عنوان البراءة

ابتكـــار منظومة إلكترونية للسيطرة على حقن نوعين مختلفين مـــن الوقود ومزجهما داخـــل محركـــات الاحتراق الداخلـــي

Creating an Electronic System to Control Injection of Two Different Types of Fuel to be Blended Inside the Internal Combustion Engines

أسم صاحب البراءة وعنوانه

١- مهندس اقدم نزار عبيس حسن / وزارة النفط / شركة توزيع المنتجات النفطية /هيأة توزيع الفرات الاوسط.

٢- أ.د.هارون عبد الكاظم شهد / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بابل / كلية الهندسة.

٣- م.م. عماد داوود عبود / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بابل / كلية الهندسة / المسيب.

ابتكار منظومة إلكترونية للسيطرة على حقن نوعين مختلفين من الوقود ومزجهما داخل محركات الاحتراق الداخلي

الملخص

ان عملية مزج نوعين منفصلين من الوقود ومختلفين أو متشابهين في الطور (غاز - سائل او سائل - سائل) داخل او خارج غرفة الاحتراق وبشكل سريع قبل بدأ شوط الاحتراق تتطلب تزامناً معقداً مع عمليات الاشواط الاربعة لدورة الهواء داخل محركات الاحتراق الداخلي. ولغرض الحصول على النتائج المطلوبة من عملية المزج في تحسين نتائج الاحتراق وتقليل الملوثات الصادرة من عوادم المحركات يجب الحصول على عملية احتراق تام للوقود الجديد الناتج من عملية المزج. من أجل السيطرة على عملية الاحتراق داخل الاسطوانة يجب مراعاة توقيتات الحقن المنفصلة لكلا النوعين من الوقود وحساب الكميات بالنسبة الى كمية الوقود الاول و كمية الوقود الثاني بشكل ديناميكي ودقيق جدا قبل عملية الحقن كون السيطرة على عملية مزج نوعين من الوقود تتطلب السيطرة على حساب كميات التدفق بصورة متغيرة مع تغير الظروف في كل دورة من دورات الاحتراق الداخلي نسبة الى المؤثرات التي قد تطرأ على دورة الهواء في الاشواط الاربعة داخل المحرك مثل زيادة السرعة الدورانية للمحرك او زيادة حمل الكبح او اختلاف درجات الحرارة ....ألخ. اضافة الى ذلك فان العملية تتطلب وجوب الحفاظ على حدود نسبة خلط الهواء الى الوقود الجديد المسموح بها والسيطرة على هذه النسبة في مختلف الظروف. لذلك تم بناء منظومة الكترونية تقوم بوظيفة التزامن المطلوبة مع عمليات الاشواط الاربعة لدورة الهواء داخل المحرك والقيام بعملية الحقن لنوعين مختلفين من الوقود في آن واحد. أن المنظومة المبتكرة تقوم بحقن الوقود الثانوي في انبوبة التطعيم خارج الاسطوانة اثناء شوط السحب وحقن الوقود الرئيسي مباشرة داخل الاسطوانة في نهاية شوط الضغط لتتم عملية المزج بشكل دقيق داخل غرفة الاحتراق قبل بدأ شوط الاحتراق. أن عملية الحقن تتم بواسطة زرع حاقنين الكترونيين لكل اسطوانة على حده من اسطوانات المحرك المتعددة والسيطرة على عملية فتح وغلق الحاقنين الكترونياً بعد اجراء كافة الحسابات المطلوبة بالاعتماد على مجموعة من الحساسات والأنظمة الالكترونية.

Creating an Electronic System to Control Injection of Two Different Types of Fuel to be Blended Inside the Internal Combustion Engines

ABSTRACT

The blending of two type of fuel similar or dissimilar in phase (gas to liquid or liquid to liquid) inside or outside the cylinder before started a combustion stroke have been a complex synchronized with engine cycle. A complete combustion must be achieved for harvesting the aim of results of two fuels blending processing addition to the control of exhaust pollutants and emission. Therefore the timing of start and end of blending process and calculation amounts of the two fuels (amount of the main fuel and blended fuel) must be continuously controlled according to variation of engine operating conditions such as engine load, speed and temperature …etc. In this patent a new electronic system is designed, fabricated and tested to perform the required control processes. Two injectors are controlled for each engine cylinder by the created control system; the first injector is mounted on the cylinder to inject the main fuel directly inside the combustion chamber at the end of compression stroke, while the second injector is mounted on the engine inlet air manifold to inject the blending fuel during intake air stroke. The timing of these injectors and its electronic valves opening and closing process are controlled by this unit in addition to the amount of each fuel to be injected after making calculations.

