دراسة عملية لتأثير العدد الاوكتاني على أداء محركات الإشعال بالشرارة

د. محمد حسن عبود الموسوي
قسم الهندسة الميكانيكية –جامعة تكريت

الخلاصة

يهدف البحث الحالي الى دراسة عملية لتأثير العدد الاوكتاني على اداء محرك الإشعال بالشرارة.

شملت الدراسة نماذج من الوقود بعدد اوكتاني (90,85,80,75,70) تم تحضيرها في مختبرات البحوث والسيطرة النوعية لشركة مصافي الشمال /بيجي باستخدام محرك قياسي (CFR).

أجريت الاختبارات باستخدام محرك رباعي الأشواط نوع (TD110) أحادي الاسطوانة ذو نسبة انضغاط (1:6) مربوط الى داينموميتر هيدروليكي نوع (TD115) .

لقد تبين أن استخدام الوقود ذو العدد الاوكتاني (70و75) له مشاكل في بداية التشغيل والتعجيل تمثلت في صعوبة الإدارة وتأخير فترة التسخين علاوة عل الطرق للوصول الى حالة الاستقرار.

أظهرت النتائج أن هناك تحسن في معاملات الأداء للمحرك تبعا لزيادة العدد الاوكتاني ويبرز التحسن واضحا عند المقارنة بين نتائج النموذجين (70و90) وكما يلي :

عند سرعة 2800 دورة في الدقيقة يزداد عزم المحرك والكفاءة الحرارية المكبحية بنسبة 9.75% و12.48%على التوالي. بينما عند سرعة 3400 دورة في الدقيقة تزداد القدرة المكبحية ودرجة حرارة العادم بنسبة 8.97%و3.7% على التوالي .اما الاستهلاك النوعي المكبحي للوقود فينخفض بنسبة 15% عند سرعة 2800 دورة في الدقيقة.

الكلمات الدالة

العدد الاوكتاني , معاملات الأداء , محرك الإشعال بالشرارة

قائمة الرموز

الرمز	التعريف	الوحدة
N	عدد دورات المحرك في الدقيقة	R.P.M
T	عزم المحرك	N.m
m_f	المعدل الكتلي لاستهلاك الوقود	gm/hr
ρ_f	كثافة الوقود	Kg/ℓ
υ_f	المعدل الحجمي لاستهلاك الوقود	ℓ/hr
P_B	القدرة المكبحية للمحرك	kw
ζ_{Bth}	الكفاءة الحرارية المكبحية	%
Q_{HV}	القيمة الحرارية للوقود	Kj/kg
ζc	كفاءة الاحتراق	%

المقدمة

تعتمد عملية تقييم محركات الاحتراق الداخلي على أساس معاملات الأداء التي تشمل:القدرة والعزم والاستهلاك النوعي للوقود وغيرها. إن معاملات الأداء هذه تعتمد على العوامل التصميمية(حجم المحرك ونسبة الانضغاط وعدد صمامات الإدخال والإخراج وموقع شمعة القدح ومنظومة الإشعال و غيرها) والعوامل التشغيلية للمحرك تشمل الحمل والسرعة ودرجة حرارة الهواء الداخل ونسبة الهواء إلى الوقود ونوعية الوقود المستخدم الذي سيؤثرعلى عملية خلط الوقود مع الهواء وخاصة في محركات الإشعال بالشرارة وبالتالي تأثير ذلك على عملية الاحتراق وانتشار اللهب وسرعة الاحتراق ومقاومة الدق والإشعال الذاتي (Self Ignition).

الجانب النظري

يعتبر الوقود البترولي(Gasoline Fuel) من أكثر أنواع الوقود استخداما في محركات الإشعال بالشرارة والذي هو عبارة عن خليط لأنواع مختلفة من الهيدروكاربونات مثل البارافينات و الاليفينات والنفثيات والعطريات. وتختلف مكوناته باختلاف مصدر النفط الخام وحسب عمليات التصفية والمضافات الكيمياوية[1].

