تحديد تجريبي لتأثير المتغيرات المختلفة على منظومة الحقن في محركات الديزل ثنائية الوقود وتأثيرها على مؤشرات عمل المحرك

الدكتور المهندس حاتم المنصور

أستاذ مساعد في قسم الطاقة

كلية الهندسة الميكانيكية – جامعة حلب

الملخص

تــرتبط عملــية تحسين المواصفات التقنية والاقتصادية والبيئية لمحركات الديــزل بعملــيات تحسين الشوط العامل لهذه المحركات، حيث تمتلك عملية تشكيل الخلــيط ثنائي المرحلة في هذا المنحى أهمية كبرى، وذلك بإغناء الهواء الداخل إلى أســطوانة المحــرك بأبخرة الوقود عن طريق عملية تشكيل خليط خارجي. في هذه الحالــة تمــتلك العديد من العوامل تأثيراً مباشراً أو غير مباشر على جريان الدارة العاملة في هذه المحركات.

ومــن أجــل هذا الغرض كان لابد من إجراء التجارب التي من شأنها أن تظهــر تأثيــر العوامل الترموديناميكية المختلفة على جريان الدارة، وبالتالي مقارنة النــتائج مــع الــشروط المثالية الضرورية لتحقيقها. كما أن هذه الدراسة تفيدنا في إعطــاء فكرة واضحة عن الأساليب الواجب إتباعها بقصد تحسين الطرق المرعية في الاستفادة من الحرارة المبذولة عند تحويلها إلى عمل مفيد.

كلمات مفتاحيه: زاوية تسبيق الحقن–محرك ديزل–ضغط بداية فتح الحاقن

المقدمة:

يجـــري الـــبحث عن أفضل الطرق المرعية من أجل تحسين جريان الدارة العاملة في المحرك، وبالتالي الحصول على عمل ناعم لمحركات الديزل، أي التقليل مـــن مـــستوى الضجيج الناتج عنه. وقد لاقت طريقة تشكيل الخليط ثنائي المرحلة، وذلـــك عـــن طريق إغناء الهواء الداخل إلى داخل الأسطوانة بواسطة أبخرة الوقود اهـــتماماً كبيـــراً، حيث من شانها هذه الطريقة أن تخفض ضجيج المحرك إلى أدنى مستوياته، كما أنها تؤمن أفضل شروط عمل للمحرك من ناحية الاقتصادية والقدرة على العمل.

وكـــان أول مـــن طـــرح فكرة استخدام تشكيل الخليط الثنائي في محركات الديزل البروفيسور شارومسكي (Чаромский) في الاتحاد السوفيتي في ثلاثينيات القرن العشرين. حيث تبين له إمكانية تقليل عامل فائض الهواء عند احتراق الوقود وتحـــسين جـــريان عملية الاحتراق عن طريق إدخال كمية صغيرة من الوقود مع الهواء الداخل إلى داخل أسطوانة المحرك [5].

كما اهتمت بعض الدراسات السابقة بدراسة جوانب مختلفة من هذه الآلية. ففـــي أعمال Sakharov [2] نجد دراسة الأنظمة الموافقة للحمولة الكلية وسرعات مخـــتلفة للعمـــود المرفقـــي، إلا أن ســـاخروف لم يبحث تأثير سرعة المحرك في الاســـتهلاك الأمثل للوقود المقدم في البداية، حيث كانت المسألة الأساسية من البحث هي وضع المؤشرات المثلى عند نظام عمل المحرك الاسمي.

كمـــا بـــرهن Khandov [3] على أن تشكيل الخليط يكون فعالاً فقط في مجـــال الحمولات الكبيرة. بالمقابل وبالرجوع إلى البحث [6]نجد أن الباحث قد تقدم بطرح مفهوم عامل التنشيط التابع للطاقة الحرارية للشحنة المضغوطة. وقد توصل إلى أنه، وخلافا لما زعمه Khandov، يجب أن يكون تشكيل الخليط ثنائي المرحلة فعـــالاً فـــي كـــل مجالات عمل محرك الديزل وذلك عن طريق تنظيم فعال لجرعة الوقود الأولية.