ابتكار منظومة إلكترونية للسيطرة على حقن نوعين مختلفين من الوقود ومزجهما داخل محركات الاحتراق الداخلي

الوصف الكامل

خلفية الأختراع :-

تطلق عوادم محركات الاحتراق الداخلي غازات وإنبعاثات ملوثة للبيئة مثل أكاسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين ومواد غير محترقة ضارة للبيئة واحدى أهم الطرق الحديثة المبتكرة لتقليل تلك الأنبعاثات الصادرة من عوادم المحركات هي عملية مزج وقود ثانوي قليل الكربون (مثل الهيدروجين) مع الوقود الاساسي (الهيدروكربوني) المستخدم في محركات الاحتراق الداخلي وان عملية مزج نوعين منفصلين من الوقود مختلفين أو متشابهين في الطور (مزج وقود غازي مع وقود سائل او مزج وقود سائل مع وقود سائل اخر) وبشكل سريع ومنفصل داخل او خارج غرفة الاحتراق هي عملية معقدة و تتطلب تزامناً معقداً مع العمليات التي تجرى على دورة الهواء في الاشواط الاربعة لمحركات الاحتراق الداخلي لذلك يجب الاشارة الى انواع المنظومات الحديثة المستخدمة حالياً في عملية حقن الوقود بشكل اجمالي، تقسم منظومات حقن الوقود في المحركات الحديثة الى ثلاثة أقسام رئيسية وهي:

١. منظومة حقن الوقود في حوض التطعيم المركزي (Manifold Central Injection System) وهي منظومة حقن خارج الاسطوانة.
٢. منظومة حقن الوقود في انابيب التطعيم المنفصلة (Manifold Port Injection System) وهي منظومة حقن خارج الاسطوانة ايضاً.
٣. ثالثاً منظومة حقن الوقود المباشرة داخل غرفة الاحتراق (Chamber Direct Injection System) وهي منظومة حقن داخل الاسطوانة مباشرة.

دائما ما تستخدم منظومات الحقن من النوع الاول والثاني في المحركات التي تعمل بالشرارة والتي تستخدم الوقود نوع البنزين (Gasoline Fuel) وهي محركات غالبا ما تكون صغيرة نسبياً ، اما النوع الثالث من المنظومات فإنها دائما ما تستخدم في المحركات التي تعمل بالانضغاط العالي والتي تستخدم الوقود نوع زيت الغاز (Gasoil Fuel) وهي محركات غالبا ما تكون كبيرة نسبيا ، لا يختلف كثيرا مبدأ عمل الاقسام الثلاثة لمنظومات الحقن من حيث السيطرة الالكترونية لكنه يختلف تماما من حيث السيطرة الميكانيكية و توقيت الحقن.

في القسم الاول يتم حقن الوقود مع الهواء داخل حوض التطعيم المشترك مع كافة الاسطوانات في آن واحد بينما في القسم الثاني يتم حقن الوقود مع الهواء بشكل منفصل داخل انبوبة التطعيم الخاصة بكل اسطوانة على حده لكن منظومات الحقن من النوع الاول والثاني يشتركان بتوقيت حقن متشابه في بداية شوط السحب ودخول الهواء الى الاسطوانة حيث يتم حقن الوقود تحت ضغط واطئ نسبياً (٣-٥ بار) بينما يختلف توقيت الحقن بالنسبة لمنظومات الحقن المباشر من النوع الثالث ليكون في بداية شوط الاحتراق داخل حجرة الاحتراق عن طريق ضغط الوقود بشكل عالي جدا (١٢٠-٢٢٠ بار) وحقنه بتوقيت يقع بالقرب من نهاية شوط الانضغاط ولا تحتاج منظومات الحقن من النوع الثالث الى انبوبة التطعيم إلا في جمع الهواء و ترشيحه وتنظيفه من العوالق الترابية بواسطة وضع المرشحة امام حركة الهواء في بداية انبوبة التطعيم.

في منظومات حقن الوقود الحديثة وبأنواعها الثلاثة يتم حساب كمية الوقود المراد حقنها في محركات الاحتراق الداخلي بواسطة استخدام حاقن وقود كهربائي تتم معايرته مع زمن النبضة الفعال (EPW) (Electronic Pulse Width) الصادرة من وحدة السيطرة الالكترونية والتي تقوم بتوقيت فتح وغلق الصمام الداخلي للحاقن المستخدم بشكل يتناسب مع كمية الوقود المراد حقنها تناسبا طردياً مع زمن النبضة الفعال (EPW) عند ثبوت ضغط في منظومة الحقن حيث يتم حساب زمن النبضة الفعال (EPW) بشكل دقيق بالاعتماد على سلسلة طويلة من المعالجات الالكتروني التي تحدث داخل وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) (Electronic Control Unit) اضافة الى ذلك فان وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) تقوم بحساب السرعة الدورانية للمحرك وزاوية الحقن المناسبة بالاعتماد على الاشارات الالكترونية الصادرة من حساس المحور القلاب (Crank-Shaft Sensor) وحساس عمود الحدبات (Cam-Shaft Sensor) بينما تقوم وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) بحساب زمن النبضة الفعال (EPW) الخاصة بحساب كمية حقن الوقود الاساسي بالاعتماد على الاشارات الصادرة من الحساس الخاص بتحديد موقع دواسة الوقود (Transition Position Sensor) وعلى الحساس الخاص بقياس كمية جريان الهواء (Air-Flow Sensor)