يصنف الوقود البترولي اعتمادا على عدة مواصفات قياسية منها :. نسبة التبخر في درجات الحرارة المختلفة وكمية الاثيلات المضافة والمحتوى الكبريتي والعدد الاوكتاني الذي يعتبر الأكثر تأثيرا لمستوى اداء وقود محركات الإشعال بالشرارة مقارنة بمن سبقه او يصنف اعتمادا على الضغط البخاري والتطايرية وهذه لها علاقة بموسم الاستخدام الشتاء اوالصيف .

ان المقياس الذي وضع من قبل كراهام ادكار(Graham Edgar) سنة (1926) يعبر عن العدد الاوكتاني ويتم ذلك بأخذ احد المركبات الهيدروكاربونية ذات المقاومة العالية للفرقعة وبالتحديد الايزو_اوكتان (C_8H_{18}) Iso-octane وأعطي له العدد مئة. ثم اختير الهبتان الاعتيادي (C_7H_{16}) n-Heptane والمتميز بقابليته العالية للفرقعة وأعطي له العدد صفر .ويقع العدد الاوكتاني لأي خليط من المركبين المذكورين بين الصفر والمائة.

يتم تحديد العدد الاوكتاني لبقية المركبات الهيدروكاربونية أو أي خليط منها عند مقارنة مميزات احتراقها في محرك قياسي مع مميزات احتراق نماذج ذات نسب مختلفة من الايزو_اوكتان والهبتان الاعتيادي في محرك قياسي (Cooperative Fuel Research-engine)ASTM-CFR (يتكون من اسطوانة واحدة ذات نسب انضغاط متغيرة) [3,2] .

لقد اختلفت طرق حساب العدد الاوكتاني للوقود البترولي تبعا للظروف وعلى هذا الأساس تم تبني ثلاث طرق للحساب هي [5,4]:

1 – العدد الاوكتاني البحثي (Research Octane Number(RON))

تجرى اختبارات القياس في المختبر وذلك بتشغيل المحرك بسرعة (600 RPM) وتحت ظروف بسيطة لمعرفة خواص الوقود البترولي في الطرق عند السرع المنخفضة .

2- العدد الاوكتاني للمحرك((Motor Octane Number(MON)

تجرى اختبارات القياس في المختبر على مكائن خاصة وتحت ظروف أكثر قساوة وبسرعة (900 RPM) لمعرفة خواص الوقود البترولى في الطرق عند تلك الظروف.

3- الوسط الحسابي: أما في هذه الطريقة فيعتمد على الوسط الحسابي وهي:-

((RON+MON)/2) ويطلق عليه اسم (Anti-knock index).

بما أن محرك فحص العدد الاوكتاني له غرفة احتراق صممت في الثلاثينيات من القرن العشرين ولان الاختبار يجري تحت سرع واطئة فأن العدد الاوكتاني الذي نحصل عليه بهذه الطريقة ليس مناسبا بشكل دائم للعمل على محركات السرع العالية. إذ من الممكن ان نجد محركين بنفس نسبة الانضغاط ولكن يختلفان في الشكل الهندسي لغرفة الاحتراق احدهما يعمل بالوقود بدون طرق في حين الأخر يحدث به طرق كبير باستخدام نفس الوقود [6] .

إن العدد الاوكتاني المحسوب بطريقة البحث هو الأعلى بالمقارنة مع المحسوب بطريقة المحرك ويطلق على الفرق بينهما بحساسية الوقود (fuel sensitivity (fs)) والتي تمثل بالمعادلة التالية :

$$(fs)=RON-MON \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

أن حساسية الوقود تمثل المقياس الأفضل لحساسية الطرق والتي تتأثر بشكل حجرة الاحتراق في محرك الاحتراق وعادة تكون (fs) بحدود (0-10) . وعندما تكون (fs) منخفضة(أي اقل من 5) تعني إن صفة أو قابلية الطرق للوقود غير حساسة للشكل الهندسي لغرفة الاحتراق. وبسبب ظروف التجربة(الفحص) يمكن أن

نلاحظ فرقا بين كل من MON وRON لنفس الوقود هذا من جهة ومن جهة أخرى نلاحظ ان الوقود قد يمتلك نفس RONوMON .