وفـــي بحث علمي آخر [8] توصل الباحث إلى أن أفضل جريان لمواصفة الحمولة يكون عند حقن وقود البنزين في المرحلة الأولى ووقود الديزل في المرحلة الثانية.

أهمية البحث وأهدافه:

على الرغم من الأبحاث الكثيرة في مجال تشكيل الخليط ثنائي المرحلة، إلا أن هـــذا الـــبحث سوف ينفرد في دراسته تأثير لحظة بداية حقن الوقود في مراحل تـــشكيل الخليط الأولية والثانوية على مؤشرات عمل المحرك، كما يبحث في تأثير ضغط بداية حقن الجرعة الأساسية للوقود داخل أسطوانة المحرك.

طريقة البحث:

1-وصف للمحرك التجريبي المستخدم في الاختبار

لقد تم استخدام مكبح كهربائي، وزود المحرك بمضختي وقود ذواتي ضغط مـــرتفع مـــستقلتين وذلـــك بهدف الدراسة التفصيلية لدارة الديزل عند تطبيق طرق مختلفة لتشكيل الخليط الثنائي. يوضح الجدول -1- أهم مواصفات المحرك.

جدول -1-مواصفات المحرك

التسمية	الرمز	المقاس
نوع المحرك	-	رباعي الأشواط
عدد الاسطوانات	I	1
قطر الأسطوانة/طول الشوط	D/S	125/140 mm/mm
نسبة الانضغاط	ε	15
سرعة الدوران الاسمية	n	1600 rpm
الاستطاعة الاسمية	P_e	13 kW

يـــتم حقـــن الجـــرعة الرئيسية من الوقود بواسطة منظومة وقود تقليدية، أما الجـــرعة الأولية فتتم عملية حقنها داخل مجمع الامتصاص. فقد تم تركيب مضخة ضـــغط عالي وحيدة البرج plunger تقاد من محور الكامات. الحواقن المستخدمة كانت كما يلي: الحاقن الأساسي كان من النوع المغلق أما الحاقن الإضافي فكان من الـــنوع المفتوح مع صمام عدم رجوع. كما يتم التحكم بتدفق ماء التبريد المار عبر دارتين مستقلتين إحداهما حول القميص والثانية حول رأس الأسطوانة.

2-تأثير زاوية تسبيق الاشتعال على مؤشرات عمل المحرك:

لقـــد توصـــل الباحث [8] إلى أنه يمكن الوصول إلى أفضل النتائج في حالة تطبيق تشكيل الخليط المختلط عندما يتشكل في المرحلة الأولى منه خليط متجانس. يمكـــن الحـــصول علـــى مـــزيج متجانس في غياب المغذي (غير مسموح به في محركات الديزل) عن طريق استخدام مبخر، لكن هذه الآلية غير ملائمة للمحركات التـــي تعمـــل على أنظمة عمل متغيرة. كما يمكن استخدام حقن للوقود بشكل أولي خـــلال شوط الانضغاط وذلك باختيار لحظة بداية الحقن بحيث تكون درجة الحرارة داخـــل أســـطوانة المحـــرك مناسبة لحدوث تبخر كامل كمية الوقود المحقونة وذلك بشكل سريع وكامل.

لكـــن وبـــسبب ظهـــور الصعوبات الجمّة في تذرير الكميات الصغيرة من الوقـــود فـــي وسط ضغط مقاوم، وعدم كفاية الزمن اللازم للتبخير والتنشيط، يلزم الـــتوجه إلـــى تحقـــيق تشكيل خليط ثنائي الطور بدلاً أن يكون ثنائي المرحلة، وإلا سوف تتعقد أجهزة حقن الوقود.

