تأثير إضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص على أداء محرك احتراق داخلي يعمل بشمعة القدح

د. عبد الرحمن حبو محمد الحبو
جامعة الموصل – كلية الهندسة
قسم الهندسة الميكانيكية
مدرس

السيد حسن سعيد حمودي
جامعة الموصل – كلية الهندسة
قسم الهندسة الميكانيكية
مدرس مساعد

ألخلاصة

أجريت هذه الدراسة لمعرفة تأثير إضافة مادة الايثانول بنقاوة 99.2% إلى الكازولين المرصص على أداء محرك احتراق داخلي يعمل بشمعة القدح متمثلاً بعزم المحرك والاستهلاك النوعي للوقود وكذلك كمية الملوثات المنبعثة منه عند ظروف تشغيلية مختلفة شملت كل من نسبة الانضغاط وتوقيت إعطاء قدحة الاشتعال. أجريت التجارب العملية باستخدام الوقود الجديد (الايثانول + الكازولين المرصص) وبنسب حجمية مختلفة لمادة الايثانول ابتداءً من نسبة 10% وانتهاءً بنسبة 50% وبزيادة مقدارها 10% في كل مرة لبيان تأثير إضافة مادة الايثانول إلى الكازولين المرصص على أداء المحرك وكمية الملوثات المنبعثة منه.

تم إجراء التجارب العملية عند نسب انضغاط مختلفة وهي9:1 ,10:1, 11:1 بينما تم تغيير وقت إعطاء القدحة بواقع 5 درجة من درجات عمود المرفق. وتم تثبيت سرعة المحرك (2000) دورة لكل دقيقة وعند النسبة المكافئة ($\phi = 1$) .

بينت النتائج إن إضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص أدى إلى زيادة عزم المحرك والاستهلاك النوعي للوقود مع حصول زيادة طفيفة في درجة حرارة غازات العادم وخصوصاً عند إضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص بنسب 30% فما فوق، وصاحب هذا الأداء انخفاض في نسب الملوثات الناتجة من المحرك. كما بينت النتائج أيضاً أن زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص عملت على رفع نسبة الانضغاط التي يمكن للمحرك أن يعمل عندها مع غياب ظاهرة الصفع (knock) المعروفة آثارها السلبية على المحرك.

The Effect Of Adding Ethanol To leaded Gasoline on The Performance of Spark Ignition Engine

Dr. A.R Habbo
University of Mosul
College of Eng.
Mech. Eng. Dept

Mr.H.S Hammodi
University of Mosul
College of Eng.
Mech. Eng. Dept

Abstract

In this study the effect of adding pure ethanol (99.2%) to leaded gasoline on the performance of spark ignition engine have been investigated. All tests were carried out using ethanol- leaded gasoline blends (E10, E20, E30, E40 and E50) at various compression ratio (9:1, 10:1 and 11:1) for different ignition time (0º TDC- 30º BTDC), engine speed of 2000 rpm and an equivalence ratio ($\phi = 1$).

The experimental results showed that blending leaded gasoline with ethanol slightly increased the torque , specific fuel consumption and exhaust gas temperature and in particular when E30, E40 and E50 blends are used. However, results also shows a significant reduction in exhaust emission for high percentage ethanol-gasoline blend, i.e for E30, E40 and E50. In addition to all that blending gasoline with ethanol allows engine to operate at high compression ratio without knock occurrence.

Keywords:- Spark ignition engine; Alternative fuel ; Exhaust emission

الرموز والمصطلحات العلمية

الرمز	التعريف	الوحدة
ANN	شبكة الاتصال الاصطناعي	
ATDC	بعد النقطة الميتة العليا	°CA
BSFC	الاستهلاك النوعي الفرملي للوقود	g/kW h
BTDC	قبل النقطة الميتة العليا	°CA
CO	غازل أول أوكسيد الكاربون	
C_2H_5OH	كحول الايثانول	
°CA	درجة من درجات عمود المرفق	
E0	الكازولين الخالي من أي إضافات	
E10	90% كازولين + 10% إيثانول	
E20	80% كازولين + 20% إيثانول	
E30	70% كازولين + 30% إيثانول	
E40	60% كازولين + 40% إيثانول	
E50	50% كازولين + 50% إيثانول	
LCV	القيمة الحرارية الواطئة للوقود	kJ/kg
MBT	القيمة العليا للعزم الفرملي	N.m
N	السرعة الدورانية للمحرك	rpm
Pb	القدرة الفرملية	kW
Sg_f	الوزن النوعي للوقود	
T	عزم المحرك	N.m
t	الزمن	Sec.
TDC	النقطة الميتة العليا	°CA
TEL	مادة رباعي أثيل الرصاص	
UHC	الهيدروكاربونات غير المحترقة	
WOT	فتحة كبيرة للخانق	
ϕ	النسبة المكافئة ϕ = (A/F) st / (A/F) act.	
λ	نسبة الوقود إلى الهواء النسبية λ = (A/F) act / (A/F) st.	

المقدمة

1. إن المواد المضافة إلى الوقود الهيدروكاربوني السائل تحظى بأهمية كبيرة، وذلك لأن الكثير من هذه الإضافات تعمل على زيادة كفاءة وأداء محركات الاحتراق الداخلي. إن أهم المواد المضافة إلى الكازولين المرصص لتحسين أداءه هي المركبات العضوية التي تحتوي على الأوكسجين في تركيبتها الكيميائية مثل الايثانول والميثانول والترتاري بيوتيل الكحول ومثيل ترتاري بيوتيل أيثر [3,2,1].

2. ونتيجة لارتفاع أسعار النفط الخام عالمياً بصورة عامة والكازولين بصورة خاصة واتجاه حقول إنتاج النفط الخام للنضوب في السنوات الأربعين القادمة، كان لا بد من البحث عن بدائل تخفف من العبئ المتزايد على استخدام الكازولين المستخلص من النفط الخام نتيجة التنامي المتزايد في أعداد المركبات في العالم لذلك أختيرت مادة الايثانول لإضافتها إلى الكازولين كونها سهلة الاستخلاص من منتجات طبيعية مثل قصب السكر والشعير والحنطة، كما أن الايثانول مادة جيدة لمقاومة ظاهرة الصفع (KNOCK) في محركات الاحتراق الداخلي التي تعمل بشمعة القدح، ولها طاقة حرارية كامنة عالية ورقم أوكتاني عالي يساعد على رفع كفاءة المحرك وعمله عند نسبة انضغاط عالية نسبياً، ونتيجة لانخفاض ضغط بخار الايثانول فإنه سهل في التخزين والنقل، أما احتواء الايثانول على ذرة أوكسجين في تركيبته الكيميائية (C_2H_5OH) تجعله ذو تأثير إيجابي على البيئة من خلال تقليل نسبة انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون (CO) والهيدروكاربونات (HC) عند حرق الوقود الذي يحتوي على نسبة من مادة الايثانول [6,5,4].