في بداية القرن العشرين تم استخدام وقود ذو عدد اوكتاني واطئ كون نسب الانضغاط واطئة . وفي بداية النصف الثاني من القرن المنصرم ظهرت الحاجة إلى استخدام وقود ذو عدد اوكتاني عالي(نتيجة للتطور في علم المعادن وامكانية الحصول على محركات ذات نسب انضغاط عالية) مما حدا بالباحثين في المراكز البحثية والشركات إلى بذل الجهود الحثيثة من اجل الحصول على ذلك من خلال استخدام مضافات للوقود البترولي.

تم التوصل إلى عدة أنواع من المضافات (Additives) التي تساهم في رفع العدد الاوكتاني وزيادة مقاومة الفرقعة منها زيادة نسبة الهيدروكاربونات ذات العدد الاوكتاني العالي أو إضافة الأمينات الاروماتية حيث تستعمل مع الوقود البترولي للطائرات علاوة على رابع اثيلات الرصاص((C2H5)Pb](Tetra- (TEL))[7,6] .ethyl-lead)

الجانب العملي

أجريت الدراسة على تراكيب مختلفة من الوقود البترولي التي تم تحضيرها في مختبرات البحوث و السيطرة النوعية لشركة مصافي الشمال/بيجي وباستخدام محرك (CFR) . ولإيجاد العدد الاوكتاني لنماذج الوقود تم تدوير المحرك القياسي باستخدام احد النماذج وتم تغيير نسبة الانضغاط للحصول على شدة دق قياسية (Standard knock intensity) [5,4]. وعند نفس نسبة الانضغاط تم إيجاد نوعين من التوليفات (Blends) لوقود المقارنة (Reference fuel) يولدان شدة دق أوطأ بقليل وأعلى بقليل من شدة الدق للنموذج بعد ذلك تم إيجاد درجة الاوكتان للنموذج بطريقة الاستكمال (Interpolation) وتكررت العملية لبقية النماذج حيث تم الحصول على نماذج من الوقود بعدد اوكتاني (90,85,80,75,70). والجدول رقم (1) يبين أنواع وتراكيب نماذج الوقود المستخدم في البحث .

تم أجراء جميع الاختبارات (في جامعة تكريت – مختبر الاحتراق _قسم الهندسة الميكانيكية)على المحرك الإيطالي أحادي الاسطوانة نوع (TD110) رباعي الأشواط ذو الإشعال بالشرارة طول الشوط فيه (5.7) سم وقطر الاسطوانة (6.7) سم ونسبة الانضغاط (6:1) .أما نظام تبريده فيعتمد على الهواء المدفوع من مروحة مربوطة بعمود المرفق .

تم استخدام جهاز فحص معاملات الأداء من النوع الهيدروليكي(Hydraulic Dynamometer type TD115) والموضح في المخطط رقم (1) . وتم تسجيل القراءات لكل من السرعة والعزم واستهلاك الوقود ودرجة حرارة غازات العادم بواسطة وحدة المقاييس نوع TD114 (Instrumentation unit) والموضحة في اللوحة رقم (1).

تم تغيير زاوية تقديم وتأخير الشرارة للمحرك حسب العدد الاوكتاني بصورة عشوائية دون التقيد بالقيم مع الأخذ بنظر الاعتبار ضمان الحصول على استقرارية لعمل المحرك بدون تحميل بأقل وقت.

تم تسجيل البيانات (العزم وسرعة المحرك ودرجة حرارة العادم و الجريان الحجمي للوقود وفرق الضغط عبر فتحة صندوق تخميد الهواء) لكل نوع من أنواع الوقود بعد وصول المحرك إلى حالة الاستقرار.