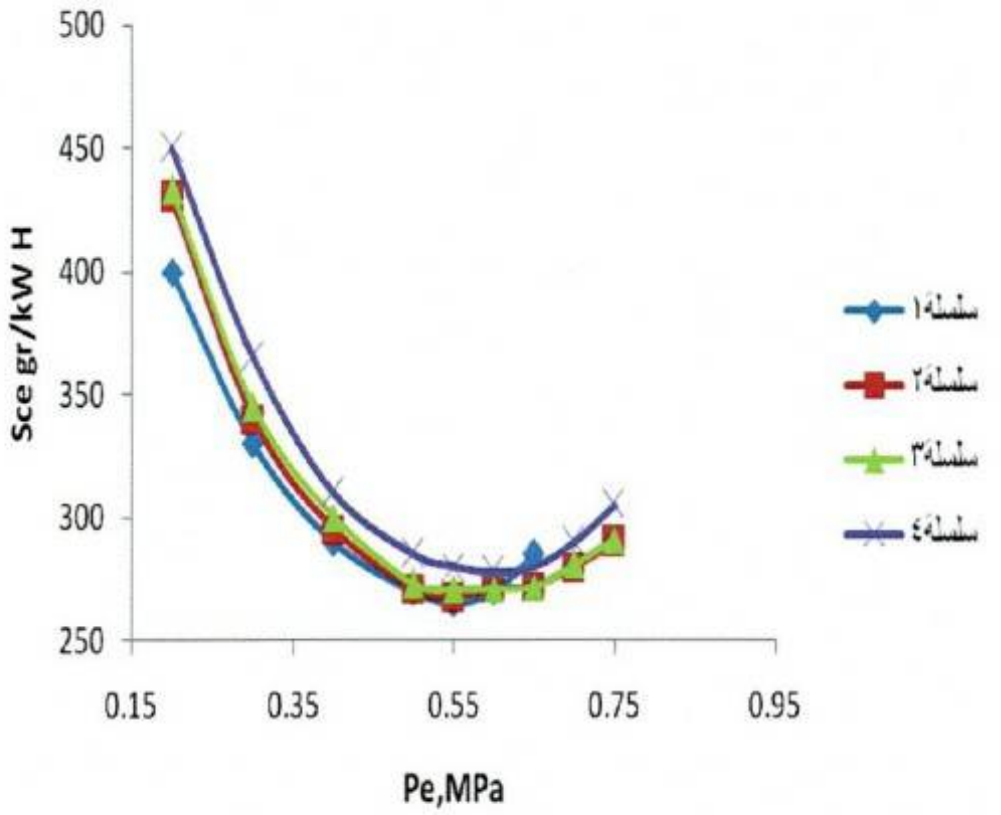
إن مـــن الأولـــى أن يتم حقن الوقود الفعال في المرحلة الأولى، وذلك عند غياب آلية التبخير يكون من الأفضل حقنها بفاصل زاوي كبير عن الحقنة الأساسية وذلـــك حتـــى يتسنى تسخينها بشكل أولي من أجل تبخيرها ومزجها بشكل جيد مع الهواء، وذلك من خلال الطاقة الحرارية لأجزاء المحرك الساخنة.

مـــن أجـــل ذلك قمنا بالعديد من التجارب على المحرك عند نظام السرعة الاســـمية، وذلك عند زوايا تسبيق حقن مختلفة للحاقن الأولي في منطقة قرب صمام الدخول. وقد تم اختيار ثلاث زوايا:

1. في وقت واحد مع الحاقن الأساسي، أي في نهاية شوط الانضغاط منطلقـــين من ضرورة تأمين أكبر فاصل زاوي مع الحقنة الأساسية وبالتالي الحـــصول على تسخين للوقود على حساب حرارة سطوح المنطقة المحيطة بالصمام.
2. فـــي ذات وقت الامتصاص (°90~ من زوايا العمود المرفقي بعد الـــنقطة الميـــتة العليا) حيث يتوقع استخدام السرعة العظمى للتيار للحصول على أفضل خلط مع الهواء.
3. فـــي لحظة وسطية خلال شوط التمدد (°90~ من درجات العمود المرفقي قبل النقطة الميتة السفلى).