3. الايثانول النقي مادة يمكن استخدامها كوقود في محركات الاحتراق الداخلي التي تعمل بشمعة القدح شريطة إجراء بعض التطويرات في تصميم المحرك ونظام تجهيز الوقود فيه لما لها من أثر سلبي على تآكل الأجزاء المعدنية الداخلة في تصميم

المحرك، وكذلك لما تسببه من تضيق وانسدادات في مجاري الوقود داخل المبخرة، لذلك من الممكن استخدام الايثانول كمادة مضافة إلى الكازولين بنسب حجمية قليلة بدون إحداث أي تطويرات على تصميم المحرك ونظام تجهيز الوقود فيه [7].

4. قام الباحث M.AL-HASAN [1] بإجراء دراسة عملية لبيان تأثير إضافة الايثانول بنقاوة 99% إلى الكازولين غير المرصص بنسب حجمية تراوحت بين (0%-25%) وبزيادة 2.5% في كل مرة على أداء المحرك وكمية الملوثات المنبعثة منه. توصل الباحث إلى أن إضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص أدت إلى زيادة قدرة المحرك والكفاءة الحرارية والكفاءة الحجمية واستهلاك الوقود بنسب (8.3%, 9%, 7%, 5.7%) على التوالي. كما أدت إلى التقليل من انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون والهيدروكاربونات بنسب (46.5%, 24.3%) على التوالي من جهة، وإلى زيادة انبعاث غاز ثاني أوكسيد الكاربون بنسبة 7.5% من جهة أخرى.

5. وفي السياق نفسه قام الباحث HÜSEYIN SEDAR YÜCESU [4] بإجراء دراسة عملية على إضافة الايثانول إلى الكازولين غير المرصص بنسب حجمية مختلفة وهي (0%, 10%, 20%, 40%, 60%)، وذلك عند عمل المحرك بنسب انضغاط مختلفة تراوحت بين (8:1-13:1) وسرعة دوران مختلفة للمحرك (2000-5000) دورة لكل دقيقة. توصل الباحث إلى أن زيادة نسبة انضغاط المحرك من 8:1 إلى 11:1 أدت إلى زيادة عزم المحرك وانخفاض الاستهلاك النوعي للوقود فيه، وأن أعلى زيادة في عزم المحرك وأقل انخفاض في الاستهلاك النوعي للوقود كان عند إضافة الايثانول بنسبة 60% إلى الكازولين غير المرصص وذلك عند اشتغال المحرك بنسبة انضغاط 11:1 وسرعة دوران المحرك 5000 دورة لكل دقيقة مع اختفاء ظاهرة الصفع في المحرك. أما بالنسبة للملوثات المنبعثة من المحرك فقد انخفضت كمية انبعاثها مع زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين غير المرصص.

6. نشر الباحث TOLGA TOPGÜL [6] بحثاً تناول فيه استخدام محرك احتراق داخلي ذي اسطوانة واحدة رباعي الأشواط ويعمل بشمعة القدح ونظام تجهيز الوقود فيه هو الحقن. قام الباحث بإضافة الايثانول بنقاوة 99.5% إلى الكازولين غير المرصص بنسب حجمية مختلفة هي (0%, 10%, 20%, 40%, 60%) باستخدام متغيرات مختلفة وهي نسبة انضغاط المحرك (8:1, 10:1)، وتأثير توقيت القدحة (10°-36°BTDC) مع ثبوت سرعة دوران المحرك عند 2000 دورة لكل دقيقة وثبوت النسبة المكافئة ($\phi = 1$). توصل الباحث إلى أنه لا يوجد اختلاف في توقيت القدحة للحصول على أعلى عزم من المحرك (MBT) عند استخدام جميع أنواع الوقود المتناولة في البحث ولكل نسبة انضغاط للمحرك على حدة.

7. قام الباحث HAKAN BAYRABTAR [7] بإجراء دراسة نظرية وعملية لبيان تأثير إضافة الايثانول إلى الكازولين غير المرصص واستخدامه في محركات الاحتراق الداخلي التي تعمل بشمعة القدح على أداء المحرك وكمية الملوثات المنبعثة منه. أما ما يتعلق بالجزء النظري من البحث فقد استخدم فيه الباحث معادلات القانون الأول للثرموداينمك مستخدماً نظام المحاكاة في تمثيل الاحتراق وتقدم اللهب داخل غرفة الاحتراق.

8. أما الجزء العملي من البحث فقد استخدم الباحث كحول الايثانول بنقاوة 93% مادة مضافة إلى الكازولين غير المرصص بنسب حجمية مختلفة تراوحت بين (1.5%-21%) وبزيادة 1.5% في كل مرة، كما استخدم الباحث نسب انضغاط المحرك (7.75%, 8.25:1) مع ثبوت توقيت القدح عند (10°BTDC) وسرعة دوران المحرك 1500 دورة لكل دقيقة. أظهرت النتائج العملية أن إضافة الايثانول إلى الكازولين غير المرصص بنسبة 7.5% هي الأفضل بالنسبة لأداء المحرك وكمية انبعاث الملوثات منه، بينما أظهرت النتائج النظرية أن نسبة 16.5% من الايثانول هي الأفضل، وأن النموذج الرياضي المستخدم في الجزء النظري من البحث كان مقبولاً.

9. نشر الباحث HÜSEYIN SEDAR YÜCESU [8] بحثاً تناول فيه دراسة نظرية وعملية لاستخدام الايثانول مادة مضافة إلى الكازولين غير المرصص. استخدم الباحث في الجانب العملي من البحث إضافة الايثانول بنسب حجمية مختلفة وهي (10%, 20%, 40%, 60%)، قام الباحث بتغيير كل من نسبة انضغاط المحرك وتوقيت القدحة والنسبة المكافئة لقياس عزم المحرك والاستهلاك النوعي للوقود فيه. أما الجانب النظري من البحث فقد اعتمد الباحث فيه على نظام التحليل العددي (ANN) (ARTIFICIAL NEURALNETWORK). توصل الباحث في الجانب العملي من البحث إلى أن توقيت القدحة يكون واحداً في جميع أنواع الوقود المستخدمة عند الحصول على أعلى قيمة للعزم الفرملي للمحرك (MBT) وأن أعلى عزم تم الحصول

10. عليه كان عند اشتغال المحرك بالنسبة المكافئة ($\phi = 1.1$). توصل الباحث في الجانب النظري من البحث إلى أن استخدام نظام (ANN) هو الأفضل لدراسة أداء المحرك نظرياً.

