

تحسين أداء محركات الاحتراق الداخلي باستخدام تقنية الخزن الحراري

رائد رشاد جاسم

مدرس مساعد

قسم الهندسة الميكانيكية - جامعة تكريت

الخلاصة

يهدف البحث إلى السيطرة على درجة حرارة الشحنة الداخلة إلى محركات الاحتراق الداخلي وإبقائها ضمن مدى معين مما يحسن أداءها.

تم في هذا البحث العمل على محرك يعمل بالبنزين رباعي الأشواط ، واخذ بيانات عملية منه شملت درجة حرارة غاز العادم والتدفق الكتلي لكل من الهواء المستهلك والوقود. ثم بعد ذلك استخدام هذه البيانات في معادلات نظرية لمبادل حراري تم فرض أبعاده للسيطرة من خلاله على درجة حرارة الشحنة (الهواء والوقود) الداخلة الى المحرك.

أثبتت النتائج انه من الممكن السيطرة على درجة حرارة الشحنة الداخلة الى المحرك من خلال السيطرة على السرعة الدورانية للمبادل حسب درجة حرارة المحيط. فعند درجتي حرارة المحيط (5°C) و (10°C) يجب ان تكون السرعة الدورانية للمبادل مساوية لـ (10 RPM). اما عند درجات حرارة المحيط ($20, 30, 40^{\circ}\text{C}$) فيجب ان تكون سرعة المبادل ضمن المديات ($3 - 10 \text{ RPM}$) و ($5.5 - 3 \text{ RPM}$) و ($1 - 2 \text{ RPM}$) على التوالي. وذلك لضمان بقاء درجة حرارة الشحنة ضمن المدى المطلوب.

الكلمات الدالة

الخزن الحراري، محركات الاحتراق الداخلي، المبادل الحراري الدوار

الرموز المستخدمة		
الرمز	المعنى	الوحدة
ζ	الطول المحوري اللابعدى	-
η	زمن الدورة اللابعدى	-
\dot{m}	التدفق الكتلي	kg/s
C_p	الحرارة النوعية بثبوت الضغط	kJ/kg °C
I_o	دالة (Bessel) المحورة من للدرجة صفر	
N	السرعة الدورانية للمحرك	RPM
t	درجة الحرارة	°C

الرموز التحتية

a	الهواء	
ex	غاز العادم	
f	أي من المائعين (غاز العادم أو الهواء)	
fu	الوقود	-
m	معدن المبادل	
mix	خليط الهواء والوقود (الشحنة)	-

المقدمة

إن مسألة الطاقة المستهلكة ورفع كفاءة الأجهزة المستخدمة أكثر ما شغل ويشغل الباحثين وخاصة في ما يتعلق بمحركات الاحتراق الداخلي. فقد دأب الكثير منهم لرفع كفاءة المحركات بطرق عدة. بهدف التقليل من صرف الوقود المستخدم فيها اعتماداً على العوامل المؤثرة على أداء المحركات. ومن هذه العوامل درجة حرارة الشحنة (مزيغ الوقود والهواء) الداخلة إلى غرفة الاحتراق لما لهذه الدرجة من دور مهم في حصول عملية احتراق تامة داخل غرفة الاحتراق. إذ قام الباحث التميمي^[1] بدراسة تأثير درجة حرارة الشحنة على أداء محرك وانكل حيث استخدم الباحث مسخنات كهربائية مبروطة داخل حاوية في مجرى تيار الهواء الداخل إلى المبخرة و استنتج الباحث ان التبخر للوقود بواسطة