يظهـــر علـــى المخطط (1) منحنيات تغير الاستهلاك النوعي الفعلي Sce لمحـــرك الديـــزل عـــند زوايا تسبيق حقن مختلفة للحاقن الأولي على نظام السرعة الاسمية للمحرك وزاوية حقن مثالية بالنسبة للحاقن الأساسي. كما هو واضح، يمكن الحـــصول على أفضل النتائج عند الحقن المتزامن مع الحقنة الرئيسية. يمكن تفسير ذلـــك في أن الحقن المتزامن يمكن الحقنة الأولية من أن تتواجد قرب منطقة صمام الدخول لفترة طويلة تتجاوز °360 من درجات العمود المرفقي. هذا يعني، وبسبب ارتفـــاع درجة حرارة سطح الصمام، الخلط الجيد للوقود مع الهواء، وارتفاع درجة حرارة المزيج، مما يقود إلى أفضل نتائج.

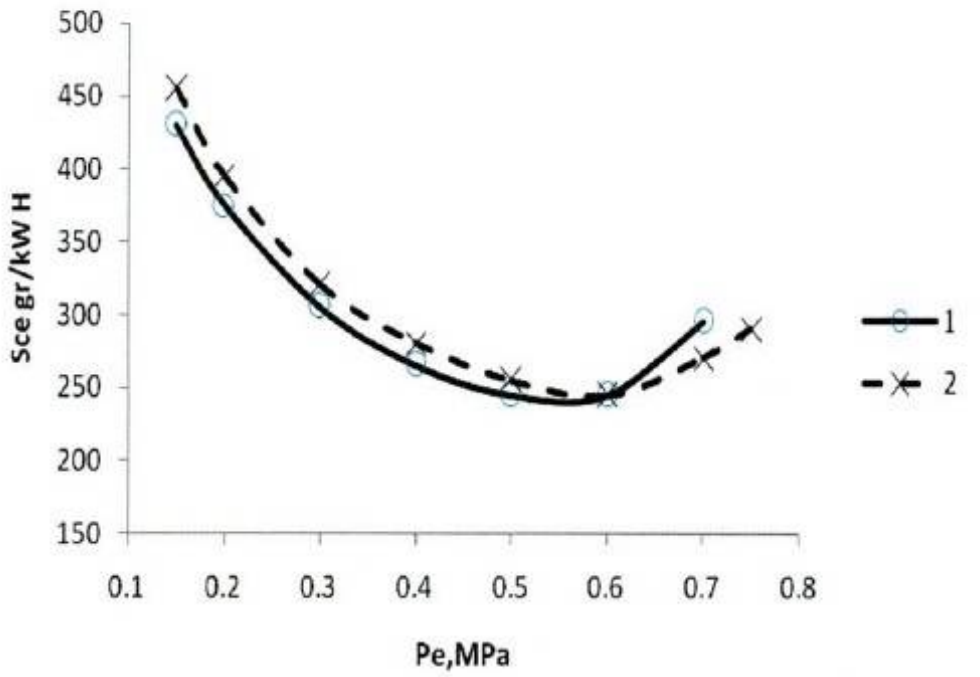
عـــلاوة على أن الحقن المترافق لكلا الجرعتين الأولية والرئيسية من شأنه أن يبسط آلية الحقن مما يجعله مثالياً.



الـــشكل-1- مواصـــفة حمولة مقارنة في محرك ديزل تظهر تغيرات الاستهلاك النوعي الفعلي Sce للوقود عند زوايا تسبيق مختلفة لحقن الوقود الأولي عند نظام عمل المحرك على نظام السرعة الاسمية (1-ديزل تقلـــيدي-2-ديـــزل ذو تـــشكيل خلـــيط ثنائي وحقن وقود متزامن-3-ديزل ثنائي الحقن مع زاوية تسبيق للحـــاقن الأولي °90 بعد ن م ع-4- ديزل ثنائي الحقن مع زاوية تسبيق للحاقن الأولي °270 من درجات العمود المرفقي بعد ن م س.