ان مبدأ عمل المنظومة الالكترونية المبتكرة مشابه الى حد ما مبدأ عمل منظومات الحقن الالكترونية الحديثة وعمل وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) الحديثة ولكنها تختلف عنهما في تشغيل حاقنين في ان واحد وتقوم في طريقة حساب مختلفة لكميات حقن الوقود بالاعتماد على نسبة المزج ما بين الوقود الاساسي والوقود الثانوي حيث تقوم بإصدار نبضتين الكترونيتين مختلفتين من حيث الزمن الفعال (EPW1) و (EPW2) وتشغيل حاقنين كهربائيين لكل اسطوانة من اسطوانات المحرك كما موضح في شكل ١ على العكس وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) التي تعمل على حقن نوع واحد من الوقود وإصدار نبضة الكترونية واحدة (EPW) لتشغيل حاقن كهربائي واحد لكل اسطوانة.

الوصف العام للأختراع :-

تعتمد فكرة الاختراع على بناء منظومة سيطرة إلكترونية قادرة على حقن نوعين مختلفين من الوقود ومزجهما داخل غرفة الاحتراق قبل بدأ عملية الاحتراق في كل اسطوانة على حده من اسطوانات المحرك المتعددة وبشكل منفصل مع الحفاظ على نسبة مزج ثابتة وفي مختلف ظروف التشغيل للمحرك اي انه اذا ما اريد زيادة نسبة مزج الوقود الثانوي الى الوقود الاساسي بواسطة زيادة كمية حقن الوقود الثانوي (المحّسن) يجب ان يقابل ذلك نقصان مناسب لكمية حقن الوقود الاساسي لغرض الحصول على طاقة احتراق ثابتة ومساوية الى الطاقة التي تنتج عن احتراق الوقود الاساسي في انظمة الحقن الاعتيادية ولا تجوز الزيادة او النقصان إلا في الحدود المسموح بها لأنه في حال زيادة كمية حقن الوقود الثانوي وعدم مقابلتها بنقصان كمية حقن الوقود الاساسي أو العكس بالعكس فان ذلك سوف يؤدي الى تغيير نسبة خلط كمية الهواء الى كمية الوقود سواء بالزيادة او بالنقصان وعدم الحصول على ظروف احتراق مناسبة وهذا سوف يؤدي بدوره الى ظهور نتائج سلبية للاحتراق الغير التام وضياع الهدف الاساسي في تحسين نتائج الاحتراق وتقليل الانبعاثات لذلك تم بناء منظومة السيطرة الالكترونية للسيطرة على عملية مزج نوعين من الوقود بشكل مدروس ومحسوب بدقة عالية.

المنظومة المبتكرة للسيطرة على مزج نوعين من الوقود (Two Fuel-Blending Control System) (TFBCS) يمكن دمجها وتركيبها على وحدة السيطرة الاعتيادية (ECU) المشار اليها في خلفية الاختراع والمعمول بها في منظومات الحقن الالكترونية في اغلب السيارات والمركبات الحديثة والاستفادة من البيئة الالكترونية الموجودة فيها لتقليل الكلف وتسهيل عملية التصنيع.

حيث يتم تركيب الجزء الفعال والأساسي من المنظومة المبتكرة لمزج نوعين من الوقود (TFBCS) مباشرة بعد وحدة السيطرة الالكتروني الاعتيادية (ECU) والاستفادة من عمل وحدة السيطرة الالكترونية الاعتيادية (ECU) في حساب زمن النبضة الفعال (EPW) الذي تمت الاشارة اليه آنفا حيث يمثل زمن النبضة الفعال (EPW) المحسوب من قبل وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) وبالطريقة الاعتيادية يمثل نسبة الطاقة الكلية الواجب اطلاقها على اساس حقن الوقود الاساسي فقط والاحتراق بالظروف المثالية ومن دون مزج وتحويل زمن النبضة الفعال (EPW) الى مفهوم الطاقة الكلية للاحتراق بعد ذلك تدخل النبضة الى منظومة المزج (TFBCS) التي تقوم بدورها بتقسيم زمن النبضة الفعال (EPW) الى قسمين بحسب مفهوم نسبة الطاقة (كمية الطاقة المحررة من احتراق الوقود الثانوي مضافاً الى كمية الطاقة المحررة من احتراق الوقود الاساسي) ويتم التزامن توقيت النبضات لحساب توقيت الحقن لكلا الوقودين وحساب كمية حقن الوقود الاساسي وكمية حقن الوقود الثانوي حيث تقوم منظومة (TFBCS) المبتكرة بتقسيم العرض الزمني للنبضات (Pulse Width) (PW) القادمة من وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) الى قسمين منفصلين متساويين او مختلفين بحسب نسبة المزج المطلوبة

وتجرى عملية التقسيم بطريقة سريعة جداً لكي لا تؤثر على توقيتات الحقن الاصلية كما موضح في شكل 2/7.

