating) كل 10 ثوانى .

3-3 خطوات الاختبار :-

اضبط سرعات الماكينات وضغط المستقبل للقيم المرغوبة وشغل على اقل لمدة 30 دقيقة للحصول على حالات مستقرة قبل أخذ النتائج . يجب أن يكون هنالك شخصاً عند صمام الاختناق ، يعمل ضبوطات صغيرة دورية لضمان ثبات ضغط المستقبل . بينما يقوم طالب واحد باداء اختبار

كامل يمكن استخدام مجموعات كبيرة ، ولكن وجد أن مجموعة من خمسة أفراد يمكـــن أن تـــؤدى الواجبات التالية بصورة ملائمة :-

الطالب الاول :- يتحكم فى ضغط المستقبل

ويسجل :

a- ضغط المرحلة البينى P_2 KN/m^2

b- ضغط المستقبل P_3 KN/m^2

c- سمت مدخل الثقب ho cm H_2O

d- سمت فوهة الـــ I.S.A h_n cm H_2O

الطالب الثانى :

يسجل درجات حرارة الهواء

a- الجو T_A K

b- مدخل المرحلة الاولى T_1 K

c- مخرج المرحلة الاولى T_2 K

d- مدخل المرحلة الثانية T_3 K

e- مخرج المرحلة الثانية T_4 K

f- مخرج المبرد البعدى T_5 K

g-الخزان المستقبل T_6 K

n- بعد فوهة الـــ I.S.A T_7 K

الطالب الثالث :-

ديناموميتر المرحلة الاولى

يسجل :

a-السرعة (rev/min)

b- عزم الفرملة .

c- الفولت .

d- الامبير .

الطالب الرابع :-

ديناموميتر المرحلة الثانية

يسجل :

a- السرعة (rev/min)

b- عزم الفرملة .

c- الفولت .

d- الامبير .

الطالب الخامس :- يسجل احوال ماء التبريد

a- مقياس انسياب المبرد البينى . m_1 L/s

b- مقياس انسياب المبرد البينى . m_2 L/s

c- درجات حرارة ماء التبريد قبل وبعد كل من هذه الوحدات .

على الاقل يجب أن تؤخذ ثلاثة قراءات لكل حالة تشغيل ويتم مقارنتها لضمان الوصول لحالات مستقرة . بعد تغيير أى متغير يجب تشغيل الماكينة على الاقل 20 دقيقة قبل أخذ القراءات . مخططات البيان يجب أخذها خلال كل اختبار .

متغيرات عديدة مختلفة يمكن التحقق منها بالماكينة ذات المرحلتين . الاختبارات الاعظم توجهاً هى ربما مقارنة الاداء للماكينة بـ أو بدون المبرد البينى والمبرد البعدى فى الخدمة وسلسلة من الاختبارات بثبوت ضغط التصريف عند قيمته القصوى ، لكن بتغير الضغط البينى (Inter stage Pressure) . هذا التغير يمكن انجازه بصورة أفضل وذلك بأخذ اختبار اولى يجعل كلا الماكينتين تدوران عند سرعة قصوى ثم بعد ذلك خفض سوعة ماكينة الضغط العالى لرفع الضغط البينى ، تبعاً لذلك ارجاع هذه الماكينة الى السرعة القصوى وخفض سرعة وحدة المرحلة الاولى لخفض الضغط البينى . عند زيادة السرعة يمكن من الضرورى امساك يد البادىء (Starter Handle) لمنع السقطة نتيجة للتيار العارم (to prevent tripping due to current surge).

3-4 الايقاف :- (Shutting Down Drain)

عند الايقاف ، صرف الماء المتكاثف من المبرد البينى ، المبرد البعدى ، المستقبل وماسورة التفريغ . أغلق ماء التبريد ، اضبط متحكمات السرعة لتكون جاهزة للتدوير المتتابع ، اضبط ذراع اعتاق انضغاط المرحلة الاولى .

3-5 المطلوبات :

1. مطلوب تحديد اداء الماكينة عندما يتم التشغيل عند سرعة معينة كما يلى :-

i ضاغط ذو مرحلتين بدون تبريد .

ii ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بينى .

iii ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بعدى .

iv ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بينى وبعدى .

2. بأخذ ضغط التصريف كاحداثى افقى مطلوب رسم المنحنيات التالية لكل تجربة :-

i القدرة الفرملية لموتورى المرحلتين Wm_1, Wm_2

ii القدرة البيانية لضاغطى المرحلتين $\overline{W}_1, \overline{W}_2$,

iii كفاءة ثابت درجة الحرارة البيانية ηiso

iv كفاءة ثابت درجة الحرارة الاجمالية $\eta iso\ (o/A)$

v الكفاءة الميكانيكية لموتورى وضاغطى المرحلتين $\eta\ mech/comp_1, mech/comp_2$
$\eta\ mech/Dyn1, mech/Dyn2$

الفصل الرابع

4-0 النتائج المختبرية :

من (34)و(35)و(36)و(37)

تم اخذ القراءات كما هو موضح في ملحق الجداول حسب الأوضاع الآتية على الجهاز :

1-1 ضاغط ذو مرحلتين بدون مبرد : Two stage compressor without cooling

الدخل الكهربائي:

المرحلة الأولى :

$W_{E1} = 4$ Kw

المرحلة الثانية :

$W_{E2} = 3.3$ Kw

الخرج الميكانيكي للموتور :

المرحلة الأولى :

$W_{m1} = 3.11$ Kw

المرحلة الثانية :

$W_{m2} = 3.12$ Kw

قدرة الدخل للضاغط :

المرحلة الأولى :

$W_1 = 3.046$ Kw

المرحلة الثانية :

$W_2 = 3.1$ Kw

كمية الهواء المسحوب عبر الثقب حاد الحافة :

$d_o = 30$ mm
$h_o = 13.5$ mm
$T_A = 305$ k
$P_A = 101.3$ KN/m^2
$m_o = 2.35*10^{-6}$ Kg/s

كمية الهواء المغادر عبر فوهة ألـــ I S A :

$d_n = 25$ mm
$h_n = 9$ mm
$T_7 = 313$ K
$P_3 = 1200$ KN/m^2
$m_n = 2.1*10^{-6}$ Kg/s

أس الأنضغاط :