تم حساب القدرة المكبحية(Brake Power) من العلاقة التالية [7] :

$$P_B=2\pi\times N\times T \qquad \text{.....(2)}$$

أما الاستهلاك النوعي المكبحي للوقود
(Brake specific fuel consumption)
فقد تم حسابها من العلاقة التالية[7] :

$$B.s.f.c=m_f / P_B \qquad \text{.....(3)}$$

$$m_f =\rho_f \times \upsilon_f \qquad \text{.....(4)}$$

ولتحديد الكفاءة الحرارية المكبحية(Brake thermal efficiency)
فقد تم حسابها من العلاقة التالية[7] :

$$\zeta_{Bth}= P_B / m_f \times Q_{HV} \times \zeta c \qquad \text{.....(5)}$$

ومن المعادلات (2,3,4,5) تم حساب معاملات الأداء ورسم العلاقات بعد أن تم افتراض كفاءة الاحتراق بـ (95%) .

النتائج والمناقشة

أبدت بعض النماذج من الوقود عدم انتظام في دوران المحرك في بداية التشغيل والتعجيل إذ أدى ذلك إلى حدوث ظاهرة الطرق (نتيجة الإشعال المسبق) حتى مع تغيير زاوية حدوث الشرارة كالوقود ذو العدد الاوكتاني (70و75) لكن بعد فترة وجيزة تدريجيا استقر عمل المحرك بسبب الإحماء .

الشكل رقم (1) يبين العلاقة بين السرعة الدورانية للمحرك مع العزم ويوضح زيادة عزم المحرك مع زيادة العدد الاوكتاني ولنفس السرع ويعزى ذلك إلى حدوث الاحتراق التام وعدم حصول أي إشعال مسبق للوقود علاوة على الاستفادة القصوى من القيمة الحرارية للوقود. كما يمكن ملاحظة ان قيمة العزم للمحرك عند استخدام الوقود ذو العدد الاوكتاني 70 و75 متقاربة ولكن الفرق واضح عند استخدام الوقود ذو العدد الاوكتاني 90 اذ يزداد بنسبة (9.75%) عند سرعة 2800 دورة في الدقيقة .

تزداد القدرة المكبحية للمحرك بزيادة العدد الاوكتاني وهذه الزيادة بسيطة عند السرع الواطئة ولكن تكون واضحة عند السرع العالية حيث تصل إلى 8.97% بزيادة العدد الاوكتاني من 70 الى 90 عند سرعة 3400 دورة في الدقيقة وتبقى القيم متقاربة عند 70و75(حيث إن الزيادة في العدد الاوكتاني مازالت غير كافية) وكذلك بين 85 و90 (حيث تبين إن الزيادة في العدد الاوكتاني أكثر من المطلوب لا يعطي تحسن في معاملات الأداء بما يساوي زيادة الكلفة المطلوبة له) ويمكن ملاحظه ذلك في الشكل(2).

الشكل (3) يبين العلاقة بين كل من السرعة الدورانية للمحرك والكفاءة الحرارية المكبحية حيث نلاحظ أن الكفاءة الحرارية للمحرك تزداد بزيادة العدد الاوكتاني للوقود وتكون الزيادة متقاربة عند استخدام الوقود ذي العدد 85 و90حيث

تصل نسبة الزيادة إلى 12.48% عند سرعة 2800 دورة في الدقيقة بزيادة العدد الاوكتاني من 70 إلى 90 .

إن العلاقة بين السرعة الدورانية للمحرك ودرجة حرارة العادم يوضحها الشكل (4) الذي اظهر ترافق الزيادة في درجة حرارة العادم مع ازدياد العدد الاوكتاني للوقود وهذا ناتج من تحسن عملية الاحتراق اذ تزداد درجة الحرارة من 540 إلى 560 عند سرعة 3400 دورة في الدقيقة أي بنسبة 3.7%عند زيادة العدد الاوكتاني من 70 إلى 90.

يمكن ملاحظة تأثير العدد الاوكتاني على الاستهلاك النوعي المكبحي للوقود جليا في الشكل رقم (5) ويتجسد ذلك بالانخفاض في الاستهلاك النوعي للوقود بزيادة العدد الاوكتاني حيث يقل الاستهلاك النوعي المكبحي للوقود بمقدار (15%) عند زيادة العدد الاوكتاني من 70 إلى 90 وعند سرعة 2800 دورة في الدقيقة.