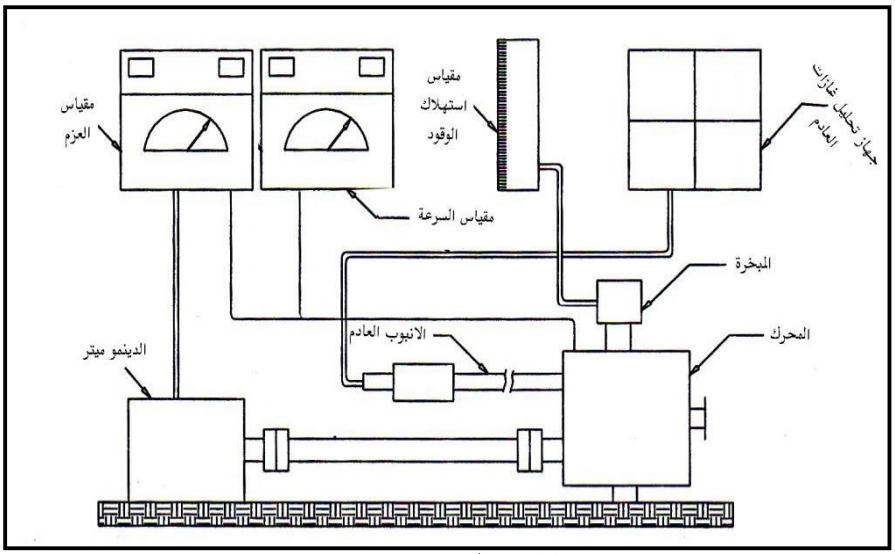
11. أجرى الباحثان FIKRET YÜKSEL, BEDRI YÜKSEL [9] دراسة عملية على محرك احتراق داخلي يعمل بشمعات القدح ذي أربع اسطوانات ونسبة انضغاط 8:1 ونظام تجهيز الوقود إلى غرفة الاحتراق هو المبخرة. قام الباحثان

بإجراء تغييرات بسيطة على المبخرة من أجل الحصول على خليط متجانس ومستقر في الحالة السائلة لمادة الايثانول عند خلطها مع الكازولين غير المرصص. قام الباحثان بتغيير سرعة دوران المحرك بمدى (1200-2850) دورة لكل دقيقة مع تغيير فتحة الخانق للمبخرة أربع مرات هي:

(100%, 75%, 50%, 25%). توصل الباحثان إلى أن إجراءتغييرات بسيطة في تصميم المبخرة وجعلها تحتوي على حجرتين منفصلتين إحداهما خصصت لمادة الايثانول والأخرى لوقود الكازولين غير المرصص، أدت إلى إمكانية تسهيل تشغيل المحرك باستخدام نسب عالية من الايثانول إلى حد 60%.

الماكنة المختبرية:

تم إجراء التجارب العملية في البحث الحالي باستخدام محرك احتراق داخلي من نوع (Faryman A30) ذو اسطوانة واحدة رباعي الأشواط يعمل بشمعة القدح علماً أن نظام التبريد المستخدم في المحرك هو التبريد بالماء. يمكن تغيير نسب الانضغاط التي يعمل عندها المحرك ما بين (11:1-5:1)، وكذلك وقت إعطاء قدحة الاشتعال يمكن تغييرها بمدى (30°BTDC to 10°BTDC)، وتتم عملية تجهيز المحرك بخليط الهواء والوقود عن طريق المبخرة (carburator). لاحظ الشكل (1).



شكل (1) مخطط الماكنة مع جهاز تحليل غازات العادم

لاحظ الجدول (1) الذي يمثل مواصفات الماكنة المختبرية المستخدمة في البحث الحالي.

استخدم جهاز تحليل غازات العادم من نوع (Multigas mod 488) في تحليل غازات العادم الخارجة من المحرك. يقوم الجهاز بقياس نسبة غاز أول أوكسيد الكاربون (CO%vol.) وغاز ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2% vol.) وكمية انبعاث الهيدروكاربونات غير المحترقة (UHC ppm vol.)، أما غاز الأوكسجين (O_2% vol.) فيمكن الكشف عنه عن طريق متحسس كيميائي. يقوم الجهاز بتحديد نسبة الوقود إلى الهواء النسبية (Lambda λ) والتي تمثل مقلوب النسبة المكافئة ($\lambda = 1/\phi$). كذلك يقوم الجهاز بقياس سرعة المحرك الدورانية عن طريق متحسس خاص لهذا الغرض. يقوم الجهاز بالتقاط عينة من غازات العادم الخارجة من غرفة الاحتراق بواسطة أنبوب مرن طوله أربعة أمتار ومجهز بأحد أطرافه برأس حديدي مقاوم لدرجات الحرارة العالية، حيث يثبت على بعد 1.25 متر عن نقطة خروج غازات العادم من غرفة الاحتراق

الجدول (1)
المواصفات العامة للماكنة المختبرية المستخدمة

Item	Specification	Item	Specification
Engine type	Faryman A30 marine diesel engine	Ignition timing (petrol)	30°BTDC to 10°ATDC
Number of cylinder	1	Compression ratio	5:1 to 18:1
Cylinder bore	95mm	Fuel system (petrol)	Carburetor
Stroke	82mm	Fuel system (diesel)	Fuel enjection
Cycle	4-stroke	Cooling system	Water-coold
Swept volume	$582cm^3$	Engine oil (sump)	2 liters
Speed range	1000 to 2500 rev/min	Fuel tanks	10 liters
Maximum power	7Kw	Cooling water reservoir	1 liter
Maximum torque	50 N.m	Ignition timing (petrol)	30°BTDC to 10°ATDC

الوقود المستخدم:

تناول البحث الحالي تأثير إضافة الايثانول ذو النقاوة 99.2% إلى الكازولين المرصص بنسب حجمية مختلفة لتشكل ستة أنواع من الوقود وهي (E50, E40, E30, E20, E10, E0) على أداء المحرك من جهة وعلى كمية الملوثات المنبعثة منه من جهة أخرى. لذلك كان من المناسب إجراء بعض الفحوصات المختبرية اللازمة على مادة الايثانول والكازولين المرصص المتوفرة في الأسواق المحلية، وكذلك على أنواع الوقود الناتجة من خلط الايثانول مع الكازولين المرصص بالنسب المذكورة سابقاً، لمعرفة الوزن النوعي والرقم الاوكتاني لكل واحدة منها على حدة واستخدم لهذا الغرض جهاز IROX 2000 وماكنة فحص الرقم الاوكتاني المتوفرين في المختبر المركزي لشركة مصافي الشمال – مصفى بيجي. تم إعداد نماذج الوقود المعدة للفحص قبل إجراء الفحوصات مباشرة وذلك لتفادي تفاعل مادة الايثانول مع بخار الماء الموجود في الجو ولكي يكون مزيج الايثانول مع الكازولين المرصص مستقراً ومتجانسا في الحالة السائلة. الجدول (2) يوضح نتائج فحوصات الوقود المختبرية.