المرحلة الأولى :

$n = 1.6$

المرحلة الثانية :

$n = 1.19$

الشغل البياني النظري :

المرحلة الأولى :

$\bar{W}_1 = 1.45$ Kw

المرحلة الثانية :

$\bar{W}_2 = 2.65$ Kw

فقد الحرارة :

المرحلة الأولى :

$Q_1 = -0.448$ Kw

المرحلة الثانية :

$Q_3 = 1.03$ Kw

فقد الحرارة بين المراحل :

بين المرحلة الأولى و الثانية :

$Q_2 = 0.71$ Kw

بين المرحلة الثانية و المستودع :

$Q_4 = 1.04$ Kw

زيادة المحتوى الحراري الإجمالي للهواء :

$Q_5 = 1.68$ Kw

الكفاءات :

ثابت درجة الحرارة البيانية :

$\eta_{iso} = 72\%$

ثابت درجة الحرارة الإجمالية :

$\eta_{iso(o/A)} = 40\%$

الميكانيكية لضاغط المرحلة الأولي :

$\eta_{mech/comp1} = 47.6\%$

الميكانيكية لضاغط المرحلة الثانية :

$\eta_{mech/comp2} = 83.9\%$

الميكانيكية لموتور المرحلة الأولى :

$\eta_{mech/Dyn1} = 77.2\%$

الميكانيكية لموتور المرحلة الثانية :

$\eta_{mech/Dyn2} = 92.4\%$

الضغط البيني الأفضل للحصول علي كفاءة قصوى :

$\bar{P}_2 = 348.7\ KN/m^2$

4-2- ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني : Two stages comp. With inter cooling

الدخل الكهربائي :

المرحلة الأولى :

$W_{E1} = 3\ Kw$

المرحلة الثانية :

$W_{E2} = 3.04\ Kw$

الخرج الميكانيكي للموتور :

المرحلة الأولى :

$W_{m1} = 2.94\ Kw$

المرحلة الثانية :

$W_{m2} = 2.9\ Kw$

قدرة الدخل للضاغط :

المرحلة الأولى :

$W_1 = 2.9\ Kw$

المرحلة الثانية :

$W_2 = 2.8\ Kw$

كمية الهواء المسحوب عبر الثقب حاد الحافة :

$d_o = 30\ mm$
$h_o = 19.2\ mm$
$T_A = 308\ k$
$P_A = 101.3\ KN/m^2$
$m_o = 2.8*10^{-6}\ Kg/s$

كمية الهواء المغادر عبر فوهة ألـــA I S :

$d_n = 25\ mm$
$h_n = 15\ mm$
$T_7 = 319.7K$
$P_3 = 1200\ KN/m^2$
$m_n = 2.74*10^{-6}\ Kg/s$

أس الأنضغاط :

المرحلة الأولى :

$n = 1.7$

المرحلة الثانية :

$n = 1.3$

الشغل البياني النظري :

المرحلة الأولى :

$\bar{W}_1 = 1.3$ Kw

المرحلة الثانية :

$\bar{W}_2 = 2.3$ Kw

فقد الحرارة :

المرحلة الأولى :

$Q_1 = -0.66$ Kw

المرحلة الثانية :

$Q_3 = 0.42$ Kw

فقد الحرارة بين المراحل :

بين المرحلة الأولى و الثانية :

$Q_2 = 1.8$ Kw

بين المرحلة الثانية و المستودع :

$Q_4 = 0.68$ Kw

زيادة المحتوى الحراري الإجمالي للهواء :

$Q_5 = 1.35$ Kw

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء في المبرد البيني :

$Q_6 = 0.76$ Kw

الكفاءات :

ثابت درجة الحرارة البيانية :

$\eta_{iso} = 80\%$

ثابت درجة الحرارة الإجمالية :

$\eta_{iso(o/A)} = 48\%$

الميكانيكية لضاغط المرحلة الأولي :

$\eta_{mech/comp1} = 44.8\%$

الميكانيكية لضاغط المرحلة الثانية :

$\eta_{mech/comp2} = 82.1\%$

الميكانيكية لموتور المرحلة الأولى :

$\eta_{mech/Dyn1} = 98\%$

الميكانيكية لموتور المرحلة الثانية :

$\eta_{mech/Dyn2} = 95.4\%$

الضغط البيني الأفضل للحصول علي كفاءة قصوى :

$\overline{P}_2 = 348.7\ KN/m^2$

4-3 ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بعدي : Two stages comp. With after cooling

الدخل الكهربائي :

المرحلة الأولى :

$W_{E1} = 3.4\ Kw$

المرحلة الثانية :

$W_{E2} = 3.3\ Kw$

الخرج الميكانيكي للموتور :

المرحلة الأولى :

$Wm1 = 3.2\ Kw$

المرحلة الثانية :

$Wm2 = 2.9\ Kw$

قدرة الدخل للضاغط :

المرحلة الأولى :

$W_1 = 3.1\ Kw$

المرحلة الثانية :

$W_2 = 2.8\ Kw$

كمية الهواء المسحوب عبر الثقب حاد الحافة :

$d_o = 30\ mm$
$h_o = 17.3\ mm$
$T_A = 309\ k$
$P_A = 101.3\ KN/m^2$
$m_o = 2.6*10^{-6}\ Kg/s$

كمية الهواء المغادر عبر فوهة الـI S A :

$d_n = 25\ mm$
$h_n = 13.3\ mm$
$T_7 = 314\ K$
$P_3 = 1200\ KN/m^2$
$m_n = 2.6*10^{-6}\ Kg/s$

أس الأنضغاط :

المرحلة الأولى :

$n = 1.6$

المرحلة الثانية :

$n = 1.2$

الشغل البياني النظري :

المرحلة الأولى :

$\bar{W}_1 = 1.6$ Kw

المرحلة الثانية :

$\bar{W}_2 = 2.5$ Kw

فقد الحرارة :

المرحلة الأولى :

$Q_1 = -0.52$ Kw

المرحلة الثانية :

$Q_3 = 1.02$ Kw

فقد الحرارة بين المراحل :

بين المرحلة الأولى و الثانية :

$Q_2 = 0.76$ Kw

بين المرحلة الثانية و المستودع :

$Q_4 = 2.7$ Kw

زيادة المحتوى الحراري الاجمالي للهواء :