تسخين الهواء في مجرى الدخول طريقة فعالة لتوليد خليط متجانس وضمان حصول احتراق تام. كما ان الباحث Naim^[2] درس فكرة إيجاد محرك احتراق داخلي ذو كفاءة حرارية عالية ونسبة انبعاثات منخفضة من خلال خاصية المواد المسامية في خزن الحرارة الناتجة من الاحتراق، وذلك عن طريق امتصاص جزء من الطاقة الحرارية في غاز العادم الناتج عن احتراق الوقود خلال شوط الاحتراق، ليتم تزويد الشحنة الداخلة بجزء من هذه الطاقة خلال شوط السحب وبذلك تسهم في خفض القيمة القصوى لدرجة حرارة الدورة وهذا يؤثر ايجابا على تركيز الملوثات. اما الباحث موسى^[3] فقد قام بدراسة تأثير درجة حرارة الشحنة الداخلة على أداء وملوثات محرك احتراق داخلي أحادي الاسطوانة رباعي الأشواط يعمل بالبنزين مع استخدام جهاز تكييف للتحكم بدرجة حرارة هواء الاحتراق الداخل ضمن المدى $^{\circ}\text{C}$ (10-70). وكانت خلاصة الدراسة ان جوانب اقتصادية وبيئية مشجعة جدا للعمل بنظام التسخين ضمن حدود $^{\circ}\text{C}$ (40-50) للشحنة الداخلة.

بالنظر لما سبق فان فكرة البحث الحالي تتلخص في إمكانية السيطرة على درجة حرارة الشحنة الداخلة الى غرفة الاحتراق وإبقائها ضمن مدى محدد $^{\circ}\text{C}$ (40-50) من خلال استخدام تقنية الخزن الحراري في المبادلات الدوارة.

المبادل

المبادل الحراري الدوار عبارة عن شكل اسطواني يحوي مجموعة صفائح متوازية يجري خلالها المائع سواء كان الهواء او غاز العادم الخارج. ان المبادل الدوار يوضع بين مجرى غاز العادم ومجرى الهواء الداخل شكل (1)، حيث تقوم الصفائح بامتصاص الحرارة من غاز العادم خلال مرورها بمجرى غاز العادم الساخن حيث تزود الهواء البارد بهذه الحرارة خلال مرورها بمجرى الهواء، وذلك خلال عملية الدوران للمبادل بين المجرئين. الجدول (1) يبين تفاصيل المبادل المستخدم في هذا البحث. اما ما يخص طرق الحل او المعادلات المستخدمة فهناك عدة طرق، منهم من استخدم الحل النظري ومنهم من استخدم الحل العددي كالباحث Jasim^[4] ومنهم من استخدم الحل العددي والنظري معا وقارن بينهما كما فعل الباحث Alwan^[5]. اما الباحث إبراهيم^[6] فقد استعمل نماذج عملية مطبقا عليها الحل العددي ايضا. أما في هذا البحث فقد تم اعتماد الحل النظري المستخدم من قبل الباحث Alwan^[5] والذي اعتبر فيه المبادل الدوار مجموعة من صفائح رقيقة متوازية ومتماثلة يجري حولها

المائع الساخن أو البارد. حيث توصل الباحث الى معادلتين رئيسيتين تم استخدامهما في هذا البحث وهي كالآتي:

$$t_f = t_{f1} - (t_{f1} - t_{m1}) \int_0^{\zeta} \exp[-(\zeta + \eta)] I_0(2\sqrt{\zeta\eta}) d\zeta \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$t_m = t_{m1} + (t_{f1} - t_{m1}) \int_0^{\eta} \exp[-(\zeta + \eta)] I_0(2\sqrt{\zeta\eta}) d\eta \quad \dots\dots\dots(2)$$

تستخدم المعدلة (1) لإيجاد درجة حرارة الخروج لكل من الهواء وغاز العادم، والمعادلة (2) لإيجاد درجة حرارة معدن المبادل عند نهايته. باستخدام برنامج حاسوبي بلغة بيסק معد لهذا الغرض يعتمد التكرار الى ان يصل إلى حالة الاستقرار.

