

تأثير حركة الصمامات المتغيرة على أداء المحرك وانبعاثاته باستخدام برنامج ريكاردو ويف

منذر شله*¹ ثائر سلام²¹ قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة - كلية الهندسة الميكانيكية - جامعة دمشق.munzershela1991@hotmail.com² دكتور - قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.saerslaam@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

اتصفت محركات الاحتراق الداخلي الحديثة بمزيد من التعقيد وذلك بهدف التقليل من استهلاك الوقود دون التأثير السلبي على أداء المحرك مع الالتزام بالقوانين المفروضة للحد من التلوث وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

يهتم هذا العمل ببيان أثر تغيير لحظة فتح وإغلاق ومدة تداخل الصمامات على أداء محرك الاحتراق الداخلي الذي يعمل بالشرارة، وذلك عن طريق تغيير لحظة فتح وإغلاق صمامي الدخول والخروج بمساعدة برنامج Ricardo Wave ، حيث ركز البحث على أثر تغيير التوقيت على أداء المحرك وانبعاثاته واستهلاك الوقود، وقد أجريت المحاكاة على محرك اشعال بالشرارة وحيد الاسطوانة. لقد أظهرت نتائج البحث أن لكل سرعة من سرعات المحرك هناك لحظة وارتفاع ومدة فتح تكون مثالية للحصول على أعلى عزم أو أقل استهلاك وانبعاثات.

الكلمات المفتاحية: التوقيت المتغير للصمامات، مدة تداخل الصمامات، أداء المحرك، الانبعاثات، محركات الاشعال بالشرارة، الكفاءة الحجمية، استهلاك الوقود، سرعة المحرك، القدرة، العزم.

تاريخ الإيداع: 2022/9/4

تاريخ القبول: 2022/12/8



حقوق النشر: جامعة دمشق - سورية،

يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب

الترخيص CC BY-NC-SA 04

The Effect of Variable Valve Timing on Spark Ignition Engine Performance and its Emissions using Ricardo Wave program

Munzer Shelleh*¹ saer slaam²

^{*1}. Student – Department of Car and Heavy Vehicle Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering – Damascus University.

munzershela1991@hotmail.com

². Department of Car and Heavy Vehicle Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering – Damascus University.

saerslaam@damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

The modern automotive Internal Combustion Engines (ICEs) are characterized by more and more complex architectures in order to minimize the fuel consumption, without penalizing power and torque performance, and to comply with the European law concerning the pollutants and CO2 emissions.

The present work deals with the open, close and overlap period variation effects on spark ignition engine performance; by changing the intake and exhausts valves open and close timings in Ricardo wave software. The study focuses on the impact of this timing variation on engine performance, Brake specific fuel consumption and exhaust gases emission. The work was conducted on single cylinder engine SI engine type

Keywords: Variable valve timing, overlap period, engine performance, emissions, spark ignition engines. Volumetric Efficiency, BSFC Brake specific fuel consumption, engine speed. Power, Torque

Received: 4/9/2022

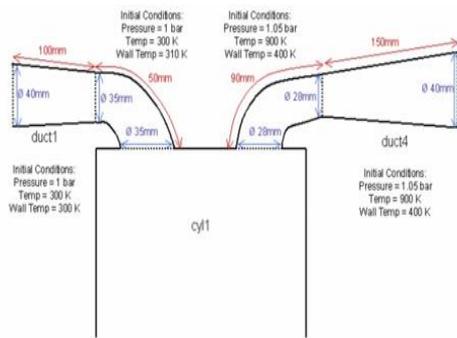
Accepted: 8/12/2022



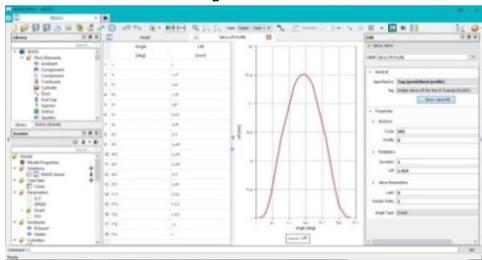
Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة:

أي من قبل النقطة الميتة العليا بـ (90) درجة إلى لحظة الفتح عند النقطة الميتة العليا تماماً، وبمدة فتح ثابتة (280) درجة، وبمقدار ارتفاع يصل إلى [12.5mm]، وذلك بعد أن تم مضاعفته بنسبة (1.4) كما في الشكل (3).