$Q_5 = 0.13$ Kw

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء في المبردالبعدي :

$Q_7 = 0.89$ Kw

الكفاءات :

ثابت درجة الحرارة البيانية :

$\eta_{iso} = 70.7\%$

ثابت درجة الحرارة الأجمالية :

$\eta_{iso(o/A)} = 43.3\%$

الميكانيكية لضاغط المرحلة الأولي :

أس الأنضغاط :

المرحلة الأولى :

$n = 1.6$

المرحلة الثانية :

$n = 1.2$

الشغل البياني النظري :

المرحلة الأولى :

$\bar{W}_1 = 1.6$ Kw

المرحلة الثانية :

$\bar{W}_2 = 2.5$ Kw

فقد الحرارة :

المرحلة الأولى :

$Q_1 = -0.52$ Kw

المرحلة الثانية :

$Q_3 = 1.02$ Kw

فقد الحرارة بين المراحل :

بين المرحلة الأولى و الثانية :

$Q_2 = 0.76$ Kw

بين المرحلة الثانية و المستودع :

$Q_4 = 2.7$ Kw

زيادة المحتوى الحراري الاجمالي للهواء :

$Q_5 = 0.13$ Kw

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء في المبردالبعدي :

$Q_7 = 0.89$ Kw

الكفاءات :

ثابت درجة الحرارة البيانية :

$\eta_{iso} = 70.7\%$

ثابت درجة الحرارة الأجمالية :

$\eta_{iso(o/A)} = 43.3\%$

الميكانيكية لضاغط المرحلة الأولي :

$d_n = 25$ mm
$h_n = 15.7$ mm
$T_7 = 310.7K$
$P_3 = 1200$ KN/m^2
$m_n = 2.8*10^{-6}$ Kg/s

أس الأنضغاط :

المرحلة الأولى : $n = 1.7$

المرحلة الثانية : $n = 1.3$

الشغل البياني النظري :

المرحلةالأولى : $\bar{W}_1 = 1.4$ Kw

المرحلة الثانية : $\bar{W}_2 = 2.5$ Kw

فقد الحرارة :

المرحلة الأولى : $Q_1 = -0.55$ Kw

المرحلة الثانية : $Q_3 = 0.46$ Kw

فقد الحرارة بين المراحل :

بين المرحلة الأولى و الثانية : $Q_2 = 1.8$ Kw

بين المرحلة الثانية و المستودع : $Q_4 = 2.05$ Kw

زيادة المحتوى الحراري الاجمالي للهواء : $Q_5 = 0.12$ Kw

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء في المبرد البيني : $Q_6 = 0.7$ Kw

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء في المبرد البعدي : $Q_7 = 0.56$ Kw

الكفاءات :

ثابت درجة الحرارة البيانية :

η_{iso} =74%

ثابت درجة الحرارة الأجمالية :

$\eta_{iso(o/A)}$ =46.8%

الميكانيكية لضاغط المرحلة الأولي :

$\eta_{mech/comp1}$ =52%

الميكانيكية لضاغط المرحلة الثانية :

$\eta_{mech/comp2}$ =89.3%

الميكانيكية لموتور المرحلة الأولى :

$\eta_{mech/Dyn1}$ =96.6%

الميكانيكية لموتور المرحلة الثانية :

$\eta_{mech/Dyn2}$ = 87.9%

الضغط البيني الأفضل للحصول علي كفاءة قصوي :

$\overline{P}_2$ =348 .7 KN/m^2

5-0 عينة من الحسابات : Sample of calculations

5-1 ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني وبعدي : Two st. comp. With inter& after cooling

تم اختيار هذا الوضع لأخذه كنموذج للحسابات للحصول على معاملات الأداء للجهاز.
وقد تم أخذ القراءات كما هو موضح في الجدول رقم (4) فى ملحق الجداول تـــم أخـذ متوسط القراءات كما موضح بالصف رقم(4) في الجدول .

الضغط عند مدخل الضاغط الأول :

$$P_1 = P_A - \rho h_o$$

$$P_1 = 101.3*10^3 - 1.23*9.81*19*10^{-3} = 101.3 \ KN/m^2$$

المعدل الكتلي للهواء :

$$m` = P_1 V`/RT_1$$
$$= 101.3*0.7/0.287*310.7*60 = 0.0133 \ Kg/s$$

الشغل ثابت درجة الحرارة :

$$W_{iso} = m` RT_1 \ln P_3/P_1$$
$$= 0.0133*0.287*310.7 \ln 1200/101.3 = 2.9 \ Kw$$

أس الأنضغاط لضاغط المرحلة الأولي :

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{n-1/n}$$
$$456.7/310.7 = (250/101.3)^{n-1/n}$$
$$\ln 456.7/310.7 = (n-1/n) \ln (250/101.3)$$

$$n = 1.7$$

الشغل البياني النظري لضاغط المرحلة الأولى :

$$\bar{W}_1 = m`n/n-1 \ R(T_2-T_1)$$
$$= 0.0133 *1.7/0.7 *0.287(456.7-310.7) = 1.4 \ Kw$$

فقد الحرارة حول إسطوانة الضاغط الأول :

$$Q_1 = \bar{W}1 - m`Cp \ (T_2-T_1)$$
$$= 1.4-0.0133 *1.005(456.7-310.7) = -0.55 \ Kw$$

فقد الحرارة بين المرحلة الأولي والثانية :

$$Q_2 = m`Cp \ (T_2-T_3)$$
$$= 0.0133 *1.005(456.7-318.7) = 1.8 \ Kw$$

أس الإنضغاط لضاغط المرحلة الثانية :

$T_4/T_3 = (P_3/P_2)^{n-1/n}$

$471/318.7 = (1200/250)^{n-1/n}$

$\ln 471/318.7 = (n-1/n) \ln (1200/250)$

$n = 1.3$

الشغل البياني النظري لضاغط المرحلة الثانية:

$\bar{W}_2 = m`n/n-1\ R(T_4-T_3)$

$= 0.0133 * 1.3/0.3 * 0.287(471-318.7) = 2.5$ Kw

فقد الحرارة حول إسطوانة الضاغط الثاني:

$Q_3 = \bar{W}_2 - m`Cp(T_4-T_3)$

$= 2.5-0.0133 * 1.005(471-318.7) = 0.46$ Kw

فقد الحرارة بين المرحلة الثانية والمستودع :

$Q_4 = m`Cp(T_4-T_5)$

$= 0.0133 * 1.005(471-317.7) = 2.05$ Kw

زيادة المحتوي الحراري الإجمالي للهواء :

$Q_5 = m`Cp(T_5-T_A)$

$= 0.0133 * 1.005(317.7-309) = 0.12$ Kw

الدخل الكهربائي لموتور المرحلة الأولي :

$W_{E1} = 2.9$ Kw (قراءة مباشرة)

الدخل الكهربائي لموتور المرحلة الثانية :

$W_{E2} = IE = 225 * 14.5$

الخرج الميكانيكي لموتور المرحلة الأولي :

$W_{m1} = F_1N_1/K$

$K = 43.41$ (ثابت الموتور)

$W_{m1} = 82 * 1500/43.41 = 2.8$ Kw

الخرج الميكانيكي لموتور المرحلة الثانية :

$W_{m2} = F_2N_2/K$

$= 85 * 1500/43.41 = 2.9$ Kw

الدخل الميكانيكي لضاغط المرحلة الأولي :

$W_1 = 0.98W_{m1} = 0.98 * 2.8 = 2.7$ Kw

الدخل الميكانيكي لضاغط المرحلة الثانية :

$W_2 = 0.98W_{m2} = 0.98 * 2.9 = 2.8$ Kw

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء في المبرد البيني :

$$Q_6 = 4187_{m1} (T_9-T_8)$$
$$= 4187*7.3*10^{-6}(329-306) = 0.7 \text{ Kw}$$

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء في المبرد البعدي :

$$Q_7 = 4187_{m2} (T_{10}-T_8)$$
$$= 4187*7.8*10^{-6}(323-306) = 0.56 \text{ Kw}$$

المعدل الكتلي للهواء المسحوب :

$$m_o = 0.001232 d_o^2 \sqrt{h_o P_A/T_A}$$
$$= 0.001232*0.03^2 \sqrt{19*101.3/309} = 2.8*10^{-6} \text{ Kg/s}$$

المعدل الكتلي للهواء المغادر:

$$m_n = 0.00020102 d_n^2 \sqrt{h_n P_A/T_7}$$
$$m_n = 0.00020102*0.025 \sqrt{15.7*101.3/310.7} = 2.8*10^{-6} \text{ Kg/s}$$

كفاءة ثابت درجة الحرارة البيانية :

$$\eta_{iso} = W_{iso}/\overline{W}_1+\overline{W}_2 = 2.9/1.4+2.5 = 74\%$$

كفاءة ثابت درجة الحرارة الإجمالية :

$$\eta_{iso(O/A)} = W_{iso}/W_{E1}+W_{E2}$$
$$= 2.9/2.9+3.3 = 46.8\%$$

الكفاءة الميكانيكية لضاغط المرحلة الأولي:

$$\eta_{mech / comp\ 1} = \overline{W}_1/W_1$$
$$= 1.4/2.7 = 52\%$$

الكفاءة الميكانيكية لضاغط المرحلة الثانية:

$$\eta_{mech/comp2} = \overline{W}_2/W_2$$
$$= 2.5/2.8 = 89.3\%$$

الكفاءة الميكانيكية لموتور المرحلة الأولي :

$$\eta_{mech/Dyn1} = W_{m1}/W_{E1}$$
$$= 2.8/2.9 = 96.6\%$$

الكفاءة الميكانيكية لموتور المرحلة الثانية :

$$\eta_{mech/Dyn2} = W_{m2}/W_{E2}$$
$$= 2.9/3.3 = 87.9\%$$

الضغط البيني الأفضل للحصول علي كفاءة قصوي:

$$\overline{P}_2 = \sqrt{P_1 P_3} = \sqrt{101.3*1200} = 348.7 \text{KN/m}^2$$

الفصل السادس

6-0 تحليل النتائج المختبرية :-

بالنظر إلى كمية الحرارة المفقودة وإذا تمت المقارنة بين الوضع الرابع وهو وجود المبردين البيني والبعدي بالدائرة من ناحية والوضعين الثاني والثالث وهما وجود المبردالبيني والمبرد البعدي على التوالي من ناحية أخرى . نلاحظ تقارب كمية الحرارة المفقودة بين المرحلة الاولى والمرحلة الثانية في الوضعين الثاني والرابع وايضاً تقارب كمية الحرارة المفقودة بين المرحلة الثانية والمستودع فى الوضعين الثالث والرابع مما يدل على أن المبردات تعمل بصورة جيدة . ونلاحظ أيضاً تناقص قيمة المحتوى الحرارة الإجمالي للهواء تدريجياً بدخول المبردات إلى الدائرة حيث نجد أن أعلى قيمة له في الوضع الأول بدون تبريد وأقل قيمة له في الوضع الرابع بوجود المبردين.

ومن الملاحظ أيضاً أن كمية الهواء المسحوب عبر الثقب حاد الحافة وكمية الهواء المغادر عبر فوهة الـ I.S.A متساوية تقريباً في كل الأوضاع وهذا ناتج من الضبط الجيد لصمام تصريف الهواء الموجود في المستودع .

نلاحظ أنه تم الحصول على نتائج متقاربة في كل الأوضاع بالنسبة للشغل ثابت درجة الحرارة وذلك ناتج من ثبوت معظم القيم التي تم تعويضها في المعادلة التي يحسب منها . فمثلاً نجد أن الضغط الداخل للضاغط الأول متساوي في كل الأوضاع وكذلك ضغط التصريف مع ثبوت ثابت الهواء ومعدل انسياب الهواء ، والتغير الوحيد يوجد فى درجة الحرارة عند مدخل الضاغط الأول لكل وضع والتي عادة ما تكون أقرب لدرجة حرارة الغرفة لذلك فأن الاختلاف فيها طفيف جداً .