إن تغيير زاوية تسبيق بداية فتح الحاقن الابتدائي في حدود درجات قليلة لن يكـــون لـــه ذلك التأثير الملحوظ على مؤشرات محرك الديزل، على خلاف الحاقن الرئيسي، فإن هذا التغيير سوف يكون له أكبر التأثير.

يمكـــن أن نلاحظ على الشكل -2- مخطط تغير الاستهلاك النوعي الفعلي Sce لمحـــرك الديزل عند زاويتي تسبيق حقن للحاقن الرئيسي وعند نظام السرعة الاسمية للمحرك.



الشكل-2- مواصفة حمولة مقارنة للديزل لتغيرات الاستهلاك النوعي الفعلي Sce للوقود عند زوايا تسبيق حقن مختلفة للوقود للحاقن الرئيسي عند نظام عمل المحرك على نظام السرعة الاسمية

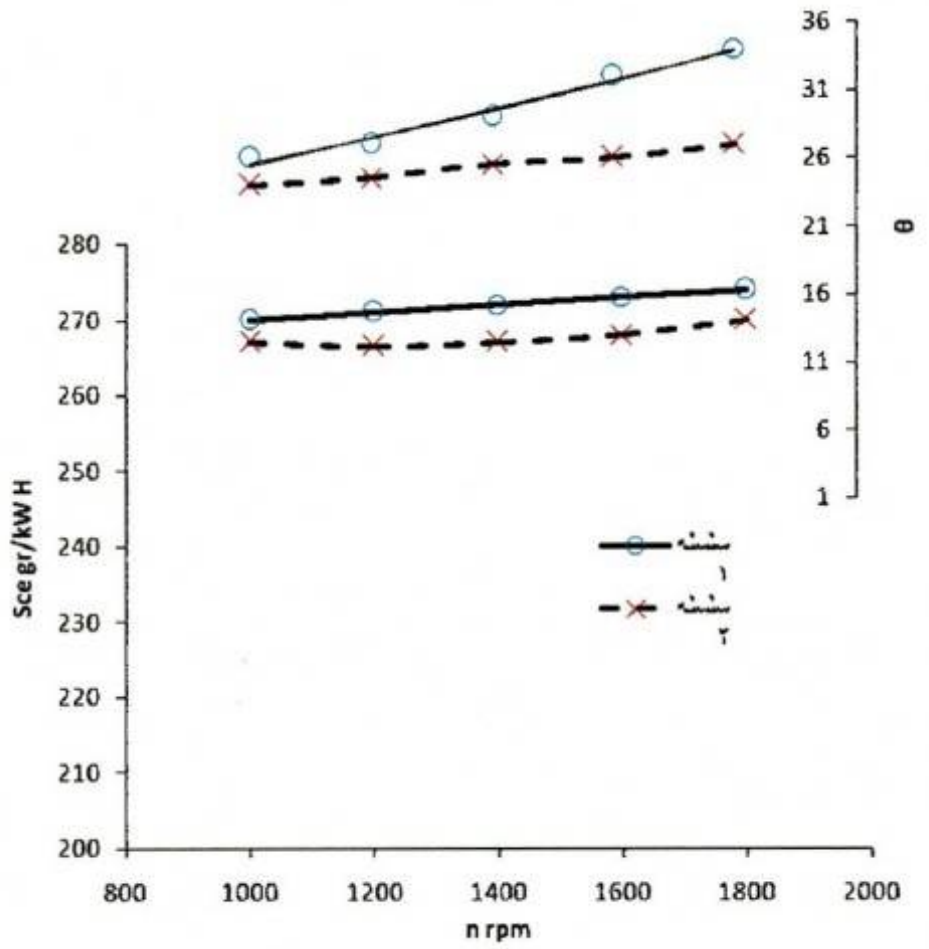
(θ=31°-2 -θ=26° -1) n=1600 rpm

كمـــا هـــو موضح من المنحنيات السابقة فإننا نحصل على أفضل نتائج في مجـــال الحمـــولات العالية من الناحية الاقتصادية عند زاوية التسبيق θ=31°، وفي مجـــال الحمولات الجزيئية عند θ=26° مما يؤشر إلى ضرورة تنظيم تلك الزاوية تبعاً للحمولة كما هو ملاحظ من المنحنيات السابقة. يمكن الحصول على تحسين في مؤشـــرات عمـــل المحـــرك عن طريق التغيير الأمثل لزاوية تسبيق حقن الجرعة الأساسية مع الحمولة.