الشكل (2) أبعاد مشعبي السحب والطررد

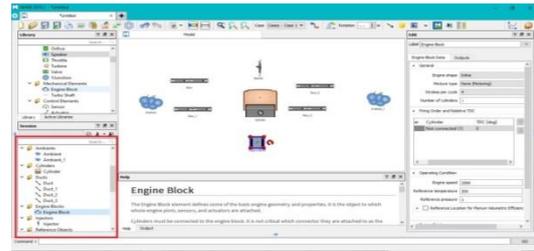


الشكل (3) تغيير لحظة فتح صمام السحب

ويبقى في هذه الحالة صمام العادم دون تغيير بلحظة فتح عند (105) درجات أي قبل النقطة الميتة السفلى بـ (75) درجة وبمدة فتح (300) درجة أي إلى ما بعد النقطة الميتة العليا بـ (45) درجة.

يبين الشكل (4) منحنى حركة الصمامين ومقدار ارتفاعهما منسوباً إلى قطرهما، حيث أن قطر صمام الدخول [35mm] وقطر صمام العادم [28 mm]. وذلك ابتداءً من سرعة 1000 [rpm] إلى السرعة [5000rpm]، وجرت الدراسة عند كل [1000rpm]. كما يبين الشكل (5) مقدار التداخل بين الصمامات التي تتراوح بين (45) درجة إلى (135) درجة عند

إن برنامج Ricardo Wave من برامج النمذجة والمحاكاة التي تحوي عدداً كبيراً من الأدوات التي يمكن من خلالها دراسة مختلف حالات عمل المحرك وتغيير معطياته ومدخلاته وتأثيرها في آلية عمله واستطاعته ومقدار الانبعاثات الناتجة. حيث يمكن من خلال البرنامج تغيير نوع الوقود وآلية الإشعال وأبعاد الصمامات ومخططات حركتها وبالتالي توفير الجهد المصروف على التجارب في الواقع والمخابر. ولبدء بإنشاء النموذج يتم سحب العناصر المطلوبة وهي الأسطوانة ومشعبي السحب والطررد وأربعة أنابيب والحاقد وجسم المحرك كما هو موضح في الشكل (1).



الشكل (1) مكونات النموذج

معلومات إضافية لمعرفة كيفية استخدام**البرنامج:**

عجلة الماوس تُستخدم للتكبير والتصغير والضغط على العجلة يُستخدم للتحريك سواء تحريك اللوحة ككل أو تحريك أحد المكونات، لأن الزر اليساري من الماوس يستخدم لوصول العناصر مع بعضها. عند تغيير المعطيات التي تكون أساسية يتم وضعها بخط عريض لتمييزها عن غيرها. ثم يجري ادخال الشروط الابتدائية والأبعاد ونوع المحرك وعدد الاسطوانات وأبعاد مشعبي السحب والطررد كما في الشكل (2).

1- الدراسة الأولى:

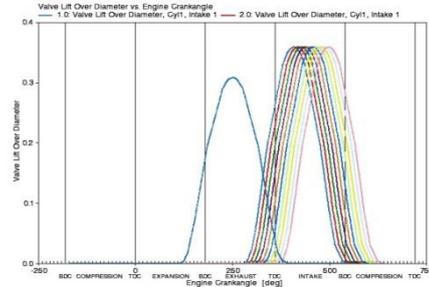
تناولت هذه الدراسة أثر تغيير لحظة فتح صمام السحب على أداء المحرك من لحظة فتح (270) درجة إلى (360) درجة،

شله، سلام

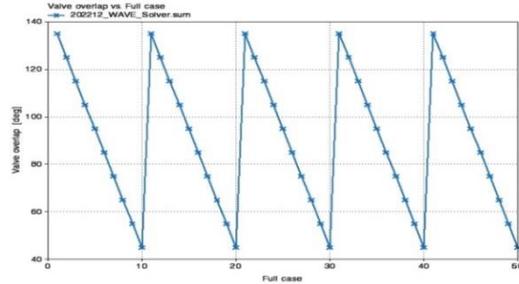
تأثير حركة الصمامات المتغيرة على أداء المحرك وانبعثاته باستخدام برنامج.....

للضغط الوسطي، وهي لحظة فتح (60) درجة قبل النقطة الميتة العليا. وعند سرعة $[rpm]$ 3000 نلاحظ أن القيمة المثلى لفتح الصمام تقع بين القيمتين الرابعة والخامسة والتي تعطي أعلى قيمة للضغط الوسطي، وهي لحظة فتح (55) درجة قبل النقطة الميتة العليا. وعند سرعة $[rpm]$ 4000 اللحظة المثلى هي (50) درجة قبل النقطة الميتة العليا. وعند سرعة $[rpm]$ 5000 اللحظة المثلى هي (40) درجة قبل النقطة الميتة العليا.