إذا نظرنا إلى القيم المأخوذة مباشرة من الواطميتر والحسابات للدخل الكهربائي نلاحظ الأتي :-

- في الوضع الأول ضاغط ذو مرحلتين بدون تبريد نجد أن الدخل الكهربائي للمرحلة الأولي أكبر من الدخل الكهربائي للمرحلة الثانية . وأيضاً ينطبق هذا القول على الوضع الثالث ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بعدى .
- أما في الوضع الثاني (ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني) والوضع الرابع (ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني وبعدى) فنجد العكس تماماً أي أن الدخل الكهربائي للمرحلة الثانية أكبر من الدخل الكهربائي للمرحلة الأولى .

وأما إذا نظرنا إلى الدخل الكهربائي للمرحلة الأولى في كل الأوضاع نجده ينقص من الوضع الأول إلى الوضع الثاني ثم يزداد عند الوضع الثالث ، وينقص مرة أخرى عند الوضع الرابع .

وإذا نظرنا للدخل الكهربائي للمرحلة الثانية في كل الأوضاع أيضاً نجده ينقص من الوضع الأول إلى الوضع الثاني ثم يزداد عند الوضع الثالث ويثبت كما كان عليه الوضع الثالث عند الوضع الرابع . وهنا نستنتج أن لدرجات الحرارة تأثير على الدخل الكهربائي بزيادة في التحميل أي زيادة التيار الكهربائي ، وبوجود التبريد تنقص درجات الحرارة وبالتالي ينقص الدخل الكهربائي .

بالنظر إلى قيم الخرج الميكانيكي للموتور المأخوذة من حسابات المعادلات نلاحظ عليها الأتي :-

- الخرج الميكانيكي للموتور للمرحلة الأولى أقل من الخرج الميكانيكي للموتور للمرحلة الثانية للوضع الأول (ضاغط ذو مرحلتين بدون تبريد) والوضع الرابع (ضاغط ذو مرحلتين تبريد بيني وبعدى) .
- أما الوضعين الآخرين فنجد العكس تماماً .
- وإذا نظرنا إلى قيم الخرج الميكانيكي للموتور للمرحلة الأولى في كل الأوضاع نلاحظ أنه ينقص من الوضع الأول إلى الوضع الثاني ثم يزداد عند الوضع الثالث وينقص في الوضع الرابع .
- أما إذا نظرنا إلى قيم الخرج الميكانيكي للموتور للمرحلة الثانية في كل الأوضاع نلاحظ أنه ينقص من الوضع الأولى إلى الوضع الثاني ثم يثبت كما كان عليه في الوضع الثاني عند الوضع الثالث والرابع .

ويعزى هذا التباين في قيم الخرج الميكانيكي للموتور لارتباطه بالدخل الكهربائي في معادلات الحسابات والذي كما أسلفنا الذكر أنه تؤثر عليه درجات الحرارة .

بالنظر إلى قيم قدرة الدخل للضاغط المأخوذة من حسابات المعادلات نلاحظ الأتي :-

- قدرة الدخل للضاغط في المرحلة الأولى أكبر من قدرة الدخل للضاغط في المرحلة الثانية وذلك في الوضع الأول والوضع الثاني والوضع الثالث ، أما الوضع الرابع فنجد العكس تماماً .
- أما إذا نظرنا إلى قيم قدرة الدخل للضاغط للمرحلة الأولى في كل الأوضاع نلاحظ إنها تنقص من الوضع الأول إلى الوضع الثاني ثم تزداد عند الوضع الثالث وتنقص مره أخرى عند الوضع الرابع .
- وإذا نظرنا إلى قيم قدرة الدخل للضاغط للمرحلة الثانية في كل الأوضاع نلاحظ أنها تنقص من الوضع الأول إلى الوضع الثاني ثم تثبت كما كانت عليه في الوضع الثاني عند الوضعين الثالث والرابع .

ويعزى هذا التباين في قيم قدرة الدخل للضاغط لأنها مرتبطة بالخرج الميكـــانيكي للموتـــور والذي هو أيضاً مرتبط بالدخل الكهربائي في معادلات الحسابات .

بالنظر إلى قيم الكفاءات نلاحظ الأتي :-

- عند الوضع الأول نلاحظ انخفاض نسبى في الكفاءات وذلك لعزل دائرتي التـــبريد مـــن الوحدة مما نتج عنه ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة وبالتالي انخفاض في الكفاءات .
- أما عند الوضع الثاني (وجود المبرد البيني ضمن الوحدة) نلاحظ ارتفـــاع نســبى فـــي الكفاءات مقارنة بالوضع الأول وذلك لمحافظة المبرد البينـــي لدرجـــات الحـــرارة بيـــن المرحلتين .
- وعند الوضع الثالث (وجود المبرد البعدي ضمن الوحدة) نلاحـــظ أن قيـــم الكفـــاءات تنخفض مقارنة بالوضع الثاني وترتفع مقارنة بالوضع الأول .
- وأما عند الوضع الرابع (وجود المبردين ضمن الوحدة) نلاحظ أن قيم الكفاءات ترتفـــع مقارنة بالأوضاع الثلاثة السابقة وذلك يعزى لدخول دائرتـــي التـــبريد ضمـــن الوحـــدة وبالتالي مما يحدث استقرار لدرجات الحرارة بين المراحل .

ومن هنا نستنتج أن لدرجات الحرارة تأثير واضح على قيم الكفاءات .

الفصل السابع

7-1 توصيات :-

من خلال القيام بعمل الاختبارات على الجهاز تم الحصول على بعض الملاحظات التي يمكن أن تؤدى إلى بعض القصور في عمل الجهاز على الوجه الأكمل لذلك نوصى :

1. توفير راسمتين بيانيتين وذلك للحصول على المخططات البيانية واستخراج البيانات منها ومقارنتها مع تلك التي تم الحصول عليها من المعادلات الحسابية .
2. تثبيت الثيرمومترات في أماكنها المخصصة لها على الجهاز بصورة دائمة وذلك لحمايتها من الكسر .
3. مراعاة القيام بالاختبارات دفعة واحدة وعدم توزيعها على فترات زمنية متباعدة وذلك لضمان أن الجهاز وصل إلى حالة استقرار مناسبة وبالتالي الحصول على قراءات صحيحة لمعاملات الأداء .
4. تغيير خط التبريد الداخل للجهاز إلى مواسير قلفنايز وذلك لان الخط الحالي يتكون من خراطيش وبها تسريب للمياه .
5. استخدام تاكوميتر يدوى لعدم وجود جهاز قياس السرعة الخاص بالوحدة .