الجدول (2) نتائج فحص الوقود المختبرية

	Fuel Type					
	E0	**E10**	**E20**	**E30**	**E40**	**E50**
SPG_f	0.7282	0.7318	0.7378	0.7459	0.7469	0.7583
RON	76	83	89	95	99	101

آلية إجراء التجارب:

عند البدء بالعمل يتم تثبيت نسبة انضغاط المحرك على أول قيمة لها وهي 9:1 باستخدام مقياس الأبعاد الدقيقة (Micrometer) الخاص بالماكنة، بعدها يوضع أول نوع من الوقود المستخدم وهو الكازولين المرصص E0 بمقدار 3000 مل في خزان الوقود، ثم يتم تشغيل المحرك عند فتحة صغيرة للخانق، وبعد مرور (5-10) دقائق نقوم بزيادة فتحة الخانق وفي الوقت نفسه يتم تحميل المحرك بالحمل الكهربائي للسيطرة على سرعة دورانية ثابتة للمحرك ومقدارها 2000 دورة لكل دقيقة، ونستمر بهذه الطريقة إلى أن نصل إلى أكبر فتحة للخانق (WOT). يتم تثبيت وقت بدء إشعال الخليط أولاً عند (0°TDC) وكذلك تثبيت النسبة المكافئة (ϕ) عن طريق لولب خاص مثبت على المبخرة وبمساعدة جهاز تحليل غازات العادم للحصول على (ϕ=1). يتم الانتظار مدة خمس دقائق لكي تستقر عملية الاحتراق داخل المحرك ثم تسجل قراءة مقياس العزم ودرجة حرارة غازات العادم، ثم يقاس زمن استهلاك 16 مل من الوقود عن طريق الزجاجة الشفافة المدرجة والمثبتة على لوحة السيطرة الأمامية للماكنة والمعايرة بدقة من قبل الشركة المصنعة لها وباستخدام ساعة التوقيت السويسرية المنشأ من نوع (Hanhart) المخصصة لهذا الغرض، بعدها يتم التقاط عينة من غازات العادم بواسطة جهاز تحليل غازات العادم وتحليلها وإظهار نتائج التحليل على الشاشة الموجودة في الجهاز ثم يمكن طباعتها عن طريق طابعة مخصصة لهذا الغرض. يتم تسجيل قراءة جهاز تحليل غازات العادم في

تلك اللحظة، وهي كل من نسبة انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون (CO% vol.) والهيدروكاربونات (HC ppm vol.).

يتم تغيير وقت بدء إشعال الخليط (خليط الهواء والوقود) إلى (5°BTDC)، وتعاد الخطوات السابقة نفسها في العمل أثناء اشتعال المحرك، وهكذا تستمر عملية تغيير وقت بدء إشعال الخليط تدريجياً كل (5°CA) في كل تجربة حتى الوصول إلى توقيت القدحة (30°BTDC)، وبذلك يتم دراسة تأثير وقت إعطاء شرارة الاشتعال للنوع الأول من الوقود على أداء المحرك وكمية الملوثات المنبعثة منه، بعدها يتم تشغيل المحرك إلى أن تنفد كمية الوقود الأول (E0) الموجودة في خزان الوقود للماكنة.

يتم تحضير الوقود الثاني وهو خليط الايثانول مع الكازولين المرصص بنسبة 10%، وهكذا يتم دراسة تأثير إضافة الايثانول بنسب حجمية مختلفة على أداء المحرك وكمية الملوثات المنبعثة منه.

بعد الانتهاء من جميع التجارب العملية لجميع أنواع الوقود المستخدمة في البحث الحالي يتم زيادة نسبة انضغاط المحرك لتبلغ 10:1، ثم تعاد جميع التجارب السابق ذكرها بالكامل. ثم يتم رفع نسبة انضغاط المحرك لتبلغ 11:1، ثم تعاد جميع التجارب السابق ذكرها بالكامل.

النتائج ومناقشتها:

1. بينت النتائج التي تم الحصول عليها أن توقيت إعطاء شرارة القدح(SPARK TIMING) ذو تأثير واضح وفعال على أداء المحرك، حيث يمكن ملاحظة أن عزم المحرك يزداد عند تقديم توقيت شرارة القدح حتى يصل إلى أعلى قيمة له وهي ما يطلق عليه (MAXIMUM BRAKE TORQUE MBT) بسبب زيادة الشغل المنجز من غازات الاسطوانة على المكبس، بعدها يبدأ بالانخفاض عند استمرار زيادة تقديم توقيت القدحة.

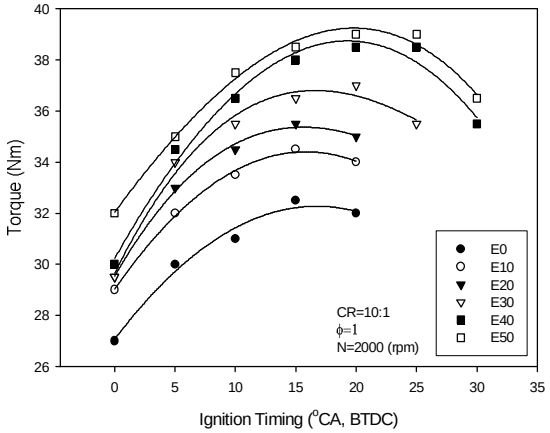
2. تمثل الأشكال (4,3,2) العلاقة بين عزم المحرك وتوقيت الشرارة وذلك عند تشغيل المحرك بنسب انضغاط (9:1,10:1,11:1) باستخدام ستة أنواع من الوقود وهي (E60, E50, E40, E30, E20, E10, E0). يتبين من الشكل (2) أن عزم المحرك يزداد عند تقديم توقيت شرارة الاشتعال، وكذلك عند زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص، وأن أعلى قيمة تم الحصول عليها لعزم المحرك عند تشغيله بنسبة انضغاط 9:1 كان عند توقيت القدحة قدره 20 درجة قبل المنطقة الميتة العليا (20°BTDC).