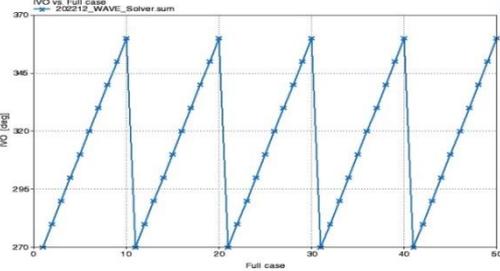
كل سرعة من سرعات المحرك ، والشكل (6) يبين لحظة فتح صمام السحب في كل الحالات.



الشكل (4) منحني حركة الصمامين ومقدار ارتفاعهما



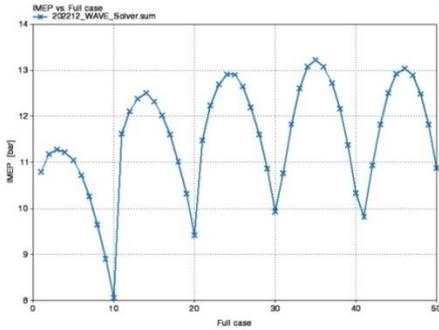
الشكل (5) مقدار التداخل بين الصمامات



الشكل (6) لحظة فتح صمام السحب

2-2- استهلاك الوقود النوعي (BSFC):

يُلاحظ أن أقل قيمة لاستهلاك الوقود عند لحظة مثلى لفتح الصمام تختلف باختلاف السرعة كما في الشكل (8). فعند سرعة $[rpm]$ 1000 نلاحظ أن القيمة المثلى لفتح الصمام هي القيمة الثالثة التي تعطي أقل قيمة لاستهلاك الوقود، وهي لحظة فتح (70) درجة قبل النقطة الميتة العليا. بينما عند سرعة $[rpm]$ 2000 نلاحظ أن القيمة المثلى لفتح الصمام هي القيمة الرابعة التي تعطي أقل قيمة لاستهلاك الوقود، وهي لحظة فتح (60) درجة قبل النقطة الميتة العليا.



الشكل (7) اختلاف قيم الضغط الوسطي الأعظمي باختلاف السرعة وعند سرعة $[rpm]$ 3000 نلاحظ أن القيمة المثلى لفتح الصمام تقع بين القيمتين الرابعة والخامسة والتي تعطي أقل قيمة لاستهلاك الوقود وهي لحظة فتح (55) درجة قبل النقطة الميتة العليا. وعند سرعة $[rpm]$ 4000 تكون اللحظة المثلى هي (50) درجة قبل النقطة الميتة العليا. وعند سرعة 5000

2-1- الضغط الوسطي داخل اسطوانة المحرك

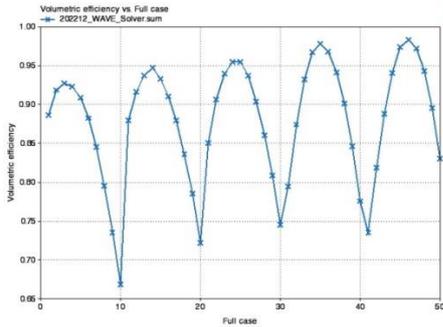
(IMEP):

تُشير نتائج الدراسة إلى أن أعلى قيمة للضغط الوسطي عند لحظة مثلى لفتح الصمام تختلف باختلاف السرعة كما في الشكل (7). فعند سرعة $[rpm]$ 1000 مثلاً نلاحظ أن القيمة المثلى لفتح الصمام هي القيمة الثالثة التي تعطي أعلى قيمة للضغط الوسطي، وهي لحظة فتح (70) درجة قبل النقطة الميتة العليا. بينما عند سرعة $[rpm]$ 2000 نلاحظ أن القيمة المثلى لفتح الصمام هي القيمة الرابعة التي تعطي أعلى قيمة

شله، سلام

تأثير حركة الصمامات المتغيرة على أداء المحرك وانبعثاته باستخدام برنامج.....

يُلاحظ أن القيمة العظمى للجودة الحجمية عند لحظة مُثلى لفتح الصمام تختلف باختلاف سرعة المحرك كما في الشكل (10). فعند سرعة $1000 [rpm]$ نلاحظ أن القيمة المُثلى لفتح الصمام هي القيمة الثالثة والتي تعطي أعلى قيمة للكفاءة الحجمية، وهي لحظة فتح (70) درجة قبل النقطة الميتة العليا. بينما عند سرعة $2000[rpm]$ يتبين أن القيمة المُثلى لفتح الصمام هي القيمة الرابعة والتي تعطي أعلى قيمة للكفاءة الحجمية، وهي لحظة فتح (60) درجة قبل النقطة الميتة العليا. وعند سرعة $3000[rpm]$ يتبين أن القيمة المُثلى لفتح الصمام تقع بين القيمتين الرابعة والخامسة والتي تعطي أعلى قيمة للكفاءة الحجمية، أي عند لحظة فتح (55) درجة قبل النقطة الميتة العليا. وعند سرعة $4000[rpm]$ و $5000[rpm]$ تكون اللحظة المثلى هي (50) درجة قبل النقطة الميتة العليا.