يوضـــح الـــشكل -3- معطيات عن تأثير زاوية تسبيق لحظة بداية حقن الحاقن الرئيسي على عمل المحرك تبعاً لميزة السرعة.

كمـــا هو واضح، فإن تغيير زاوية التسبيق تبعاً لنظام السرعة في المحرك ذي الحقـــن الثنائـــي له ذات السلوك ما لمحرك الديزل التقليدي، أي تنخفض زاوية التـــسبيق مـــع انخفاض عدد دورات المحرك. لكن بالقيمة المطلقة فإن قيمة زاوية

التـــسبيق للمحـــرك ثنائي تشكيل الخليط، هي دائماً أقل منها بالنسبة لمحرك الديزل التقلـــيدي. كما نلاحظ أيضاً انخفاض الفارق بين القيم المطلقة للزوايا عند السرعات المنخفـــضة. التفـــسير المفتـــرض لهذه الظاهرة أنه مع ارتفاع عدد دورات العمود المرفقـــي يـــنخفض طول فترة تأخير الاشتعال في حالة المحرك ذي تشكيل الخليط الثنائي وذلك بسبب تحسن الحالة الحرارية لأسطوانة المحرك.



الشكل–3– تغيرات زاوية تسبيق الحقن المثالية للحاقن الرئيسي تبعاً لتغير سرعة دوران العمود المرفقي في محرك الديزل التقليدي وفي المحرك ذي تشكيل الخليط ثنائي المرحلة

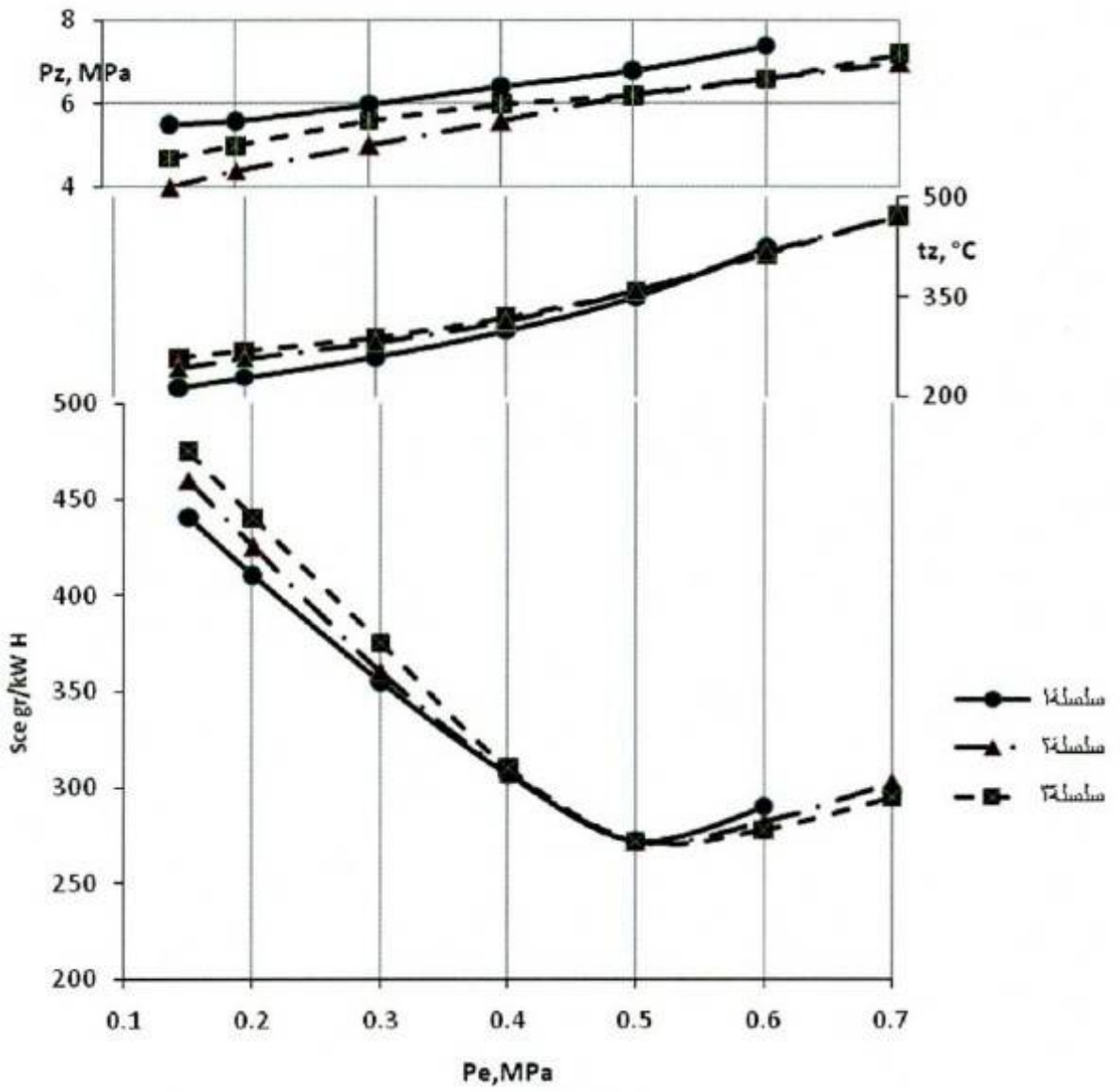
السلسلة 1–محرك ديزل تقليدي، السلسلة 2–محرك ذي تشكيل خليط ثنائي