3. نلاحظ من الشكل (3) عند اشتغال المحرك بنسبة انضغاط 10:1 أن أعلى عزم للمحرك (MBT) تم إدراكه عند تشغيله بوقود (E20, E10, E0) عندما كان توقيت القدحة (15°BTDC)، في حين يمكن ملاحظة أن أعلى عزم للمحرك باستخدام الأنواع الأخرى من الوقود (E50, E40, E30) تم الحصول عليه عند توقيت قدحة قدره (20°BTDC)، لابد من الإشارة إلى حدوث ظاهرة الصفع (KNOCK) عند تقديم توقيت شرارة القدح أكثر من (20°BTDC) وذلك عند استخدام وقود (E20, E10, E0) بسبب انخفاض الرقم الاوكتاني لهذه الأنواع الثلاثة من الوقود، في حين يمكن الاستمرار بتقديم وقت شرارة القدح للأنواع المتبقية من الوقود التي تحتوي على نسبة أعلى من مادة الايثانول (E50, E40, E30) مع الانتباه إلى أن عزم المحرك يبدأ بالانخفاض بعد الحصول على القيمة العليا للعزم (MBT)، ويدل هذا على أن إضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص تعمل على زيادة رقمه الاوكتاني والذي يمثل قابلية الوقود لمقاومة ظاهرة الصفع داخل المحرك، مما يجعل المحرك يعمل عند نسب انضغاط عالية نسبياً من جهة، وزمن احتراق مبكر من جهة أخرى.

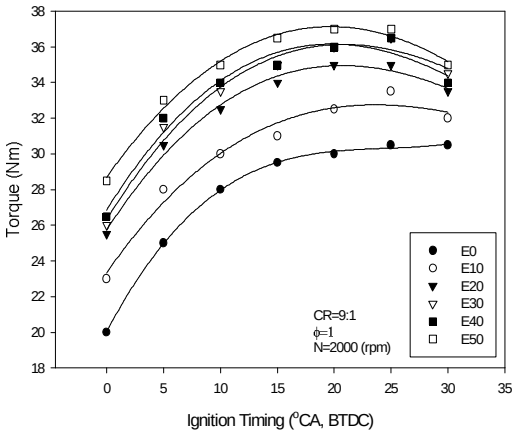
4. بينت النتائج التي تم الحصول عليها عند تشغيل المحرك بنسبة انضغاط 11:1 أنه أدى إلى تأخير وقت إعطاء شرارة القدح للحصول على أعلى عزم من المحرك، حيث يمكن ملاحظة ذلك من خلال الشكل (4). ويبين الشكل (4) أنه عند استخدام الكازولين المرصص (E0) يمكن للمحرك أن يعمل عندما يكون وقت إعطاء شرارة القدح عند النقطة الميتة العليا فقط (0°TDC) مع حدوث صفعة بسيطة، في حين عند استخدام وقود E10 تبين أن المحرك يمكن أن يعمل بتقديم توقيت القدح إلى حد (5°BTDC) بعدها تظهر ظاهرة الصفع. وبزيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص إلى مقدار 20% (E20)، يمكن ملاحظة أن المحرك يستطيع أن يعمل بتوقيت مبكر للقدحة إلى حد (10°BTDC)، مع استمرار عملية زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص تم ملاحظة إمكانية تقديم شرارة القدح لتصبح (15°BTDC) وذلك عند تشغيل المحرك بوقود E30. وكذلك الحال بالنسبة للأنواع المتبقية من الوقود وهي E50, E40 مع إمكانية الاستمرار بتقديم وقت إعطاء شرارة الاشتعال إلى مقدار (20°BTDC)، ويرجع ذلك كله إلى زيادة الرقم الاوكتاني للوقود مع زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص.

5. يجدر الإشارة إلى أن قيم عزم المحرك تزداد مع زيادة نسبة انضغاط المحرك عند عمل المحرك تحت نفس ظروف التشغيل بسبب زيادة ضغط الغازات داخل الاسطوانة، كذلك يزداد عزم المحرك مع زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص لأن مادة الايثانول تحتوي في تركيبتها الكيميائية على ذرة أوكسجين (C_2H_5OH)، فهو وقود شبه

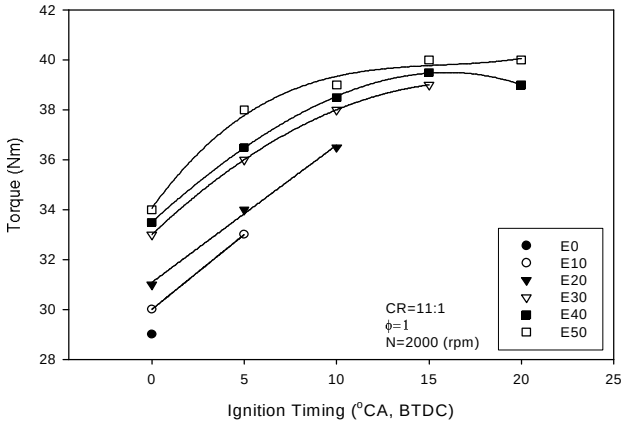
مؤكسد، ونسبة الأوكسجين فيه تساعد على تحسين عملية الاحتراق داخل الاسطوانة، وبذلك يرتفع ضغط الغازات داخلها وتزداد الطاقة الحرارية المتحررة نتيجة احتراق الوقود أثناء شوط التمدد (EXPANSION STROCK) وتحولها إلى شغل منجز على المكبس، مسببة بذلك زيادة عزم المحرك.