الاستنتاجات

بينت نتائج البحث العملية مجموعة من الحقائق حول تأثير العدد الاوكتاني على أداء محرك الإشعال بالشرارة وهي تتفق مع ما جاء به آخرون [7,6] وتتمثل بالاتي :

1- الوقود ذو العدد الاوكتاني الواطئ يسبب صعوبة في بداية التشغيل وتأخر في التعجيل نتيجة الإشعال الذاتي للوقود وحدوث الطرق.

2- زيادة في معاملات الأداء لمحرك الإشعال بالشرارة بزيادة العدد الاوكتاني بشكل تدريجي بسبب تحسن عملية الاحتراق وبدون حدوث الإشعال الذاتي .

3- إن زيادة العدد الاوكتاني أكثر من المطلوب لا تعطي تحسن في معاملات الأداء يتوازى مع زيادة الكلفة المطلوبة له.

المصـادر

1- جابر شنشول جمالي. "تكنلوجيا الوقود ". الجامعة التكنلوجية ، بغداد 1981.

2- Bruce Hamilton: "Automotive Gasoline",2005.

3- Tomas Lidholm:"Knock Prediction With Reduced Reaction Analysis":Master thesis linkÖpings universitet,2003.

4- د.هارون عبد الكاظم " مدخل إلى محركات الاحتراق الداخلي"،البصرة 1988.

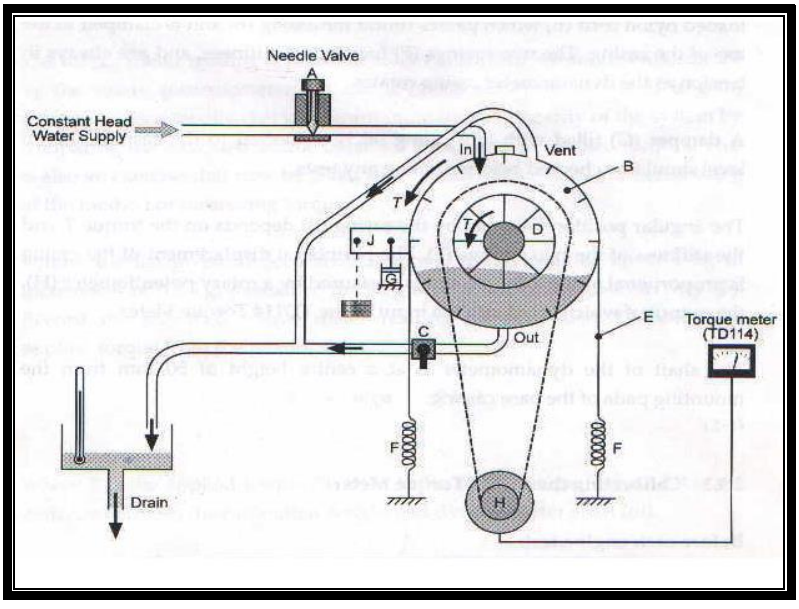
5- C.F.Taylor:" The Internal - Combustion Engine In Theory And Partice".The MIT press ,Camebridge ,U.S.A The 7th edition,1985.

6- Willard W. Pulkrabek :"Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine " First Edition 1997.

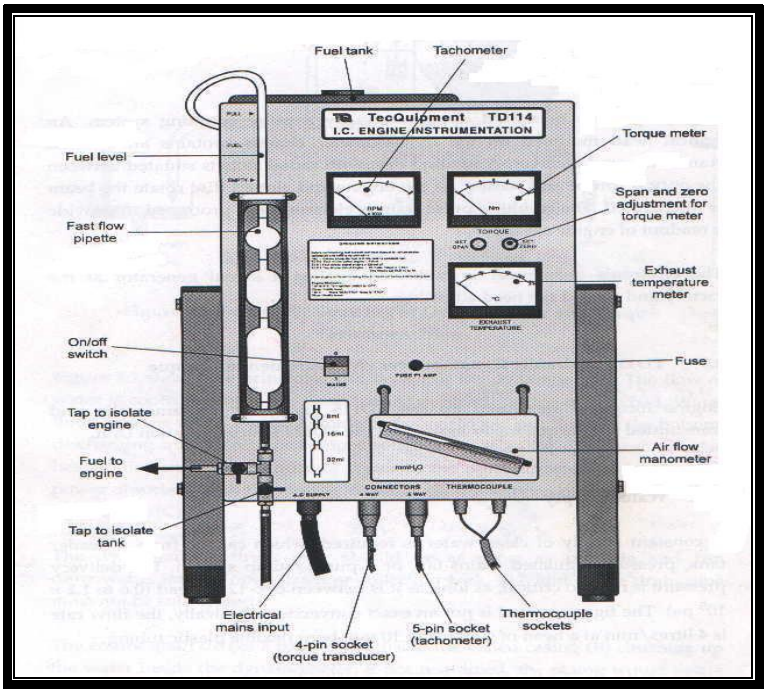
7- Obert,E.F. :"Internal Combustion Engines And Air Pollution" 3rd Ed.Intext Educational Publishers,1973.