حيث تعتمد المنظومة المبتكرة (TFBCS) في تقسيم العرض الزمني للنبضات على اساس نسبة خلط الوقود الثانوي الى نسبة خلط الوقود الاساسي والتي يتم تحديدها مسبقا من قبل المصمم بعد ذلك تقوم المنظومة بالإيعاز الى الحاقنين الكهربائيين بحقن كل نوع من الوقود بكمية مختلفة عن الاخر بحسب النسبة المطلوبة للمزج بينهما.

يتكون الجزء الفعال من المنظومة المبتكرة (TFBCS) من مجموعة من الدوائر الإلكترونية المتداخلة في ما بينها وكالآتي:

١. دائرة حساب الفترة الزمنية الفعالة للنبضة الالكترونية (Pulse Width Calculator Circuit)
٢. دائرة حساب نسبة المزج بين نوعي الوقود (Mixer of Fuel Blending Circuit)
٣. دائرة تقسيم الزمن الفعال للنبضة الالكترونية (Pulse Width Divider Circuit)
٤. دائرة تكييف و تقويم النبضات الالكترونية المقسمة (Pulse Width Modulator Circuit)
٥. دائرتي تضخيم القدرة الكهربائية لفتح وغلق حاقني الوقود الكهربائيين (Amplifier Circuit)
٦. حاقن كهربائي عدد اثنان لكل اسطوانة بمواصفات تتناسب مع نوع الوقود (Electrical Injectors)

وصف الأشكال والرسومات :-

يوضح شكل 1/7 كيفية نصب حاقن الهيدروجين في انبوبة التطعيم وحاقن الديزل في غرفة الاحتراق مباشرة لتتم عملية مزج نوعين مختلفين من الوقود داخل الاسطوانة.

يوضح شكل 2/7 المخطط السهمي لمجموعة الحساسات التي تعتمد عليها المنظومة المبتكرة ودوائر التقسيم والتعديل والتضخيم وبيان مراحل تطور الزمن الفعال للنبضات الالكترونية (PW) وكيفية تقسيمه وتعديله وتوزيعه على حاقن الوقود الاساسي والثانوي.

يوضح شكل 3/7 الزمن الفعال الكلي للنبضة الالكترونية (PW) الذي يتم حسابه من قبل وحدة السيطرة (ECU) في منظومات الحقن الاعتيادية وكيفية تقسيمه الى (PW1) الخاص بتشغيل حاقن بوقود الديزل بعد المزج و (PW2) الخاص بتشغيل الحاقن الخاص بغاز الهيدروجين بعد المزج ايضا بواسطة المنظومة المبتكرة (TFBCS).

يوضح شكل 4/7 الاجزاء الاساسية المستخدمة في عملية تنصيب وفحص المنظومة المبتكرة (TFBCS) على محرك الديزل وربط منظومة حاسوبية لأجراء الحسابات ورسم مخطط الضغط لدورة الهواء في العمليات الاربعة التي تجرى ضمن الاشواط الاربعة قبل وبعد المزج.

يوضح شكل 5/7 مخطط الضغط العملي لدورة الهواء في الاشواط الاربعة والتغيرات التي تطرأ عليه بعد عملية مزج الهيدروجين وبيان الزيادة الحاصلة في ضغط الدورة الاعظم وانحراف المخطط الى اليسار باتجاه النقطة الميتة العليا كلما زادت نسبة مزج الهيدروجين.

يوضح شكل 6/7 مجموعة مخططات لمعالم أداء المحرك والملوثات بأستخدام المنظومة الجديدة.

يوضح شكل 7/7(a) صورة للمنظومة الجديدة المستخدمة.

يوضح شكل 7/7(b) صورة للمحرك الذي أجري عليه أختبار هذه المنظومة.