شكل (3) العلاقة بين عزم المحرك وتوقيت القدحة



شكل (2) العلاقة بين عزم المحرك وتوقيت القدحة



شكل (4) العلاقة بين عزم المحرك وتوقيت القدحة

الأشكال (7,6,5) تمثل العلاقة بين توقيت القدحة والاستهلاك النوعي للوقود (BSFC). بينت النتائج أن زيادة تقديم توقيت القدحة قد أدى إلى انخفاض الاستهلاك النوعي للوقود لجميع الأنواع المستخدمة في البحث، وأن أكبر نسبة انخفاض في الاستهلاك النوعي للوقود كان عند توقيت القدحة الذي تم من خلاله الحصول على أعلى عزم للمحرك (MBT)، ويرجع سبب ذلك إلى الحصول على أعلى قدرة للمحرك (Brake power) نتيجة الحصول على أعلى عزم منه بسبب تحسن عملية الاحتراق وبذلك نحتاج إلى كمية وقود أقل للحصول على نفس العزم والقدرة من المحرك حسبما توضحه المعادلات الرياضية التالية:

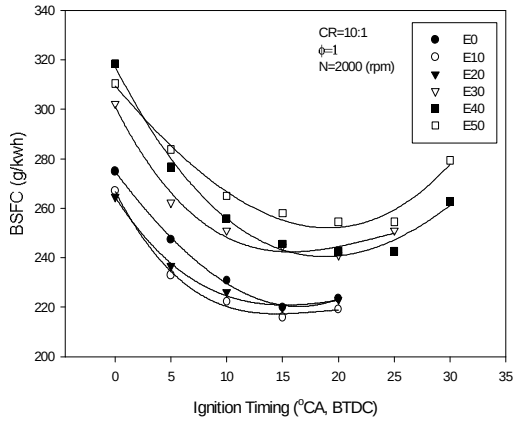
$$Pb = \frac{2\pi NT}{60\times10^3} = (\quad)\ kw \qquad \text{.....(1)}$$

$$\dot{m}f = \frac{16(ml)\times Sg_f \times10^{-3}\times3600}{t} = (\quad)\ kg/h \qquad \text{.....(2)}$$

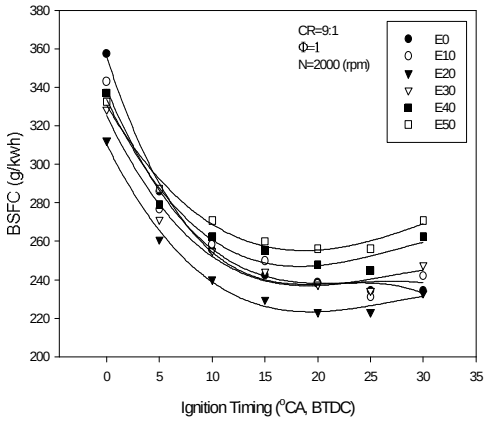
$$BSFC = \frac{\dot{m}f\times10^3}{Pb} = (\quad)\ g/kwh \qquad \text{.....(3)}$$

ولكن في الوقت نفسه زاد الاستهلاك النوعي للوقود عند زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص، وذلك بسبب انخفاض القيمة الحرارية الواطئة (LCV) لمادة الايثانول مقارنة بالقيمة الحرارية الواطئة (LCV) لوقود الكازولين المرصص وبذلك سوف تنخفض القيمة الحرارية الواطئة لخليط الايثانول مع الكازولين المرصص كلما زادت

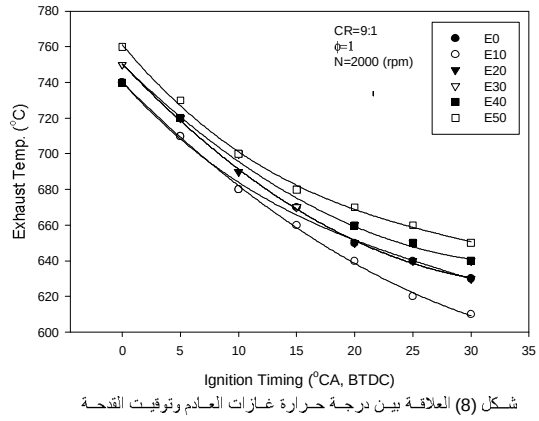
نسبة الايثانول في هذا الخليط. وللتعويض عن هذا الانخفاض في القيمة الحرارية الواطئة زاد الاستهلاك النوعي للوقود للحصول على نفس العزم من المحرك. لاحظ الجدول (4).



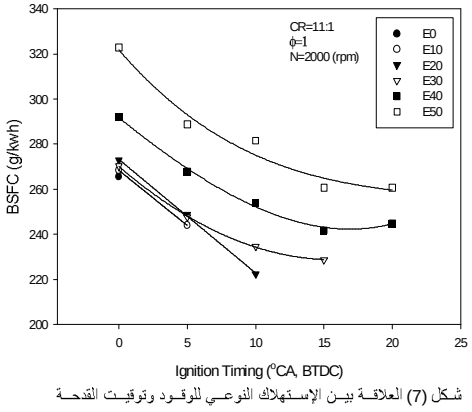
شكل (6) العلاقة بين الإستهلاك النوعي للوقود وتوقيت القدحة