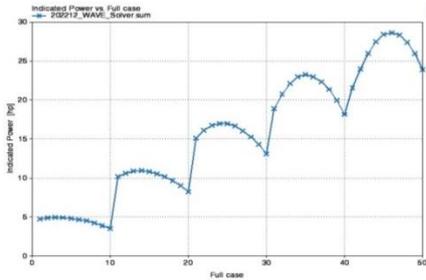


الشكل (10) اختلاف قيم الكفاءة الحجمية العظمى باختلاف السرعة

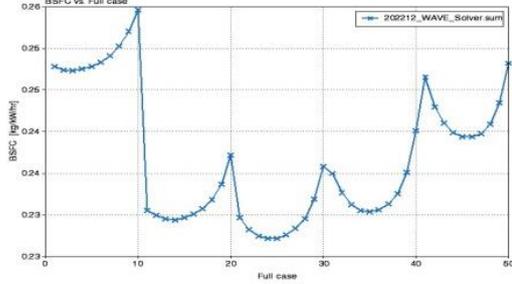
2-5- الاستطاعة البيانيية للمحرك

(Indicated power):

يبين الشكل (11) منحنى الحصول على القيم العظمى لاستطاعة المحرك، وهو مشابه لمنحنى القيم العظمى للعزم.



$[rpm]$ تكون اللحظة المثلى هي (45) درجة قبل النقطة الميتة العليا.

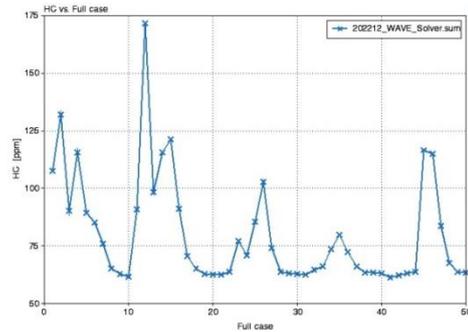


الشكل (8) اختلاف قيم استهلاك الوقود الدنيا باختلاف السرعة

2-3- مقدار انبعثات الهيدروكربونات (HC):

يُلاحظ أن أقل قيمة لانبعثات (HC) عند لحظة مُثلى لفتح الصمام تختلف باختلاف السرعة كما في الشكل (9). فعند سرعة $1000[rpm]$ وسرعة $2000[rpm]$ نلاحظ أن القيمة الأخيرة للحظة فتح الصمام تعطي أقل قيمة لانبعثات (HC)، أي عند لحظة فتح منطبقة على النقطة الميتة العليا بدون أي تسبيق، وتكون قيم HC بحدود $60 [ppm]$.

وعند سرعة $3000[rpm]$ حتى $5000[rpm]$ نلاحظ أن لحظتي فتح الصمام عند (10) و(80) درجة قبل النقطة الميتة العليا، أي القيمتين الأولى والأخيرة تعطيان أقل قيمة لانبعثات (HC).



الشكل (9) اختلاف قيم الانبعثات الدنيا باختلاف السرعة

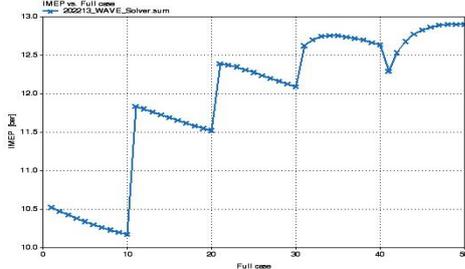
2-4- الجودة الحجمية للمحرك

(Volumetric Efficiency):

شله، سلام

تأثير حركة الصمامات المتغيرة على أداء المحرك وانبعثاته باستخدام برنامج.....

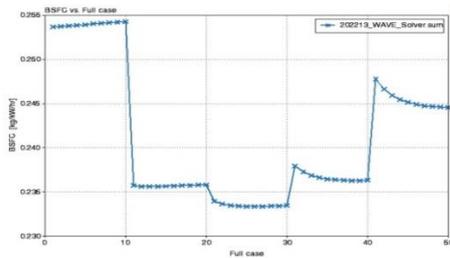
الشكل (11) منحنى الحصول على القيم العظمى لقدرة المحرك
2- الدراسة الثانية:
تمت دراسة أثر تغيير ارتفاع صمام السحب على أداء
المحرك من مقدار [mm] 7 إلى مقدار [mm] 15 بعشر
حالات، وبمدة فتح ثابتة (280) درجة، وبلحظة فتح ثابتة وهي
(30) درجة قبل النقطة الميتة العليا. ويبين الشكل (12)
حالات تغير ارتفاع الصمام بالنسبة إلى قطره البالغ 35
:[mm]