جدول (1) تركيب وأنواع نماذج الوقود المستخدم في البحث

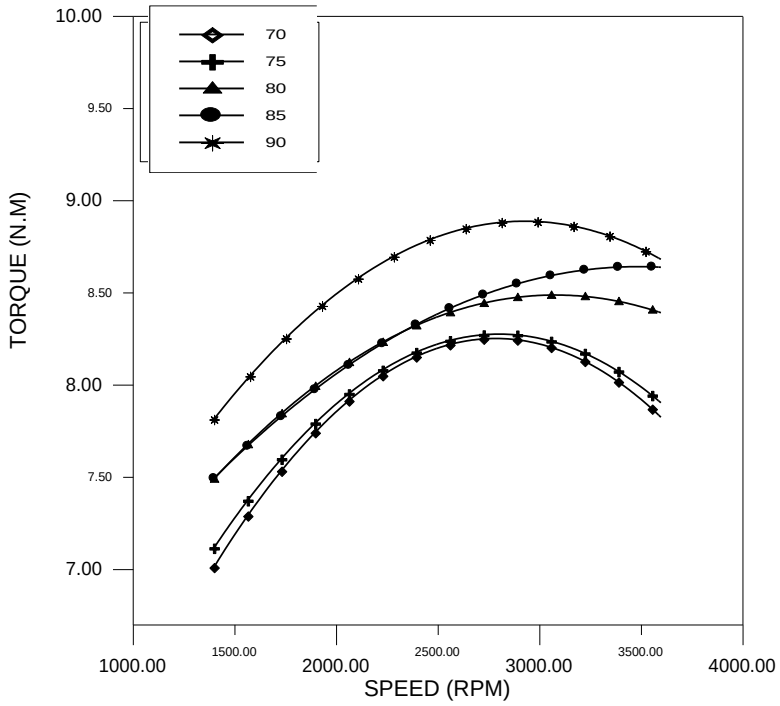
	رقم العينة	1	2	3	4	5
	العدد الاوكتاني البحثي (RON)	70	75	80	85	90
المكونات	النفثا الخفيفة %	90	50	15	0	0
	الريفورميت %	10	50	85	0	0
	التلوين %	0	0	0	74	74
	الايزواوكتان %	0	0	0	10	22
	الهبتان الاعتيادي %	0	0	0	16	4
	مضافات (TEL) مل	0.208	0.24	0.416	0.24	0.469
	غم رصاص	0.13	0.15	0.26	0.15	0.31