الوصف التفصيلي :-

تم بناء نموذج صناعي للمنظومة المبتكرة (TFBCS) وفحصها عمليا في مختبرات كلية الهندسة في جامعة بابل وتوظيفها للسيطرة على مزج غاز الهيدروجين مع وقود الديزل (زيت الغاز) وربطها وتركيبها على محرك الديزل الاختباري (يعمل بالانضغاط) بهدف دراسة تأثير مزج الهيدروجين مع وقود الديزل لتحسين اداء المحرك وتقليل الملوثات و الانبعاثات التي تصدر من عوادم المحركات وبطاقة كبح تتراوح (1800 -3700Watts) حيث تم مزج الهيدروجين بنسب مختلفة مع وقود الديزل لتصل الى (30%H_2 & 70%Diesel) عند درجة حرارة المختبر (^oC 40 - 20) بعد معايرة حاقن الهيدروجين للعمل على نبضة الكترونية (PW) الصادرة من وحدة السيطرة الالكترونية (ECU) بزمن فعال يتراوح مابين (ms 20 - 5) حيث تم قياس الزمن الفعال بواسطة راسم موجة الكتروني متخصص (FLUKE SCOPEMETER) وإجراء كافة التحويرات اللازمة لنصب منظومة السيطرة المبتكرة وما يصاحبها من عمليات تثبيت ميكانيكية لحاقن الوقود الكهربائي وزرع الحساسات الكهرومغناطيسية الازمة لأخذ الاشارات الالكترونية اللازمة لعمل المنظومة وتحديد توقيتات الحقن اضافة الى ذلك تم قياس ضغط الانفجار داخل الاسطوانة ولكل دورة احتراق بواسطة زرع حساس ضغط متخصص نوع (KISTLER) كما موضح في شكل 3/7 داخل غرفة الاحتراق وإضافة مجموعة من المفاتيح الكهربائية والمقاومات المتغيرة (Mixer) للسيطرة على تغير نسبة حقن الهيدروجين من (0%H_2 - 30%H_2) حسب الرغبة وربط المنظومة على جهاز الكومبيوتر وتسجيل كافة البيانات بواسطة (Data Acquisition Interface) وإجراء الحسابات اللازمة لمعرفة تغير اداء المحرك والعوامل المؤثرة عليه ورسم مخطط الضغط لكافة العمليات الاربعة التي تجري في الاشواط الاربعة لدورة الهواء داخل المحرك وإظهار المخططات لقبل عملية مزج الهيدروجين وبعدها كما موضح في شكل 4/7 بواسطة استخدام برنامج متخصص (Labview Program) وتحديد كافة المتغيرات الحاصلة على ضغط الانفجار اثناء تغير ظروف تشغيل المحرك من حيث زيادة حمل الكبح او زيادة السرعة الدورانية للمحرك ورسم تلك المتغيرات بدقة عالية مع كل درجة دوران للمحور القلاب (Crankshaft) ولدورة كامل (.deg 720) رباعية الاشواط بواسطة نصب

وتركيب مسجل الكتروني لتحديد درجات دوران المحرك (Shaft Encoder) اضافة الى تركيب جهاز تحليل غازات العادم وربطه على منظومة العادم للمحرك لدراسة وتحليل مكونات غازات العادم ودراسة نتائج عملية المزج والاحتراق بشكل تفصيلي ودقيق.

تم اجراء الحسابات الازمة لعملية مزج الهيدروجين مع وقود زيت الغاز قبل اجراء عملية الحقن والمزج داخل الاسطوانة بواسطة حساب كمية التدفق المطلوبة لكل من وقود زيت الغاز (الوقود الاساسي) و كمية التدفق لغاز الهيدروجين (الوقود الثانوي) حيث تمت الحسابات على اساس تثبيت قيمة الطاقة الكلية للاحتراق وتثبيت نسبة خلط الهواء الى الوقود المصممة عليها الماكنة ومعايرة المنظومة مع كل دورة حقن داخل الاسطوانة ومراقبة عملية المزج بشكل سريع جدا يوازي سرعة دوران الماكنة حيث يجب توازن الكميات المراد مزجها بشكل دقيق داخل الاسطوانة لغرض الحصول على نتائج الاحتراق التام والسيطرة على طاقة الاحتراق الكلية.

تمت معايرة المنظومة بواسطة اجراء الحسابات اللازمة ومراقبة نتائج الاحتراق حيث يتم تثبيت كافة المتغيرات عند دراسة تأثير متغير واحد في كل اجراء لمعايرة المنظومة حيث يتم تثبيت حمل الكبح والسرعة الدورانية لحساب الطاقة الكلية الناتجة من احتراق كمية وقود زيت الغاز فقط ومن دون اي مزج لغاز الهيدروجين (اي عندما تكون نسبة مزج الهيدروجين تساوي صفر) وتكون الحسابات كالاتي :

$$T_E = LCV_{Diesel} \times M_{Diesel} \quad \dots (1)$$

حيث ان

(T_E) = الطاقة الكلية الناتجة من الاحتراق التام لوقود الديزل (Total Energy)

(LCV) = اقل طاقة كامنة في الوقود (Lower Calorific Value)

$(M)_{diesel}$ = كتلة وقود الديزل (Mass of Fuel)

ثم يتم تقسيم الطاقة الكلية الناتجة من معادلة (1) على غاز الهيدروجين ووقود زيت الغاز الممزوجين بحسب نسبة المزج المطلوبة وكالأتي:

$$T_E = LCV_{Diesel} \times M_{Diesel} + LCV_{Hydrogen} \times M_{Hydrogen} \quad \dots (2)$$

على ان تبقى قيمة الطاقة الكلية ثابتة في معادلة (2),(1).