حيث (t_{f1}) تمثل درجة حرارة الهواء او غاز العادم لحظة الدخول الى المبادل و (t_{m1}) درجة الحرارة الابتدائية لمعدن المبادل

اعتمد الباحث^[5] طريقة (Simpson's) لتكامل المعادلتين (1) و(2) من خلال برنامج فرعي ضمن البرنامج الرئيسي للحل.

المحرك المستخدم

تم استخدام محرك يعمل بالبنزين (TD110) رباعي الأشواط أحادي الاسطوانة كما هو موضح في شكل (2). كما ان مواصفات المحرك الرئيسية موضحة في جدول (2).

أجهزة القياس

تم استخدام جهاز فحص معاملات الأداء من النوع الهيدروليكي (hydraulic dynamometer). كما تم اخذ القراءات للمحرك والتي سجلت من لوحة القياس شكل (3) بعد الوصول الى حالة الاستقرار التي تضم عدة مقاييس هي مقياس السرعة الدورانية للمحرك و العزم الناتج منه و درجة حرارة غاز العادم الخارج وكذلك تدفق الوقود المستهلك والذي يتم حسابه عن طريق حساب زمن استهلاك حجم معين مثبت في لوحة القياس، أما الهواء المستهلك فيقاس من خلال قياس فرق الضغط بين نقطتين في مجرى الهواء اعتمادا على مانومتر مائل مثبت في لوحة القياس.

طريقة إجراء الاختبارات

تم تشغيل المحرك بنسبة خلط معتدلة لحين الوصول لحالة الاستقرار عند سرعة دورانية محددة للمحرك ومن ثم اخذ القراءات المطلوبة من لوحة القياس والتي تشمل معدل التدفق الكتلي لكل من الهواء و الوقود وكذلك درجة حرارة غاز العادم الخارج من المحرك ($t_{ex}, \dot{m}_f, \dot{m}_a$). يتم تكرار هذه العملية لعدة سرع دورانية للمحرك ولدرجات حرارة مختلفة للمحيط. ويبين الجدول (3) نموذج من القراءات المسجلة من المحرك عند درجة حرارة للمحيط مساوية لـ (20°C).

طريقة الحساب

تم في عملية الحساب إدخال البيانات المسجلة من المحرك في برنامج حاسوبي ليتم منه حساب درجة حرارة الهواء الخارج من المبادل من خلال المعادلة (1). بعدها يتم حساب درجة حرارة الشحنة من خلال معادلة التوازن بين الهواء والوقود من جهة وبين الشحنة الناتجة عن خلطيهما معا في المبخرة من جهة أخرى شكل (1) وكالاتي:

(3).....

النتائج والمناقشة

بعد استكمال النتائج تم رسم حساب درجات حرارة الشحنة الداخلة الى غرفة الاحتراق مع السرعة الدورانية للمبادل ولعدة قيم من السرعة الدورانية للمحرك ولمختلف القيم من درجات حرارة المحيط.

فالشكل (4) يبين تغير درجة حرارة الشحنة الداخلة مع السرعة الدورانية للمبادل عند درجة حرارة للمحيط مساوية لـ (5°C). يبين الشكل ان درجة حرارة الشحنة تكون ضمن المدى المطلوب اذا كانت السرعة الدورانية للمبادل لا تقل عن (6RPM) عند سرعة (3000RPM) للمحرك، في حين انها تكون كذلك عندما تكون سرعة المبادل مساوية لـ (10 RPM) وعند سرعة (1500RPM) للمحرك وهي بين هاتين القيمتين عند سرعتين (2000) و (2500RPM).

كما ان سرعة المبادل في الشكل (5) يجب الا تقل عن (9RPM) عند سرعة (1500RPM) للمحرك وعن (5RPM) عند سرعة (3000RPM)، وذلك لضمان بقاء درجة حرارة الشحنة ضمن المدى المطلوب.