الشكل (13) اختلاف قيم الضغط الوسطي العظمى باختلاف السرعة

3-2- استهلاك الوقود النوعي (BSFC):

تُشير نتائج الدراسة إلى أن أقل قيمة لاستهلاك الوقود عند
تغير ارتفاع الصمام تختلف باختلاف السرعة كما في الشكل
(14). فعند سرعة [rpm] 1000 و [rpm] 2000 يتبين أن
القيمة الأولى لارتفاع الصمام تعطي أقل قيمة لاستهلاك
الوقود، أي عند ارتفاع [mm] 7. بينما عند سرعة
[rpm] 3000 يتبين أن القيمة الخامسة لارتفاع الصمام تعطي
أقل قيمة لاستهلاك الوقود، أي عند ارتفاع [mm] 10,7. وعند
سرعة [rpm] 4000 و [rpm] 5000 يتبين أن القيمة الأخيرة
لارتفاع الصمام تعطي أقل قيمة لاستهلاك الوقود، أي عند
ارتفاع [mm] 15.

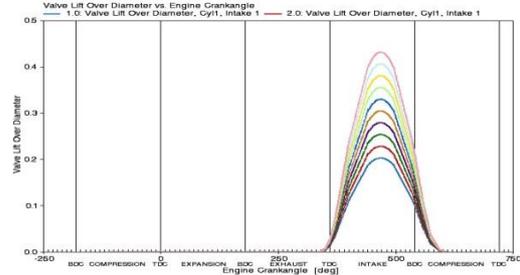


الشكل (14) اختلاف قيم استهلاك الوقود الدنيا باختلاف السرعة

3-3- مقدار انبعثات الهيدروكربونات (HC):

تُشير نتائج الدراسة إلى أن أقل قيمة لانبعثات (HC) عند
تغير ارتفاع صمام يختلف باختلاف السرعة، ويُلاحظ أيضاً
أنه عند كل سرعات المحرك فإن انبعثات (HC) تكون بأقل

الشكل (12) حالات تغير ارتفاع الصمام منسوبة إلى قطره



وَأما صمام العادم فيبقى دون تغيير بلحظة فتح عند
(105) درجة أي قبل النقطة الميتة السفلى بـ (75) درجة،
وبمدة فتح (300) درجة أي إلى ما بعد النقطة الميتة العليا بـ
(45) درجة، وبمدة تداخل ثابتة قيمتها (75) درجة، وذلك
ابتداءً من سرعة منخفضة [rpm] 1000 إلى السرعة
[rpm] 5000، وتمت الدراسة عند كل فاصل [rpm] 1000
أي ما يعادل خمسون حالة.

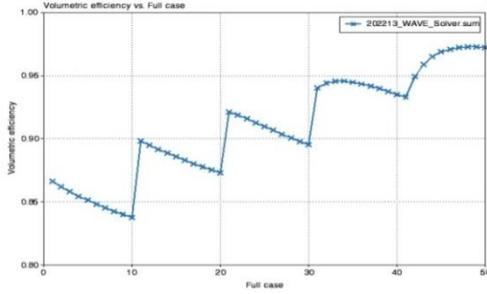
3-1- الضغط الوسطي البياني داخل اسطوانة المحرك

(IMEP):

تُشير نتائج الدراسة إلى أن أعلى قيمة للضغط الوسطي
عند تغير ارتفاع الصمام تختلف باختلاف السرعة كما في
الشكل (13). فعند سرعة [rpm] 1000 و [rpm] 2000 و
[rpm] 3000 يتبين أن القيمة الأولى لارتفاع الصمام تعطي
أعلى قيمة للضغط الوسطي، أي عند ارتفاع [mm] 7. بينما
عند سرعة [rpm] 4000 يتبين أن القيمة الخامسة لارتفاع
الصمام تعطي أعلى قيمة للضغط الوسطي، أي عند ارتفاع

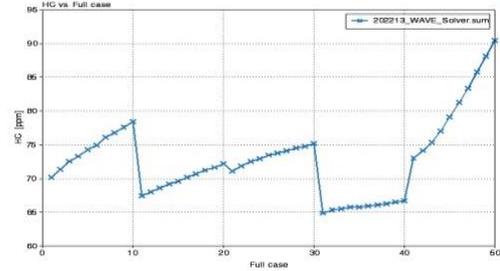
شله، سلام

تأثير حركة الصمامات المتغيرة على أداء المحرك وانبعثاته باستخدام برنامج.....