من معادلة 2 يتم حساب كتلة الوقود الاساسي (الديزل) وكذلك كتلة الوقود الثانوي (غاز الهيدروجين) بعد تحديد نسبة المزج وكالأتي:

أولا : حساب كمية وقود زيت الغاز (الديزل) بحسب نسبة المزج

$$M_{Diesel} = \frac{T_E}{LCV_{Diesel}} \times R_D \quad \dots (3)$$

ثانيا : حساب كمية غاز الهيدروجين بحسب نسبة المزج

$$M_{Hydrogen} = \frac{T_E}{LCV_{Hydrogen}} \times R_H \quad \dots (4)$$

حيث ان R_D و R_H تمثل نسبة المزج المطلوبة لكل من وقود الديزل وغاز الهيدروجين على التوالي ومن خلال معرفة الكثافة الحجمية لوقود زيت الغاز والكثافة الحجمية لغاز الهيدروجين ليتم تحويل الحسابات ونظام السيطرة من حسابات كتلة التصريف الى حسابات حجم التصريف كون منظومة السيطرة المبتكرة (TFBCS) تعمل بنظام السيطرة على اساس التدفق الحجمي للوقود وليس على اساس التدفق الكتلي.

بعد ذلك يتم حساب الزمن الفعال الاقصى لإصدار نبضة الكترونية (PW) بشكل يتناسب مع مواصفات المحرك بعد معرفة السرعة الدورانية القصوى للمحرك وتحديد اقصر زمن متاح لإجراء العمليات الاربعة في الاشواط الاربعة فإذا كانت سرعة المحرك (3000 RPM) فان زمن النبضة الفعال (PW) يجب ان لا يتجاوز (5ms). بعد ذلك تمت معايرة معدل تصريف وقود الديزل مع مواصفات الحاقن المخصص له ومعايرة معدل تصريف غاز الهيدروجين مع مواصفات الحاقن المخصص له مع زمن المتاح لكل حاقن على حده وإيجاد العلاقة الرابطة ما بين الزمن الفعال للنبضة الالكترونية (PW) وكمية تصريف الوقود من الحاقنين عند ثبوت الضغط حيث تكون علاقة التصريف من الحاقن طردية مع زمن النبضة الفعال اي انه كلما زاد زمن النبضة الفعال (PW) زادة كمية التصريف من الحاقن وكلما قل زمن النبضة الفعال (PW) قلة كمية التصريف بينما تكون العلاقة عكسية بين زمن النبضة الفعال والسرعة الدورانية ثم تم تقسيم الزمن الفعال للنبضة (PW) الى قسمين بحسب نسبة المزج وكما موضح في شكل 3/7.

$$PW_1 = 0.005 \times 80\% = 4\ ms \quad \dots (5)$$

$$PW_2 = 0.005 \times 20\% = 1\ ms \quad \dots (6)$$

لا يمكن التلاعب في فترة الزمن الفعال المخصصة لحقن وقود الديزل (PW1) بعد عملية التقسيم بينما بالإمكان تعديل وتغيير توقيت الحقن وفترة الزمن الفعال المخصص لحقن الهيدروجين (PW2) كون عملية حقن الهيدروجين تتم في انبوبة التطعيم وان الزمن المتاح في شوط السحب اكبر بكثير من الزمن المتاح في شوط الاحتراق وبالإمكان تعديل الزمن الفعال (PW2) وتكييفه ليكون متلائماً مع مواصفات الحاقن المخصص للهيدروجين بواسطة استخدام دائرة تعديل خاصة تدعى (Pulse Width Modulator Circuit) وهي اشبه بالمرشحة الالكترونية تعمل على تعديل وترشيح النبضات قبل دائرة التضخيم (Amplifier Circuit) وقبل البدء بعملية الحاقنين.

المميزات

تتمتع منظومة السيطرة المبتكرة بعدة مزايا وهي كالآتي:

١- التوافق مع منظومات الحقن الألكترونية الأعتيادية الموجودة في المركبات الحديثة بعد اجراء بعض الترتيبات البسيطة.

٢- السيطرة على حقن نوعيين مختلفين من الوقود وزجهما داخل او خارج الأسطوانة بشكل منفصل أي يمكن للمنظومة مزج نوعين منفصلين من الوقود بحيث يخزن كل واد منهما في خزان منفصل عن الآخر وتتم السيطرة على الكميات بدقة عالية نسبياً مثل عملية مزج الغاز مع الوقود السائل.