2-7 خاتمة :-

نتمنى أن نكون قد وفقنا في إتمام هذا المشروع وتجهيز الوحدة بحيث يسهل استخدامها والاستفادة منها بصورة مرضية . وأن يكون تقريرنا هذا وافياً بالقدر المطلوب للاستفادة منـــه كدليل لاستخدام الوحدة .

وفى الختام نسأل المولى عز وجل أن يكون عوناً لنا فى تقديم مايمكن من تعميم الفائدة للجميع .

والله ولى التوفيق ::::

ملحق الجداول

	Air Pressure (KN/m²)		Air temperature (°C)								1st. Stage Dynamometer			2nd. Stage Dynamometer				Pressure difference (mm)		Water temperature (°C)			Water flow L/min	
	P_2	P_3	T_A	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	N_1 (r.p.m)	F_1 (N)	P (Kw)	N_2 (r.p.m)	F_2 (N)	I (A)	E (v)	h_o	h_n	T_8	T_9	T_{10}	m_1	m_2
1-	275	1200	32	35	174	120	228	152	43	38	1500	90	4	1500	90	15	225	13.5	10					
2-	275	1200	32	35	176	124	235	158	44	40	1500	90	4	1500	90	15	225	13.5	9.5					
3-	275	1200	32	36	179	126	239	151	47	42	1500	90	4	1500	90	15	225	13.5	7.5					
المعدل	275	1200	32	35.3	176.3	123.3	234.3	157	44.7	40	1500	90	4	1500	90	15	225	13.5	9					

جدول رقم (1)

ضاغط ذو مرحلتين بدون تبريد

	Air Pressure (KN/m²)		Air temperature (°C)								1st. Stage Dynamometer			2nd. Stage Dynamometer				Pressure difference (mm)		Water temperature (°C)			Water flow L/min	
	P_2	P_3	T_A	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	N_1 (r.p.m)	F_1 (N)	P (kw)	N_2 (r.p.m)	F_2 (N)	I (A)	E (v)	h_a	h_n	T_8	T_9	T_{10}	m_1	m_2
1-	250	1200	35	36	186	44	191	133	52	46	1500	85	3	1500	85	13.5	225	18.5	16	34	55		0.6	
2-	250	1200	35	37	182	46	185	136	53	47	1500	85	3	1500	85	13.5	225	19.5	15.5	34	55		0.5	
3-	250	1200	35	37	181	48	184	138	53	47	1500	85	3	1500	85	13.5	225	19.5	13.5	34	56		0.4	
المتوسط	250	1200	35	36.7	183	46	186.7	135.7	52.7	46.7	1500	85	3	1500	85	13.5	225	19.2	15	34	55.3		0.52	

جدول رقم (2)

ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني

	Air Pressure (KN/m²)		Air temperature (°C)								1st. Stage Dynamometer			2nd. Stage Dynamometer				Pressure difference (mm)		water temperature (°C)			water flow L/min	
	P_2	P_3	T_A	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	N_1 (r.p.m)	F_1 (N)	P (kw)	N_2 (r.p.m)	F_2 (N)	I (A)	E (v)	h_o	h_n	T_8	T_9	T_{10}	m_1	m_2
1-	300	1200	36	37	192	137	248	46	47	42	1500	93	3.4	1500	85	14.5	225	17.5	12	33		50		0.75
2-	300	1200	36	37	198	140	251	46	46	41	1500	93	3.4	1500	85	14.5	225	17.5	14.5	33		54		0.6
3-	300	1200	36	38	198	141	252	46	45	40	1500	93	3.4	1500	85	14.5	225	17	13.5	33		57		0.44
المتوسط	300	1200	36	37.3	196	139.3	250.3	46	46	41	1500	93	3.4	1500	85	14.5	225	17.3	13.3	33		54.3		0.6

جدول رقم (3)

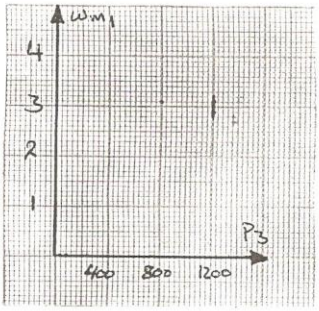
ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني

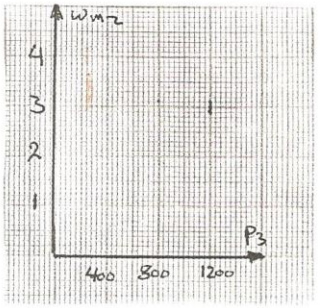
	Air Pressure (KN/m^2)		Air temperature (°C)								1st. Stage Dynamometer			2nd. Stage Dynamometer				Pressure difference (mm)		water temperature (°C)			water flow L/min	
	P_2	P_3	T_A	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	N_1 (r.p.m)	F_1 (N)	P (Kw)	N_2 (r.p.m)	F_2 (N)	I (A)	E (v)	h_o	h_n	T_8	T_9	T_{10}	m_1	m_2
1-	250	1200	36	38	186	48	201	43	42	38	1500	82	2.9	1500	85	14.5	225	19	15	33	56	49	0.46	0.51
2-	250	1200	36	37	183	43	198	46	45	38	1500	82	2.9	1500	85	14.5	225	19	15.5	33	56	50	0.44	0.46
3-	250	1200	36	38	182	46	195	46	40	37	1500	82	2.9	1500	85	14.5	225	19	16.5	33	56	51	0.43	0.44
المتوسط	250	1200	36	37.7	183.7	45.7	198	44.7	42.7	37.7	1500	82	2.9	1500	85	14.5	225	19	15.7	33	56	50	0.44	0.47

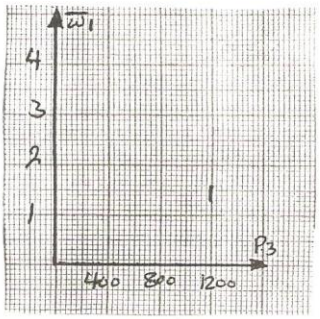
جدول رقم (4)