اما الشكل (6) فيبين انه اذا كانت سرعة المحرك (1500 RPM) فيجب أن لا تقل سرعة المبادل عن (5 RPM) وعن (3RPM) عند سرعة (3000 RPM) للمحرك. من الأشكال الثلاث

السابقة نلاحظ عدم تجاوز درجة حرارة الشحنة الحد الأعلى من المدى المطلوب (50°C) كما يحصل في النتائج عند وصول درجة حرارة المحيط إلى (30°C) حيث تتجاوز درجة حرارة الشحنة الحد الأقصى من المدى ويمكن ملاحظة ذلك من شكل (7) حيث تكون سرعة المبادل ضمن مدى يتراوح بين ($10\text{RPM}-3$) و ($5.5\text{RPM}-2$) عند (1500RPM) و (3000RPM) على التوالي لضمان تحقيق المدى المطلوب وعدم تجاوز درجة حرارة الشحنة الحد الأقصى من المدى، وهذا الكلام ينطبق على النتائج عند درجة حرارة المحيط مساوية لـ (40°C) شكل (8). حيث يتراوح مدى سرعة المبادل بين ($3\text{RPM}-1$) عند سرعة 1500 للمحرك و ($2\text{RPM}-1$) عند سرعة 3000 للمحرك.

الاستنتاجات والتوصيات

من خلال نتائج البحث يمكن الاستنتاج انه يمكن استغلال هذه التقنية للمحافظة على مدى معين من درجات حرارة الشحنة الداخلة الى المحرك لضمان عمله بكفاءة جيدة إضافة الى انخفاض انبعاثاته.

أما توصيات البحث فتمثل في تصنيع نموذج عملي وربطه مع المحرك لدراسة البحث عمليا ومقارنته مع النتائج النظرية للتأكد من ضمان ايجابية الفكرة بالنسبة للمحركات.

المصادر

- 1- كريم التميمي، "دراسة تأثير درجة حرارة الهواء الداخل على أداء المحرك دوار وانكل"، رسالة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية، 2001.
- 2- Naim H. Afgan and Maria G. Carvalho, "Low NOx Combustion Chamber for Internal Combustion Engine", Institution Superior Tecnico, Mech. Eng. Dep., Lisbon, Portugal, 2000.
- 3- موسى مصطفى ويس، "دراسة تأثير درجة حرارة الشحنة الداخلة على أداء وملوثات محرك احتراق داخلي يعمل بالشرارة"، رسالة ماجستير، جامعة تكريت، 2005.
- 4- R. R. Jasim , " The Qualitative and Quantitative Enhancement of Baji Power Station Combustion Air", M. Sc. Thesis, Tikrit Univ, 2001.

5- ALWan , "Modeling of Rotating Regenerative Heat Pack", M. Sc. Thesis, Baghdad Univ. 1995.

6- ابراهيم ثامر، "دراسة امكانية رفع كفاءة مسخن هواء الاحتراق المستخدم في محطات توليد الطاقة الكهربائية"، اطروحة ماجستير، جامعة تكريت، 2004.

جدول رقم (1) تفاصيل المبادل المفروض في البحث.

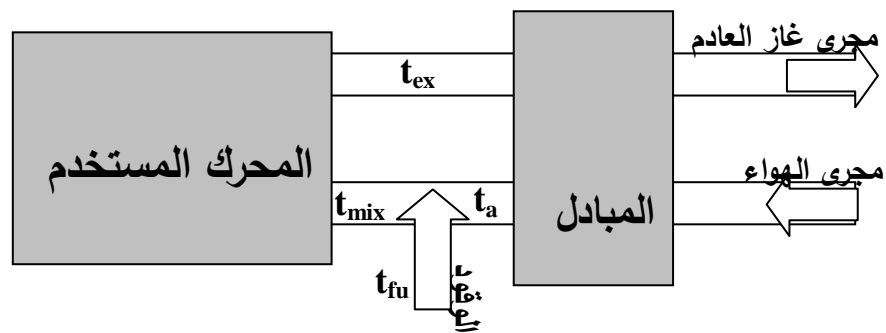
سمك الصفائح	مساحة مقطع الجريان	القطر الهيدروليكي	الوزن	نوع المعدن	الطول المحوري	قطر المبادل
0.5 mm	62 cm ²	6 mm	30 kg	CU	40 cm	10 cm