شكل (5) العلاقة بين الإستهلاك النوعي للوقود وتوقيت القدحة

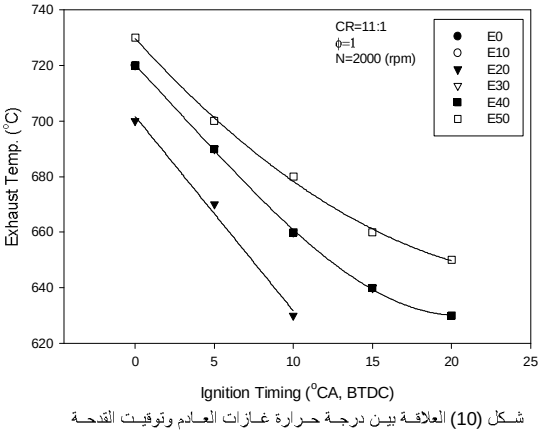


شكل (8) العلاقة بين درجة حرارة غازات العادم وتوقيت القدحة

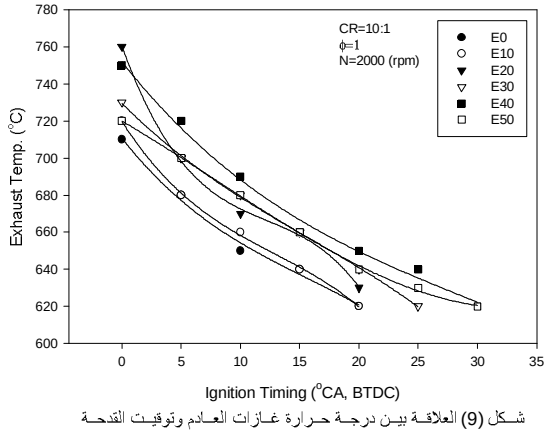


شكل (7) العلاقة بين الإستهلاك النوعي للوقود وتوقيت القدحة

ولمعرفة علاقة درجة حرارة غازات العادم الخارجة من المحرك مع توقيت القدحة تعطينا الأشكال (10,9,8) صورة واضحة لتناقص درجة حرارة غازات العادم الخارجة من المحرك عند زيادة تقديم توقيت القدحة ولجميع أنواع الوقود المستخدمة في البحث الحالي وذلك بسبب تحسن عملية الاحتراق داخل الاسطوانة مما أدى إلى تحول جزء كبير من الطاقة الحرارة المتولدة نتيجة عملية الاحتراق إلى شغل منجز على المكبس مما أدى إلى انخفاض درجة حرارة غازات العادم الخارجة من المحرك بما يتناسب مع زيادة عزم المحرك. بينما ارتفعت درجة حرارة غازات العادم مع زيادة نسبة الايثانول المضافة إلى الكازولين المرصص، وقد يرجع سبب ذلك إلى انخفاض درجة حرارة لهب الكحول وبذلك تنخفض درجة حرارة غازات الاسطوانة وبذلك يقل فقدان الحرارة (heat loss) من جدران الاسطوانة مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة غازات العادم عند استخدام نسب مختلفة لإضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص.

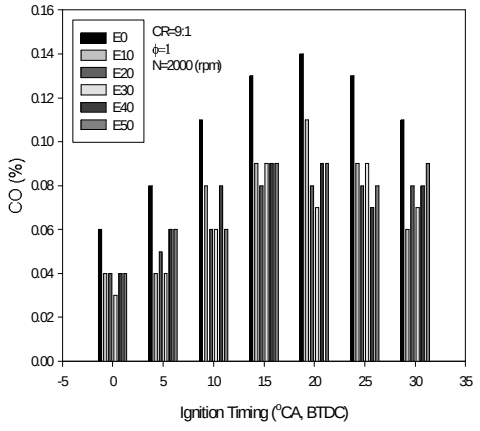


شكل (10) العلاقة بين درجة حرارة غازات العادم وتوقيت القدحة

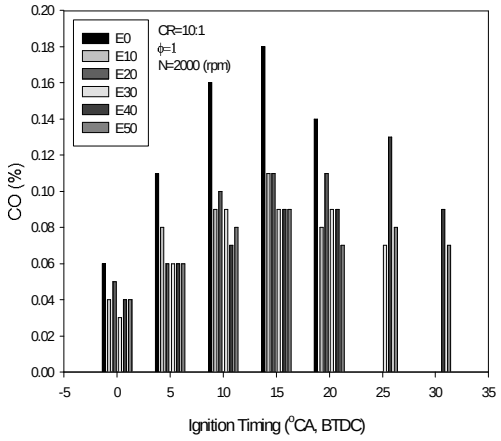


شكل (9) العلاقة بين درجة حرارة غازات العادم وتوقيت القدحة

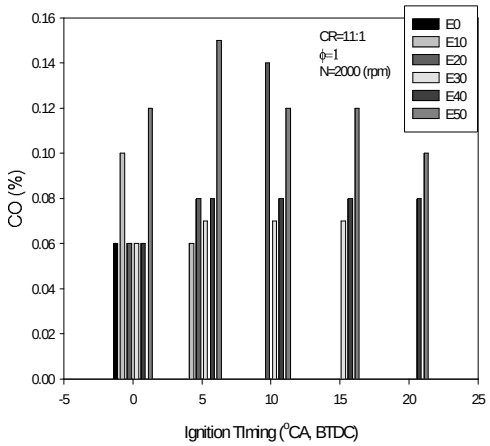
نلاحظ من خلال الأشكال (13,12,11) التي تمثل العلاقة بين نسبة انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون (CO) وتوقيت القدحة ازدياد نسبة انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون عند زيادة تقديم توقيت القدحة، وأن أعلى نسبة انبعاث من هذا الغاز كانت عند توقيت القدحة الذي يتم من خلاله الحصول على أعلى قيمة لعزم المحرك (MBT) ولجميع أنواع الوقود المستخدمة، وقد يرجع سبب ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة اللهب أثناء عملية الاحتراق ومن ثم زيادة حصول ظاهرة التحلل (Dissociation) التي تلعب دوراً كبيراً في انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون. أما فيما يتعلق بتأثير إضافة الايثانول بنسب مختلفة إلى الكازولين المرصص على انبعاث هذا الغاز فنلاحظ حصول تذبذبات في انبعاثه بسبب عدم السيطرة بصورة جيدة على النسبة المكافئة (ϕ)، وإلى التغيرات الدورية التي تحصل أثناء عملية الاحتراق، وإلى عدم تجانس الخليط (خليط الهواء والوقود) في عدد من دورات المحرك، ولكن بصورة عامة انخفضت نسبة انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون عند استخدام خلائط الايثانول مع الكازولين المرصص بنسب حجمية مختلفة عند مقارنتها باشتغال المحرك بوقود الكازولين المرصص لوحده E0.



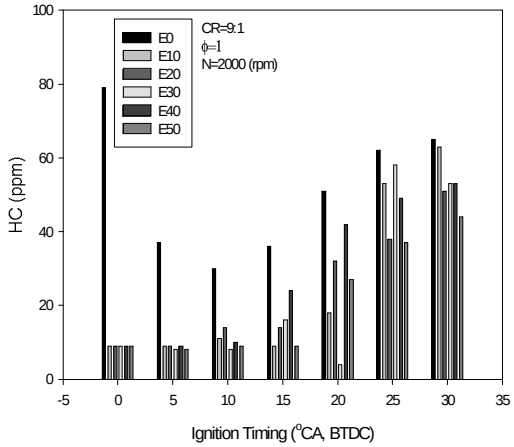
شكل (11) العلاقة بين نسبة إنبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون وتوقيت القدحة



شكل (12) العلاقة بين نسبة إنبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون وتوقيت القدحة

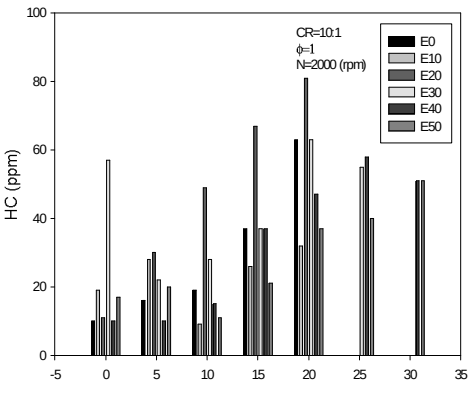


شكل (13) العلاقة بين نسبة إنبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون وتوقيت القدحة