θ تمثل زوايا المرفق قبل النقطة الميتة العليا.

يعطـــي العـــرض السابق أساساً لأن نقول أن تأثير زاوية تسبيق بداية فتح الحـــاقن الأساســـي تبعاً للحمولة والسرعة للمحركات ذات تشكيل الخليط الثنائي لها ذات السلوك الموجود لزوايا تسبيق الحقن في المحركات التقليدية.

3-تأثير ضغط بداية حقن الوقود في الحاقن الرئيسي:

إن خفـــض ضـــغط بداية فتح الحاقن الرئيسي من شأنه أن يحسن من عمل المحرك، شكل-4-.



الشكل -4- مواصفة الحمولة لمحرك ديزل عند ضغوط حقن مختلفة للحاقن الرئيسي (سلسلة -1-محرك ديزل تقليدي، سلسلة-2- ديزل ثنائي المرحلة مع ضغط حقن p_{in}=8MPa، سلسلة -3- ديزل ثنائي المرحلة مع ضغط حقن p_{in}=12.5MPa). n=1600rpm، θ=26°

كما هو موضح من الشكل أنه عند انخفاض ضغط الحقن للحاقن الرئيسي، نلاحظ أن pz (الضغط الأعظمي للدارة) أقل من مستواه في المحرك التقليدي، وذلك على كامل مجال الحمولة. مع انخفاض الحمولة في المحركات ثنائية تشكيل الخليط، يـصبح انخفاض pz أكبر. كما ويترافق هذا الانخفاض مع تدهور في الاقتصادية بالمقارنة مع اقتصادية المحرك الأساسي.

كما هو ملاحظ، يحدث الاحتراق عند الحمولات الجزئية قرب النقطة الميتة العلـيا ويـتمدد تـبعاً للـزمن، لكنه ينتهي في بداية شوط الضغط، وبالتالي يترافق انخفاض الضغط مع تحسن في الاقتصادية.

يتـرافق انخفاض قيمة الضغط الأعظمي عند الحمولات العالية مع تدهور بسيط في الاقتصادية، حيث يعود سبب ذلك إلى الزيادة المفرطة في استمرار عملية الحقـن والاحتـراق، حـيث يلاحظ ارتفاع بسيط في درجة حرارة غازات الإفلات (شكل-4-).