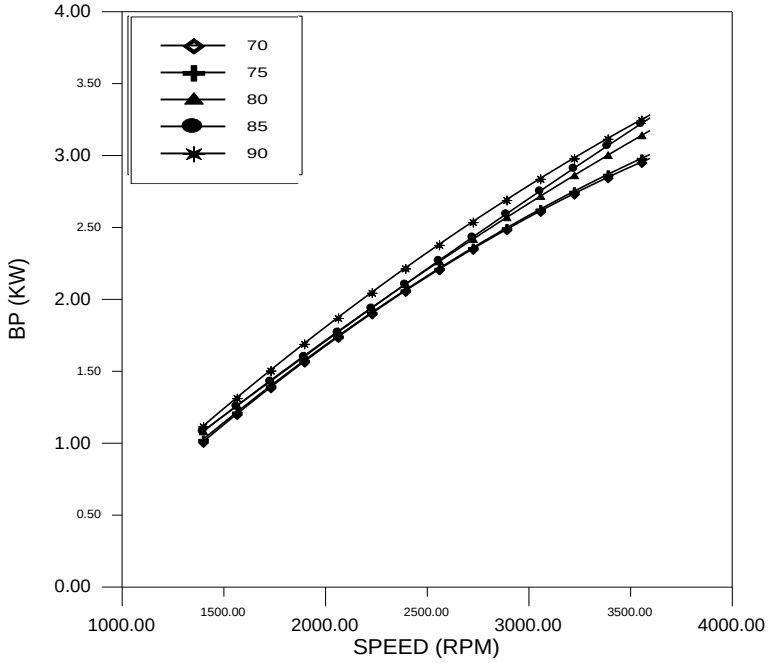
مخطط (1) جهاز فحص معاملات الأداء الهيدروليكي نوع (TD115)



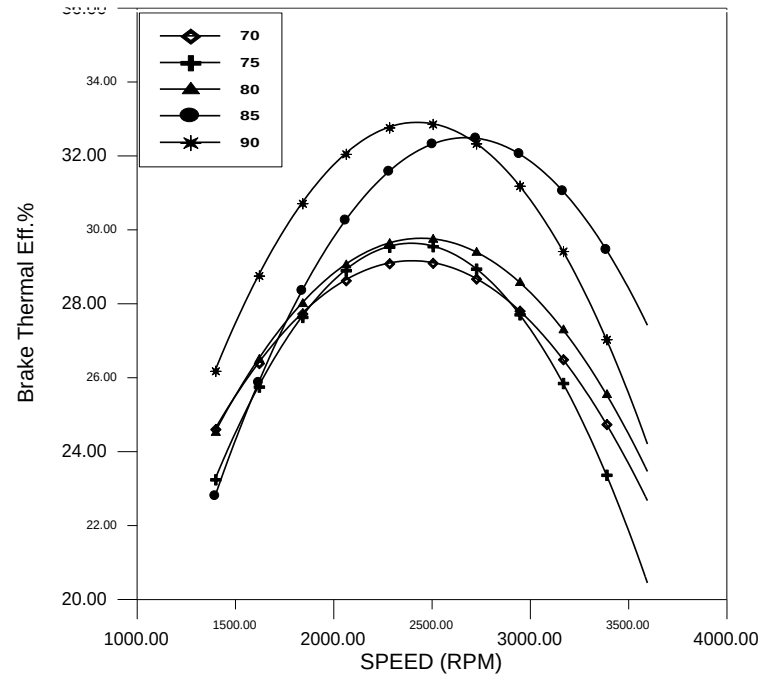
لوحة (1) وحدة المقاييس نوع (TD114)



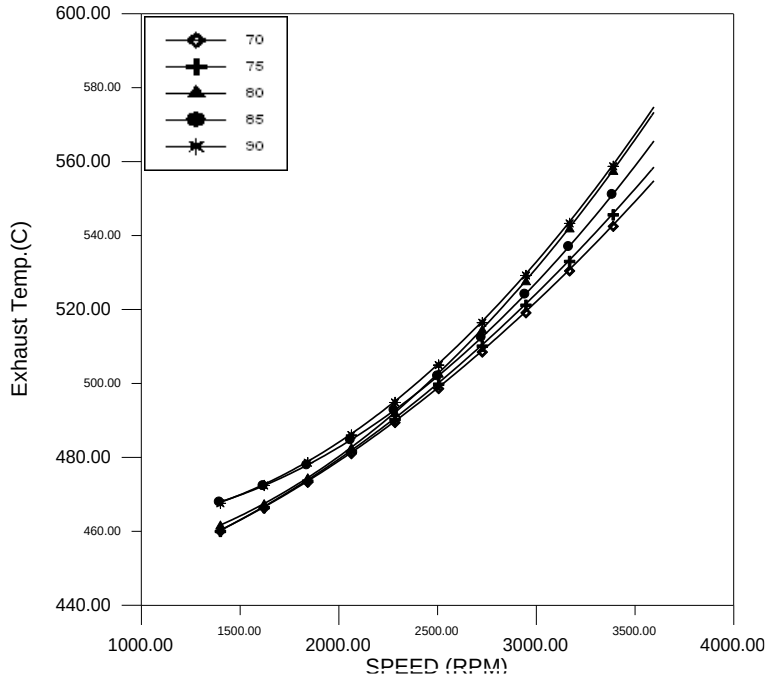
شكل (1) العلاقة بين السرعة الدورانية للمحرك و العزم