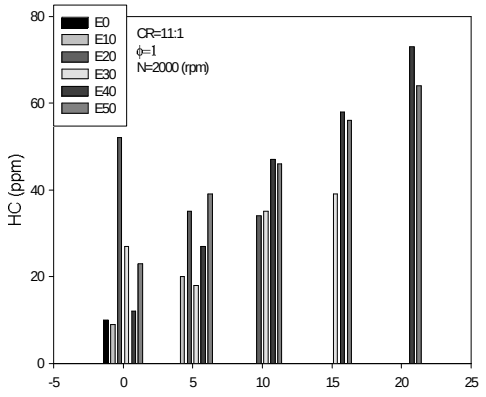


شكل (14) العلاقة بين كمية إنبعاث الهيدروكاربونات وتوقيت القدحة

أما فيما يتعلق بانبعاث الهيدروكاربونات فتوضحه الأشكال (16,15,14) التي تمثل العلاقة بين كمية انبعاث الهيدروكاربونات وتوقيت القدحة. يمكن ملاحظة زيادة انبعاث الهيدروكاربونات مع زيادة تقديم شرارة القدح، بينما قل انبعاث الهيدروكاربونات عند استخدام نسب مختلفة من إضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص مقارنة باشتغال المحرك بوقود الكازولين المرصص E0 وذلك عند تشغيل المحرك بنسبة انضغاط 9:1، بينما نلاحظ حصول تذبذبات في انبعاث الهيدروكاربونات عند تشغيل انضغاط 10:1 ,11:1 وقد يرجع ذلك إلى ارتفاع الضغط داخل غرفة الاحتراق الذي تغلب على تأثير إضافة الايثانول إلى الكازولين المرصص مما أدى إلى زيادة تأثير انبعاث الهيدروكاربونات من الأخاديد والتجاويف داخل غرفة الاحتراق (Crevices volume)



شكل (15) العلاقة بين كمية إنبعاث الهيدروكاربونات وتوقيت القدحة



شكل (16) العلاقة بين كمية إنبعاث الهيدروكاربونات وتوقيت القدحة

الاستنتاجات:

من خلال البحث الحالي الذي تم فيه دراسة تأثير استخدام الكازولين المرصص وخلائط مادة الإيثانول مع الكازولين المرصص بنسب حجمية تراوحت بين (10% - 50%) على أداء المحرك وكمية الملوثات المنبعثة منه بواسطة تغيير وقت اعطاء شرارة الاشتعال ونسبة انضغاط المحرك، ومن خلال التجارب العملية التي اجريت نستنتج ما يلي:-

1- إن عزم المحرك يزداد مع تقديم توقيت شرارة القدح بصورة ملموسة، وعند جميع نسب الانضغاط.
2- لوحظ انخفاض الاستهلاك النوعي للوقود (BSFC) مع تقديم توقيت القدح لجميع أنواع الوقود المستخدمة، وتستمر عملية الانخفاض لتصل إلى أقل قيمة له عند أعلى قيمة تم الحصول عليها مع عزم المحرك ولجميع نسب الانضغاط ومن ثم تبدأ بالازدياد تدريجياً.
3- انخفاض درجة حرارة غازات العادم الخارجة من المحرك مع تقديم توقيت القدح لجميع أنواع الوقود المستخدمة في البحث الحالي هذا من جهة، مع ارتفاع طفيف في درجة حرارة غازات العادم عند إضافة الايثانول إلى الكازولين بنسب تجاوزت 30%.
4- إن زيادة نسبة انضغاط المحرك أدت إلى زيادة عزم المحرك وانخفاض الاستهلاك النوعي للوقود، كذلك إلى انخفاض درجة حرارة غازات العادم من جهة، وإلى رفع نسبة انبعاث غاز أول أوكسيد الكاربون (CO) وكمية انبعاث الهيدروكاربونات (HC) من جهة أخرى، ولجميع أنواع الوقود المستخدمة في البحث.
5- بينت النتائج أن غاز أول أوكسيد الكاربون (CO) والهيدروكاربونات (HC) تزداد نسبة إنبعاثها عند تقديم توقيت شرارة القدح.

المصادر:

1. M. Al-Hasan, "Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission", Transaction of PERGAMON, journal of Energy conversion and management, vol. 44, P.P. 1547-1561, 2003.
2. Maher A.R. Sadiq Al-BAGHDADI, "A simulation model for a single cylinder four-stroke spark ignition engine fueled with alternative fuels" Transaction of TUBITAK, Journal, vol. 30, PP. 331-350, 2006.
3. E. ZERVAS, X. MONTAGNE, AND J. LAHAYE, "Emissions of regulated pollutants from a spark ignition engine. Influence of fuel and air/fuel equivalence ratio", Journal of environmental science & technology, vol. 37, No. 14, PP. 3232-3238, 2003.
4. Hüseyin Serdar Yücesu, Tolga Topgül, Can Cinar, Melih Okur, "Effect of ethanol-gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios",

Transaction of ELSEVIER, Journal of applied thermal engineering, vol. 26, PP. 2272-2278, 2006.

5. M.A. Ceviz, F. Yüksel, "Effects of ethanol-unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engine", Transaction of ELSEVIER, Journal of applied thermal engineering, vol. 25, PP. 917-925, 2005.
6. Tolga, Topgül, Hüseyin Serdar Yücesu, Can Cinar, Atilla Koca, "The effects of ethanol-unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions", Transaction of ELSEVIER, Journal of Renewable energy, vol. 31, PP. 2534-2542, 2006.
7. Hukan Bayraktar, "Experimental and theoretical investigation of using gasoline-ethanol blends in spark ignition engines", Transaction of ELSEVIER, Journal of Renewable energy, vol. 30. PP. 1733-1747, 2005.
8. H. Serdar Yücecu, Adnan Sonzen, Tolga Topgül, Erol Arcaklioglu, "Comparative study of mathematical and experimental analysis of spark ignition engine performance used ethanol-gasoline blends fuel", Transaction of ELSEVIER, Journal of applied thermal engineering, vol. 27, PP. 358-368, 2007.
9. Fikret Yüksel, Bedri Yüksel, "The use of ethanol-gasoline blend as a fuel in an SI engine", Transaction of ELSVIER, Journal of renewable energy, vol. 29, PP. 1181-1191, 2004.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة ـ جامعة الموصل