النتائج والتوصيات:

1-أظهـرت التجارب المخبرية أن أفضل نتائج يمكن الحصول عليها عند اسـتخدام تـشكيل الخلـيط ثنائـي المرحلة على محركات الديزل يتم بتأمين خليط مـتجانس فـي المرحلة الأولى. لذلك يملك زمن ومكان حدوث الحقن الأولي معنى هاماً.

2-لقـد وجد أن أفضل لحظة لحدوث الحقن في المرحلة الأولى في نهاية شوط الانضغاط في المنطقة الواقعة قرب صمام الدخول المغلق، أي في ذات الوقت مع لحظة فتح الحاقن الرئيسي.

3-تعتبـر القيمة المثالية لزاوية تسبيق الحقن للحاقن الرئيسي متغيرة تبعاً لتغير حمولة وسرعة المحرك، وذلك لكل من محرك الديزل التقليدي أو ذي تشكيل الخليط الثنائي.

4- يمكـــن الحـــصول على مؤشرات اقتصادية جيدة عند انخفاض ضغط الحقن للحاقن الرئيسي على كامل مجال الحمولة للمحرك.

من خلال النتائج التي توصلنا إليها نوصي بالأتي:

1-تحديد التوزيع الأمثل لكميات الوقود تبعاً لمواصفات السرعة.

2-دراســـة تأثير استخدام الغاز المضغوط في مرحلة تشكيل الخليط الأولى على عمل المحرك.

3-دراسة تأثير استخدام الحقن الثنائي على البيئة.

المراجع والأجنبية

1. Al-MANSOUR H., 1993-**The operating process of fuel supply systems of diesel engine with ramified pumped tube-fuel**. For a degree of candidate of technical sciences. Baku, 132p.

2. SAKHAROV A., 1970- **Determination of optimum consumption of the fuel and its influence on the working characteristics in enriching the air in the time of admission**. Reports МИИСП, vol.VI.

3. KHANDOV Z., 1963-**The operating of the ship diesel with tow stage injection of the fuel.** Soudpromgiz.

4. KOLYEV G. M., 1971-**Investigation and preparation method for dual stage mixture formation in diesel.** For a degree of candidate of technical sciences. Baku, 158p.

5. Чаромский А.Д., 1933- **Опыты по изменению рабочего процесса двигателя с воспламенением от сжатия**. Техника воздушнего флота, No. 6.

المراجع العربية

6. **المنصور** حاتم، 2002-**دراسة نظرية لطبيعة توزيع شحنة الوقود بين مراحل تشكيل الخليط في محركات الديزل ذات تشكيل الخليط ثنائي المرحلة**. مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الهندسية، العدد / 32/ ص:187-208.

7. **المنصور** حاتم، **محمد** محمود، 2007-**محركات الاحتراق الداخلي**. منشورات جامعة حلب، 581ص.

8. **المنصور** حاتم، 2011- **تحديد تجريبي للتوزيع الأمثل لكميات الوقود المحقونة في المحركات ثنائية الوقود تبعاً لنظام عمل محرك الديزل وفق مواصفات الحمولة**. مجلة بحوث جامعة الفرات، سلسلة العلوم الأساسية، العدد /10/، قبل للنشر بتاريخ 30 /2011/4.

Experimental Determination of the influence of the Different Parameters on the Fuel Injection System in Dual Diesel Engines and its Effects on the Engine Characteristics

Dr. Eng. Hatem Al-Mansour

Department of Energy

Faculty of Mechanical Engineering

University of Aleppo

Abstract

The improvement of technical, economical and ecological values of diesel engines is related with increasing the effectiveness of operating process. In the decision of the problem, the special meaning has the tow-stage mixture formation, which happens by enriching the entering air into the cylinder of the engine with fuel vapors. In this case, lots of factors have direct or indirect influence on the operating process of the engine.

For this purpose we have done lots of experiments which have shown the effects of different thermodynamic factors on the operating process of the engine for compression of the results with the optimal conditions for its realization.

key words: pre-injection angle – diesel –injection pressure