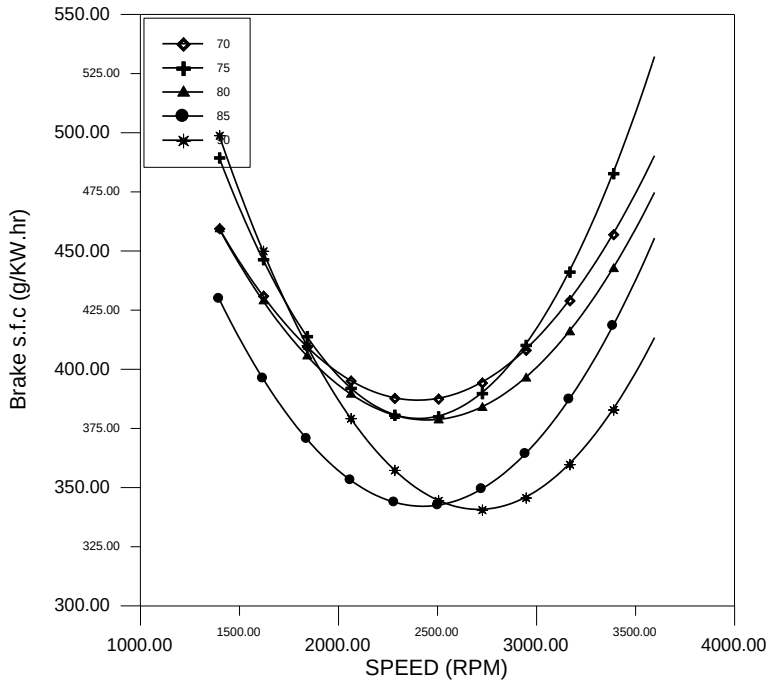
شكل (2) العلاقة بين السرعة الدورانية للمحرك والقدرة المكبحية



شكل (3) العلاقة بين السرعة الدورانية للمحرك و الكفاءة الحرارية المكبحية



شكل (4) العلاقة بين السرعة الدورانية للمحرك و درجة حرارة العادم



شكل (5) العلاقة بين السرعة الدورانية للمحرك و الاستهلاك النوعي المكبحي للوقود

EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF OCTANE NUMBER ON PERFORMANCE OF THE SPARK IGNITION ENGINE.

Dr. Mohammed Hassan Aboud Al-Mosawi
Lecturer
Mechanical Engineering Dept.
University of Tikrit

ABSTRACT

This research aimed to an experimental study the effect of octane number of the fuel on the performance of the spark ignition engine .

The study included the preparation of fuel with octane number (70,75,80,85,90) which are attempted in this research using the researches and control laboratories of oil refinery company at Baji, by using a standard engine (CFR).

The experiments had been carried out using four stroke, single cylinder type (TD110) , with compression ratio(6:1), coupled to hydraulic dynamometer type (TD115).

The study showed that, using fuel with octane number (70 and 75) had problems at the beginning of starting and acceleration. The difficulty are knock and delay in warming up of the engine.

The results show that the engine performance are increased step by step according to the increases of the octane number of fuel, and this appeared clearly in the obtained results of samples (70 and 90) as follows:

At the speed 2800 r.p.m the torque and the brake thermal efficiency are increased by 9.75% and 12.48% respectively. While at the speed 3400r.p.m the brake power and exhaust temperature are increased by 8.97% and 3.7% respectively. also the brake specific fuel consumption decreased by 15% at 2800 r.p.m .

KEY WORDS
Octane number, Performance, Spark ignition engine