الشكل (16) اختلاف قيم الكفاءة الحجمية العظمى باختلاف السرعة

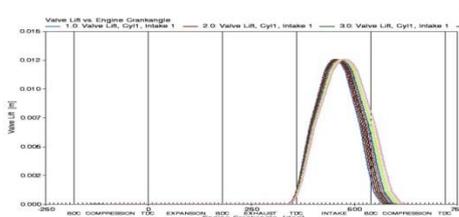
مستوياتها عند ارتفاع صمام قليلاً أي [7mm]، وتزداد مع زيادة ارتفاع صمام السحب كما في الشكل (15).



الشكل (15) اختلاف قيم الانبعثات باختلاف السرعة

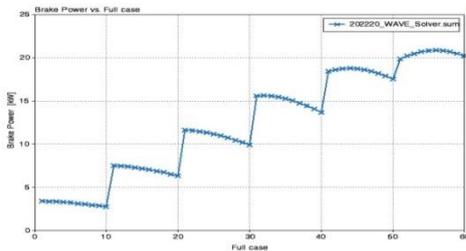
3- الدراسة الثالثة:

تم تغيير مدة فتح الصمام مع تثبيت لحظة الفتح، أي أن التغيير كان بلحظة إغلاق الصمام من مدة فتح (250) درجة إلى مدة فتح (310) درجة كما في الشكل (17).



الشكل (17) زمن فتح وإغلاق الصمام

ويلاحظ أن القدرة تزداد مع زيادة سرعة المحرك، إلا أنها عند السرعات المنخفضة لها قيمة كبيرة عند مدة فتح قليلة، بينما عند السرعات العالية فإن فترة الفتح المتوسطة هي التي تعطي أكبر استطاعة كما في الشكل (18).



الشكل (18) مخطط القدرة

أما بالنسبة للعزم والجودة الحجمية فيلاحظ بشكل عام انخفاض قيمتهما عند سرعات عالية، وذلك بسبب عدم وجود وقت كافي لملء الأسطوانة والاحتراق.

3-4- الجودة الحجمية للمحرك (Volumetric

efficiency)

تُشير هذه الدراسة إلى أن أعلى قيمة للكفاءة الحجمية عند تغيير ارتفاع الصمام تختلف باختلاف السرعة كما في الشكل (16)، فعند سرعة 1000[rpm] و 2000[rpm] وأعلى قيمة للكفاءة الحجمية، أي عند ارتفاع [7mm]. بينما عند سرعة 4000[rpm] يتبين أن القيمة الثالثة لارتفاع الصمام تعطي أعلى قيمة للكفاءة الحجمية، أي عند ارتفاع [8,8mm]. حيث يمكن معرفة ارتفاع الصمام عند قيمة n بالعلاقة المُستنتجة:

$$\Rightarrow L = 7 + \frac{15-7}{9} * (n - 1)$$

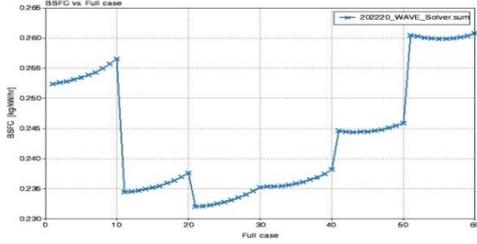
$$\Rightarrow \text{القيمة الثالثة} \rightarrow 7 + \frac{15-7}{9} * 2 = 8,8$$

وعند سرعة 5000[rpm] يتبين أن القيمة الأخيرة لارتفاع الصمام تعطي أعلى قيمة للكفاءة الحجمية، أي عند ارتفاع [15mm].

شله، سلام

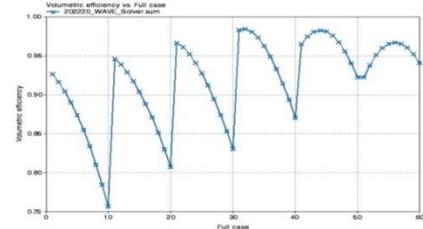
تأثير حركة الصمامات المتغيرة على أداء المحرك وانبعثاته باستخدام برنامج.....

المنخفضة بينما عند السرعات العالية فإن الاستهلاك ينخفض عند قيم وسطى لمدة فتح الصمام

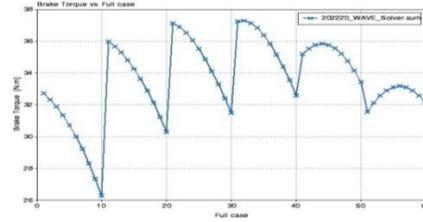


الشكل (21) مخطط استهلاك الوقود

ويلاحظ أيضاً أنه عند السرعات المنخفضة، تعطي مدة الفتح القليلة عزم وكفاءة حجمية أكبر من حالة مدة فتح كبيرة، أما عند السرعات العالية فإن مدة الفتح المتوسطة تعطي قيمة أعلى للكفاءة الحجمية والضغط كما الشكل (19) والشكل (20).