جدول (2) مواصفات المحرك

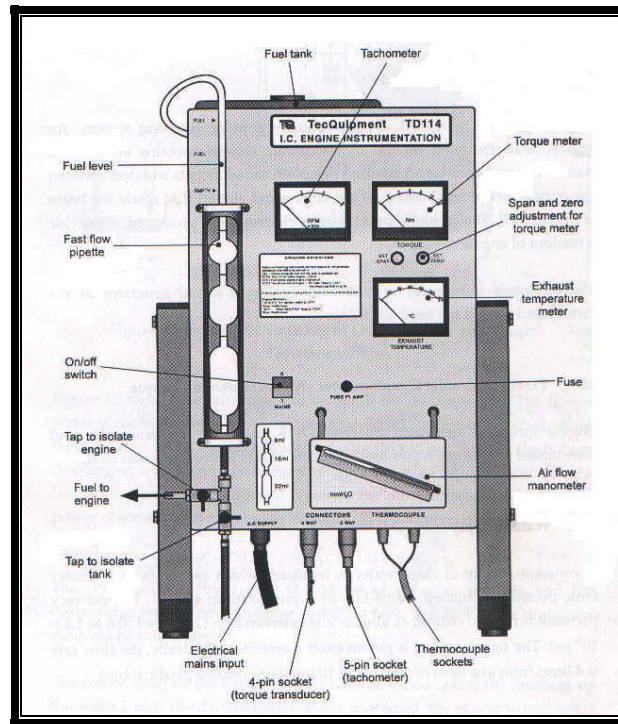
القدرة العظمى	السرعة القصوى	الكفاءة الميكانيكية	نسبة النضغاط	سعة المحرك	قطر المكبس	عدد الاشواط
3.7kW	3600 RPM	%81	6:1	199.6 C.C.	66.96 mm	اربعة

جدول رقم (3) نموذج للقراءات المأخوذة من المحرك عند درجة حرارة المحيط مساوية لـ (20 °C)

m_a (kg/sec)	m_f (kg/sec)	t_{ex} (°C)	N(RPM)
9.08	0.605	640	1500
11.68	0.780	750	2000
14.06	0.94	860	2500
16.7	1.11	935	3000