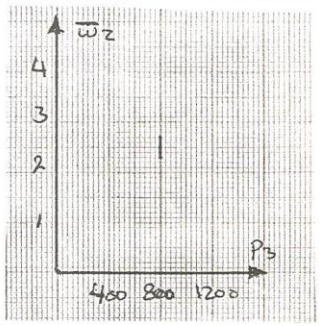
ضاغط ذو مرحلتين بتبريد بيني وبدون

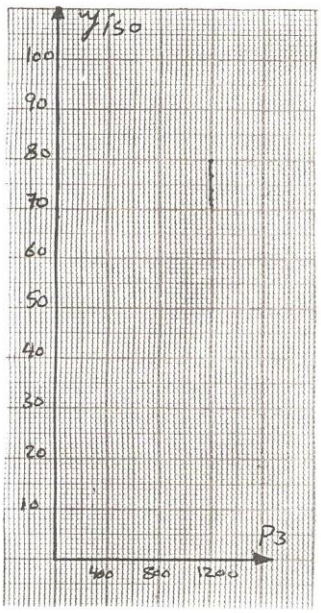
ملحق الرسومات البيانية

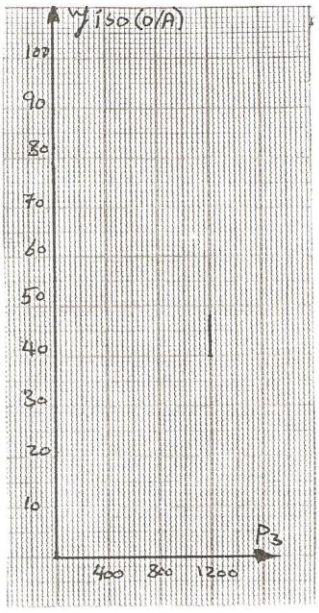

w_{m1}
4
3
2
1
P_3
400
800
1200

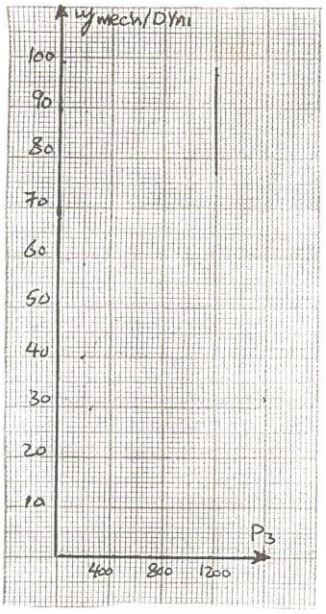

w_{m2}
4
3
2
1
P_3
400
800
1200

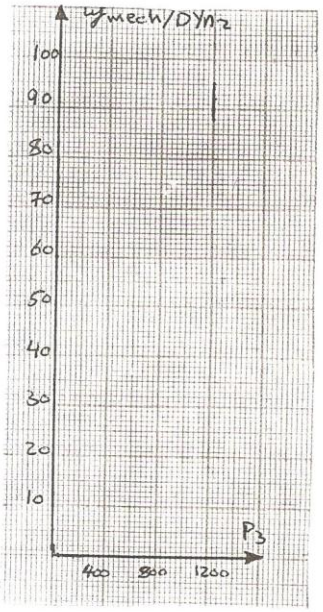

$\bar{w}_1$
4
3
2
1
P_3
400
800
1200

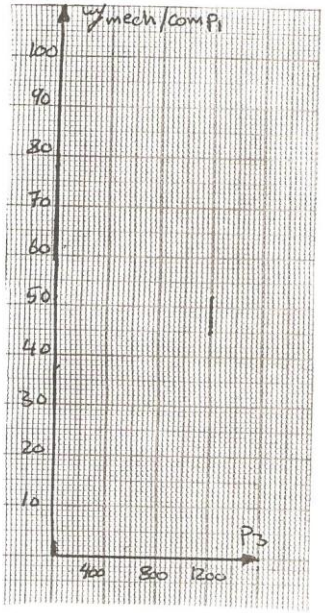

$\bar{w}_2$
4
3
2
1
P_3
400
800
1200

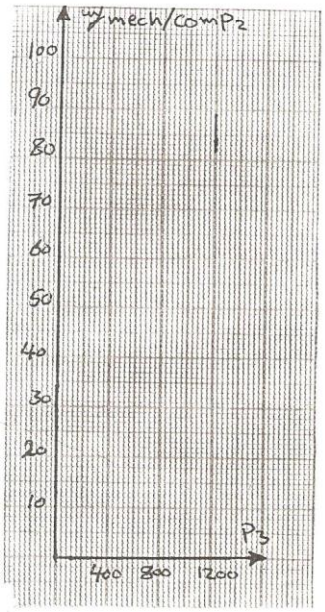

w_{ISO}
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
P_3
400
800
1200


$w_{ISO(O/A)}$
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
P_3
400
800
1200

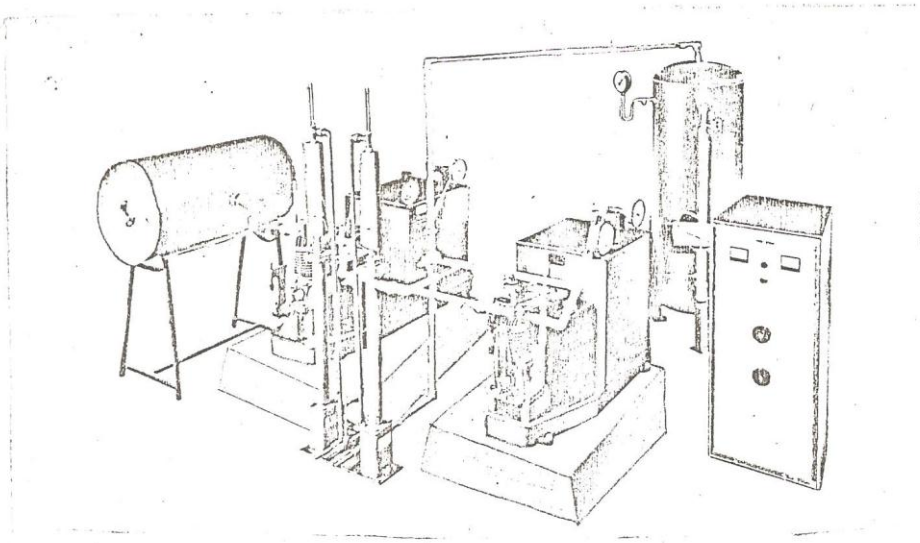

ηmech/DYn1
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
P3
400
800
1200


ηmech/DYn2
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
P3
400
800
1200


ηmech/comP1
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
P3
400
800
1200