الشكل (19) مخطط الكفاءة الحجمية



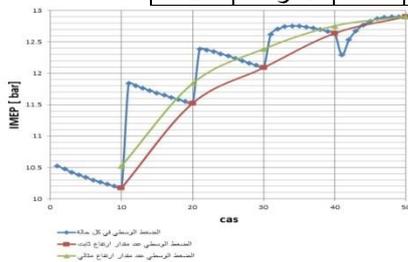
الشكل (20) مخطط العزم

ويمكننا تلخيص التجارب الثلاث بجدول المثالية الآتي:

ويبين الشكل (21) مخطط استهلاك الوقود حيث يبين أن استهلاك الوقود يزداد بازدياد مدة الفتح عند السرعات

الجدول (1) جدول المثالية

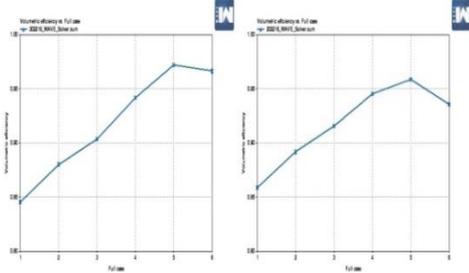
للحصول على المثالية في									سرعة المحرك [rpm]
الانبعاثات HC			الاستهلاك			الضغط أو القدرة أو العزم			
مدة الفتح [deg]	لحظة الفتح [BTDC]	الارتفاع [mm]	مدة الفتح [deg]	لحظة الفتح [BTDC]	الارتفاع [mm]	مدة الفتح [deg]	لحظة الفتح [BTDC]	الارتفاع [mm]	
250	0	7	250	70	7	250	70	7	1000
250	0	7	250	60	7	250	60	7	2000
250	10 أو 80	7	250	55	11	256	55	7	3000
250	10 أو 80	7	262	50	15	270	50	11	4000
250	10 أو 80	7	280	45	15	280	40	15	5000



وللمقارنة بين قيم الضغط الوسطي عند ارتفاع ثابت وبين قيم الضغط الوسطي عند ارتفاع مثالي تم رسم الشكل (22).

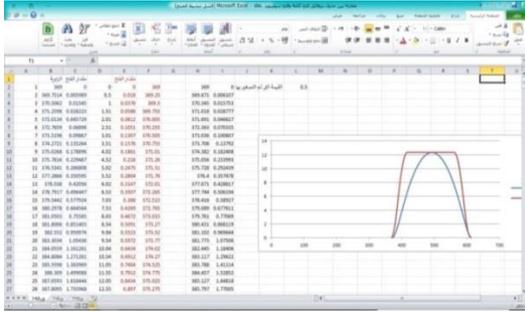
شله، سلام

تأثير حركة الصمامات المتغيرة على أداء المحرك وانبعاثاته باستخدام برنامج.....



الشكل (23) الكفاءة الحجمية لحالي ارتفاع صمام عند 9[mm] وعند 12.5[mm]

ولتمثيل حركة الصمام الكهرومغناطيسي تم نسخ الجدول الموجود في البرنامج والذي يُمثل قيم حركة الصمامات ومن ثم إضافتها إلى برنامج الاكسل، والتعديل عليها للحصول على حركة صمام مشابهة للحركة التي سيقوم فيها الصمام المتحكم به هيدروليكيًا أو مغناطيسيًا كما في الشكل (25).



الشكل (24) تمثيل حركة الصمام الكهرومغناطيسي على برنامج اكسل

ويلاحظ من الشكل (25) والذي يمثل مخطط الكفاءة الحجمية أنه عند السرعة 5000 أصبحت الكفاءة الحجمية أكبر باستخدام حركة الصمام الكهرومغناطيسي الموضح بجهة اليمين، بينما في السرعات المنخفضة فإن الفتح العادي يعطي كفاءة حجمية أكبر، والسبب يعود إلى أن فتح الصمام وإعطائه مساحة عبور أكبر عند السرعات المنخفضة سيؤدي إلى عودة الشحنة باتجاه مشعب السحب.

الشكل (22) مخطط مقارنة بين قيم الضغط الوسطي عند ارتفاع

ثابت وبين قيم الضغط الوسطي عند ارتفاع مثالي

إن أعلى ضغط يمكن الحصول عليه هو 12.9[bar] وذلك عند السرعة 5000[rpm] بارتفاع صمام السحب بمقدار 15[mm]، ولكن إذا اعتمدنا هذا الارتفاع وثبتناه على كل السرعات سنجد أن الضغط لا يكون مثاليًا إلا عند السرعة 5000[rpm] أما عند باقي السرعات فهناك قيم أخرى لارتفاع الصمام تُعطي ضغطاً أكبر فمثلاً عند السرعة 1000[rpm] سيكون الضغط 10.5[bar] إذا تم فتح صمام السحب 7[mm] فقط، بينما سيكون الضغط 10.2[bar] إذا تم فتح صمام السحب 15[mm] أي سيكون الضغط أقل بمقدار 2.8%.