٣- السيطرة على توقيتات الحقن لكلا النوعين وهذا يتيح للمصمم نصب الحاقنين في أماكن مختلفة سواء كانا يعملان في نفس الشوط أو في شوطين مختلفين مثل زرع أحد الحقانيين في انبوبة التطعيم والآخر مباشرة في غرفة الأحتراق.

٤- السيطرة الكاملة على نسب المزج سواء بين النوعين الممزوجين من الوقود أو بينهما وبين الهواء بحيث يمكن لكمية الوقود المضافة أن تزداد ا تقل بحسب رغبة المصمم لتتراوح نسب المزج (من ٠ ألى ١٠٠%).

٥- تعمل على فولتية منخفضه مقدارها (١٢ فولت) لأصدار نبضة تيار بقوة (١٠ أمبير).

٦- تستطيع المنظومة السيطرة على نبضه بزمن فعال لا يتجاوز (١ ملي ثانية).

٧- منظومة آمنة ويمكن أستخدامها في التطبيقات العملية.

التطبيقات

يمكن أستخدام المنظومة في الواقع العملي وبعدة تطبيقات منها:

١- الأستخدامات المختبرية ومنها السيطرة على حقن غاز الهيدروجين (أو انواع أخرى من الوقود) ومزجه مع الوقود الأساسي للمحرك (البنزين أو الديزل) ضمن توقيتات حقن تتناسب مع محركات الديزل التي تعمل بالأنضغاط أو توقيتات حقن تتناسب مع محركات البنزين التي تعمل بالشرارة لدراسة التأثيرات الجانبية لطبيعة الوقود المضاف ودراسة نتائج المزج على البيئة وأداء المحرك أضافة ألى دراسة الكلفة التخمينية لنتاج وقود جديد يتم تحضيره داخل المحرك بواسطة المزج المباشر.

٢- يمكن أستخدام المنظومة في حقن الغاز المسال (غاز الطبخ) في المحركات التي تعمل بالشرارة (محركات البنزين) ومزجه مع وقود البنزين بنسب مختلفة تصل ألى (١٠٠%) غاز الطبخ لتقليل صرف وقود البنزين وتقليل الكلفة بشكل عام.

عناصر الحماية

١. بناء منظومة سيطرة إلكترونية للسيطرة على مزج نوعين مختلفين من الوقود بهدف تحسين اداء المحرك او تحسين نتائج الاحتراق او تقليل التلوث البيئي او تقليل الانبعاثات الصادرة من عوادم محركات الديزل او محركات البنزين التي تعمل بالشرارة.

٢. زرع حاقنين كهربائيين في كل اسطوانة من اسطوانات محركات الاحتراق الداخلي سواء كانت تلك المحركات تعمل بمبدأ الشرارة او كانت تعمل بمبدأ الانضغاط وتخصيص الحاقنين للسيطرة على عملية مزج نوعين مختلفين من الوقود .

٣. بناء منظومة سيطرة إلكترونية للسيطرة على مزج نوعين مختلفين من الوقود سواء كان النوعين مختلفين بالطور (وقود غاز مع وقود سائل) او متشابهين في الطور (وقود سائل مع وقود سائل اخر) .

٤. بناء منظومة سيطرة إلكترونية للسيطرة على مزج نوعين مختلفين من الوقود وتتضمن الاتي:

- عملية المزج تحدث بواسطة حقن كلا النوعين من الوقود مباشرة داخل الاسطوانة او غرفة الاحتراق
- عملية المزج تحدث بواسطة حقن كلا النوعين من الوقود في انبوبة تطعيم المحرك خارج الاسطوانة (احدهما في حوض التطعيم المشترك والأخر في انابيب التطعيم المنفصلة او كليهما في حوض التطعيم المشترك او كليهما في انابيب التطعيم المنفصلة)
- عملية المزج تحدث بواسطة حقن احد النوعين من الوقود مباشرة داخل الاسطوانة والنوع الاخر من الوقود يحقن في حوض التطعيم المشترك او انابيب التطعيم المنفصلة خارج الاسطوانة.
- عملية المزج تحدث بواسطة حقن احد النوعين من الوقود بالطريقة الميكانيكية القديمة والنوع الاخر من الوقود يحقن إلكترونياً.

المصادر

[1] N. Saravanan, G. Nagarajan, "An experimental investigation on hydrogen fuel injection in intake port and manifold with different EGR rates", International Journal of Energy and Environment, 1(2), 2010, pp.249-256.

[2] Ganeshan V (2007). Internal Combustion engines: third edition, Tata McGraw-hill, P. 212.