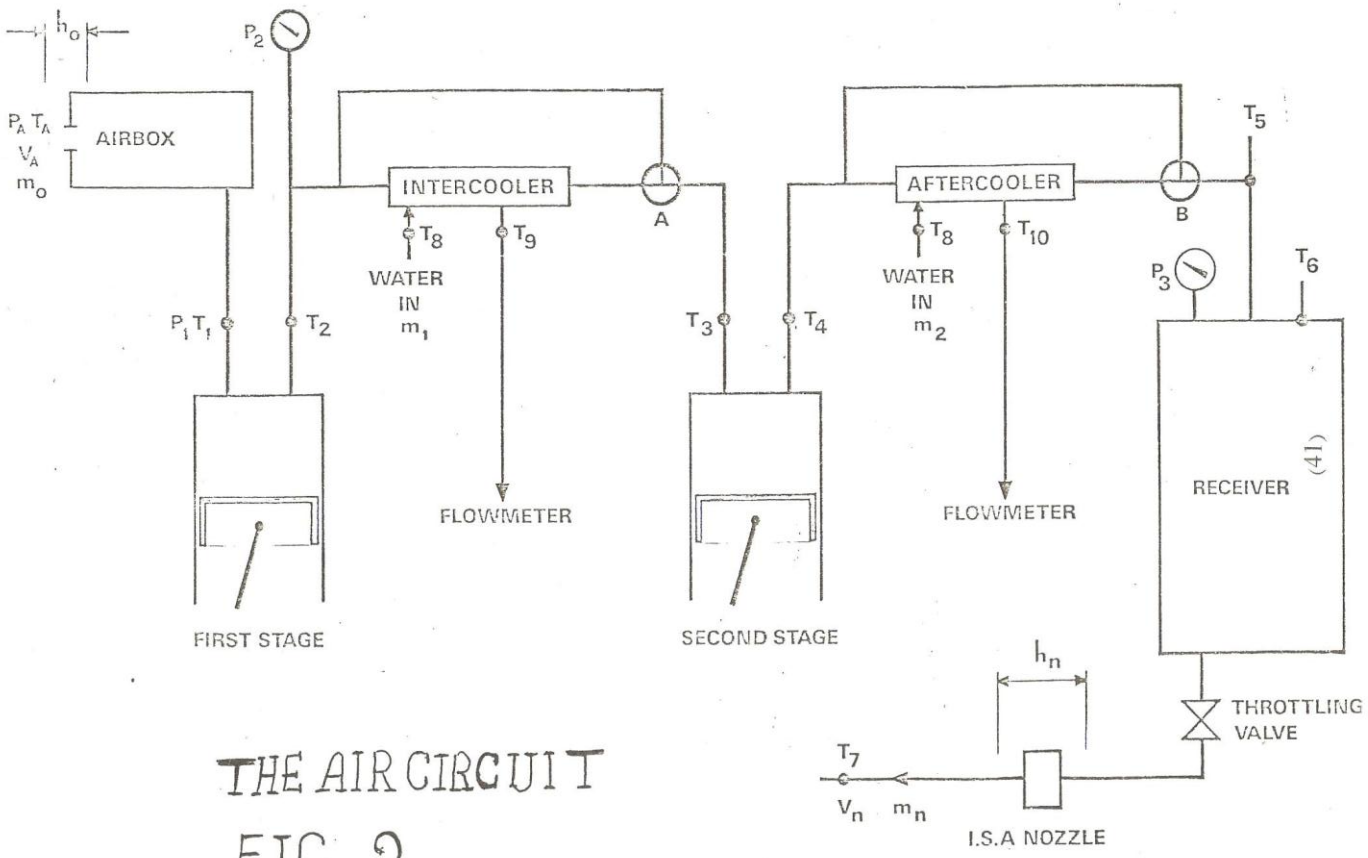

ηmech/comP2
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
P3
400
800
1200

ملحق الرسومات التوضيحية



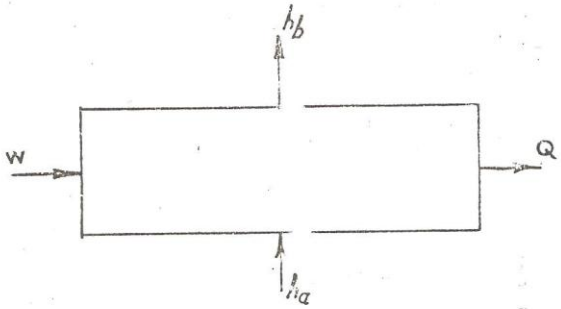
TWO STAGE AIR COMPRESSOR TEST SET

FIG.1

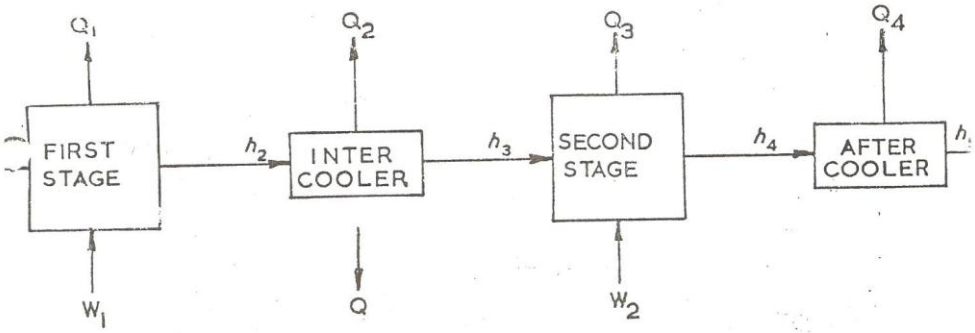


THE AIR CIRCUIT

FIG. 2



(a) SIMPLIFIED



(b) TWO STAGE COMPRESSION

THERMODYNAMIC SYSTEMS

FIG. 3

References

المراجع

1\ Engineering Thermodynamic
By: D.B.Spalding & E.H.Cole

2\ Applied Thermodynamic
By: R.S.Khurmi

3\ الثيرموديناميكا الحرارية
تأليف : فلاديمير ناشوكين