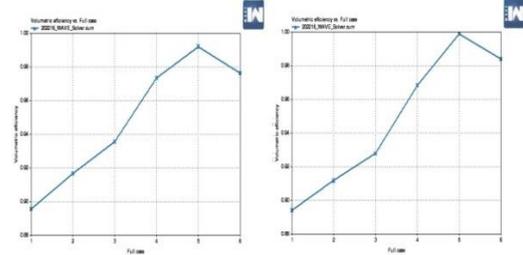
ومن مخطط الانبعاثات في الدراسة الثانية سنجد أن مقدار الفتح هذا يُعطي انبعاثات أكبر وبالتالي لا يمكن اعتماده أو تشبيته لكل السرعات، ويمكن رسم مخطط للمقارنة لباقي التجارب وفق طريقة رسم هذا المخطط

4- الدراسة الرابعة:

تم فيها دراسة الكفاءة الحجمية للمحرك عند تغيير في ارتفاع الصمام، حيث يبين الشكل (24) علاقة الكفاءة الحجمية للمحرك بمقدار ارتفاع الصمام وتم دراسة حالتين لارتفاع الصمام، الأول على اليمين ارتفاع عادي 9 [mm]، والثاني على اليسار ارتفاع إضافي حتى 12.5 [mm]، وعند ست سرعات من سرعة المحرك من 1000 [rpm] حتى 6000[rpm]، ويتبين أنه فقط عند السرعات العالية كانت الكفاءة الحجمية أكبر في حالة الرفع الإضافي، بينما عند سرعات منخفضة فإن الكفاءة الحجمية تأخذ قيمة أكبر عند الارتفاع العادي، أي أن ارتفاع الصمام الإضافي غير مفيد في السرعات المنخفضة.

5. NOMENCLATURE

6. BMEP Brake mean effective pressure, bar
7. BSFC Brake specific fuel consumption, g/kWh
8. TDC Top Dead Center
9. CO Carbon monoxide
10. EVC Exhaust valve close, degree
11. EVO Exhaust valve open, degree
12. IVC Inlet valve close, degree
13. IVO Inlet valve open, degree
14. ICE Internal Combustion Engine
15. NOx Nitrogen oxide.



الشكل (25) الكفاءة الحجمية

5- الخلاصة والمقترحات

1. تبين من خلال التجارب أنه للحصول على أعلى قدرة للمحرك وأقل انبعاثات فإنه لا يوجد قيمة واحدة لارتفاع الصمام أو لحظة فتحه تكون مثالية وإنما يوجد قيمة مثالية لكل سرعة من سرعات المحرك ويوجد قيمة مثالية لكل هدف نسعى لتحقيقه سواء الحصول على أعلى قدرة أو الحصول على أقل انبعاثات

2. يمكن تنظيم جدول يحوي القيمة المثالية عند كل سرعة من سرعات المحرك ثم ادخاله إلى وحدة التحكم التي بدورها تتحكم بمقدار ارتفاع الصمام ليكون ارتفاع مثالي يحقق غاية ما

3. يمكن العمل على وضع أكثر من نظام في الآلية كأن يكون هناك نظام اقتصادي للعمل على قيم مثالية تعطي أقل استهلاك للوقود ونظام رياضي مثلاً يعمل على القيم المثالية التي تحقق أعلى قدرة وعزم للمحرك

4. يقترح الباحث التوسع في مجالات السرعة والدراسة عند عدد أكبر من القيم وإيجاد طريقة رياضية مبسطة للحصول على المثالية لعدة أهداف كأن نختار قيمة لارتفاع الصمام تكون وسطية ومناسبة لقدرة كبيرة دون استهلاك كبير في الوقود.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595)

References:

1. د علي صبح - د ثائر سلام وآخرون / محركات الاحتراق الداخلي / 1 / و / 2 / منشورات جامعة دمشق 2012
2. د. محمد السراقبي تصميم محركات الاحتراق الداخلي - منشورات جامعة دمشق عام 2010
3. O. Ghazal, Y. Najjar and K. AL-Khishali, "Effect of Varying Inlet Valve Throat Diameter at Different IVO, IVC, and OVERLAP Angles on SI Engine Performance," *London, U.K*, 2011.
4. C. ÇINAR, "Effect of Intake Valve Closing Time on Engine Performance and Exhaust Emissions in a Spark Ignition Engine," *Gazi University , ANKARA*, 2007.