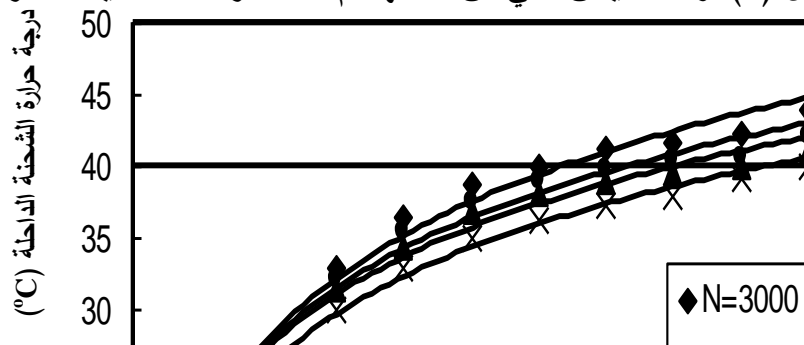
شكل (2) المحرك المستخدم



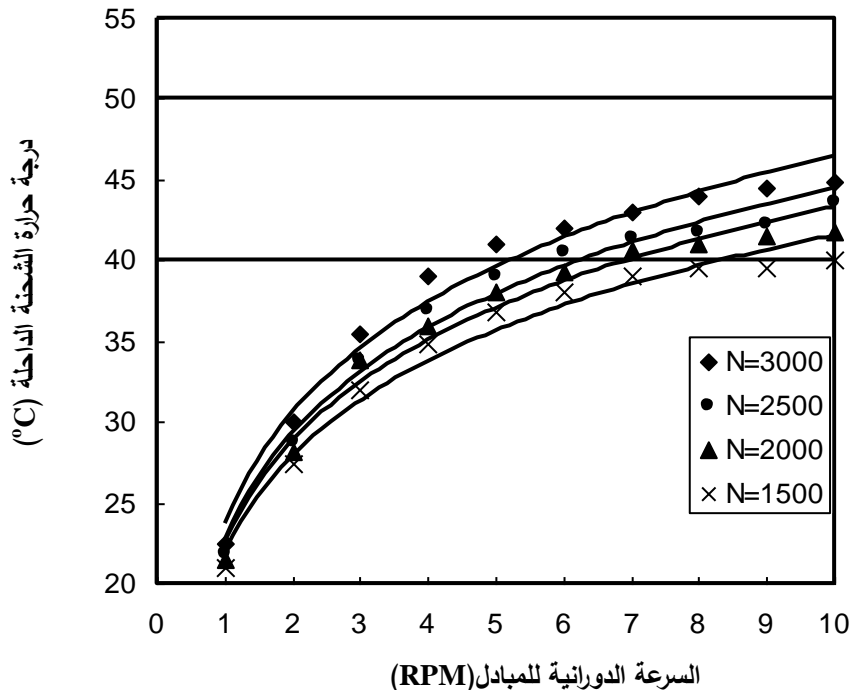
(73-70)

70

شكل (3) لوحة القياس التي من خلالها تم اخذ القراءات العملية للمحرك



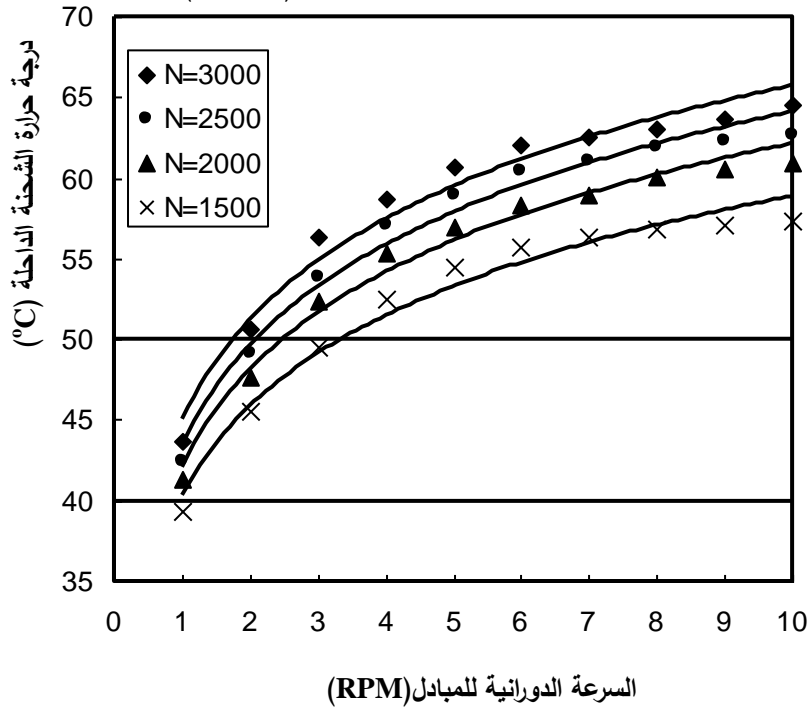
شكل (4) تغير درجة حرارة الشحنة مع السرعة الدورانية للمبادل ولعدة قيم من سرعة المحرك وعند درجة حرارة (5°C) للمحيط.



شكل (5) تغير درجة حرارة الشحنة مع السرعة الدورانية للمبادل ولعدة قيم من سرعة المحرك وعند درجة حرارة (10 °C) للمحيط.



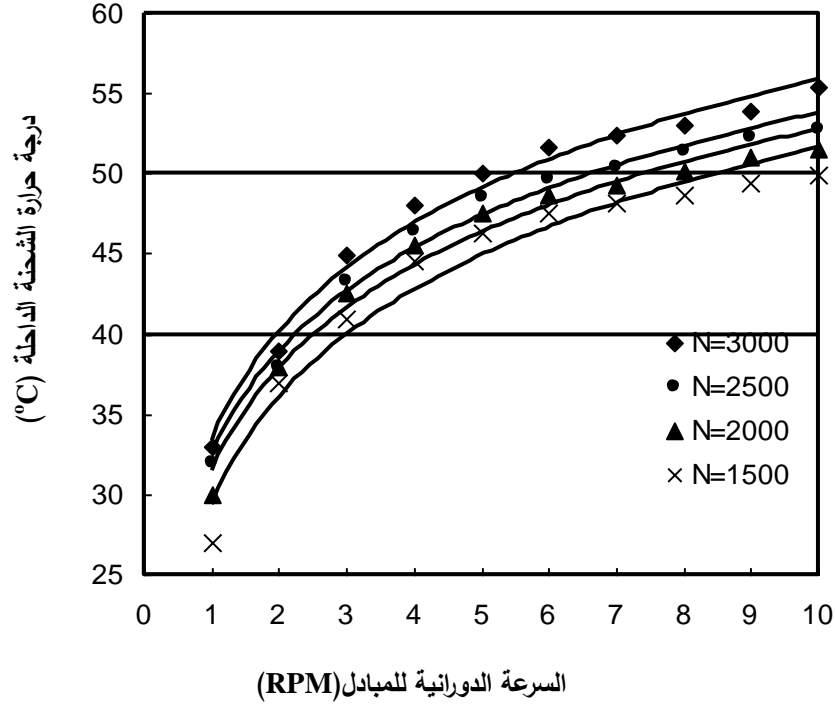
شكل (6) تغير درجة حرارة الشحنة مع السرعة الدورانية للمبادل ولعدة قيم من سرعة المحرك وعند درجة حرارة (20 °C) للمحيط.



(73-72)

72

شكل (7) تغير درجة حرارة الشحنة مع السرعة الدورانية للمبادل ولعدة قيم من سرعة المحرك وعند درجة حرارة (30 °C) للمحيط



شكل (8) تغير درجۃ حرارۃ الشحنة مع السرعة الدورانية للمبادل ولعدة قيم من سرعة المحرك وعند درجۃ حرارۃ (40 °C) للمحيط.

PERFORMANCE ENHANCEMENT OF THE I.C. ENGINE BY USING THERMAL STORAGE TECHNIQUE

**Raid Rashad Jasim
Assistant Lecturer
Mech. Eng. Dept. -University of Tikrit**

The project of this work is to control the temperature of mixture which enters to the I.C.E. and keeping it within a certain range which enhance its performance.

Four stroke, Engine working with benzene as a fuel was used. Experimental data were taken included the exhaust temperature and the flow rate of both air and fuel. These data were formulated by using suitable theoretical relations for heat exchanger. The dimensions of the exchanger were assumed to control the inlet mixture temperature.

The results proved that, it is possible to control the entering mixture temperature which enters to the I.C.E. by controlling to the speed of rotary exchanger. The results were that, at the temperatures of the environment 5°C and 10°C it was prove that the RPM of the exchanger should be 10 RPM, also at the environment temperatures 20,30, and 40°C ,the rotation speed should be within the ranges (3-10),(2-5.5) and (1-2) RPM respectively. In order to guarantee staying the entering mixture temperature within, the required range.

KEYWORDS

Thermal Storage, I.C. Engine, Rotary Heat Exchanger