[3] Saravanan, N., Nagarajan, "Performance and emission study in manifold hydrogen injection with diesel as an ignition source for different start of injection", Renewable Energy, Vol. 34,pp. 328–334, 2009.

[4] Das, L. M., Gulati, R., Gupta, P. K., "Performance evaluation of a hydrogen-fuelled spark ignition engine using electronically controlled solenoid-actuated injection system", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 25, pp.569 579, 2000.

[5] Das LM (1990). Fuel induction techniques for a hydrogen operated engine. Int. J. Hydrogen Energy. 15:823-42.

[6] Das, L. M., Gulati, R., Gupta, P. K., "Performance evaluation of a hydrogen-fuelled spark ignition engine using electronically controlled solenoid-actuated injection system", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 25, pp.569-579, 2000.

[7] Fanhua M., Wang, J., Wang, Y., Zhong, Z., Ding, S., Zhao, S.," An investigation of optimum control of a spark ignition engine fueled by NG and hydrogen mixtures", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 33, pp.7592- 7606, 2008.

[8] Kahramana, N., Cepera, B., Akansua, S. O., Aydinb, K., "Investigation of combustion characteristics and emissions in a spark-ignition engine fuelled with natural gas–hydrogen blends", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. , pp. 2008.

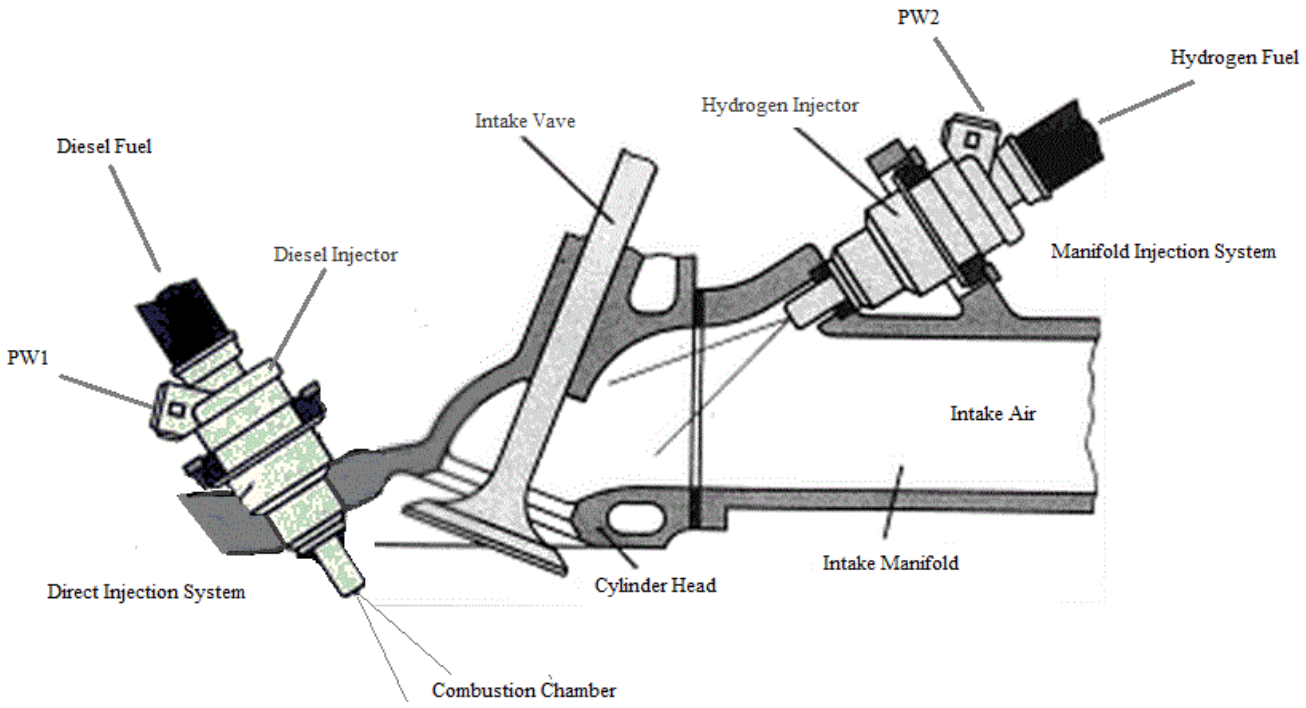
[9] Saravanan, N., Nagarajan, G., Dhanasekaran C., Kalaiselvan K. M., "Experimental investigation of hydrogen port fuel injection in DI diesel engine", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 32, pp. 4071-4080, 2007.

[10] Shirk, G. M., Mcguire, P. T., Neal, L. G., Hawarth, C. D., "Investigation of a Hydrogen-Assisted Combustion System for a Light- Duty Diesel Vehicles", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 33, pp. 7237-7244, 2008.

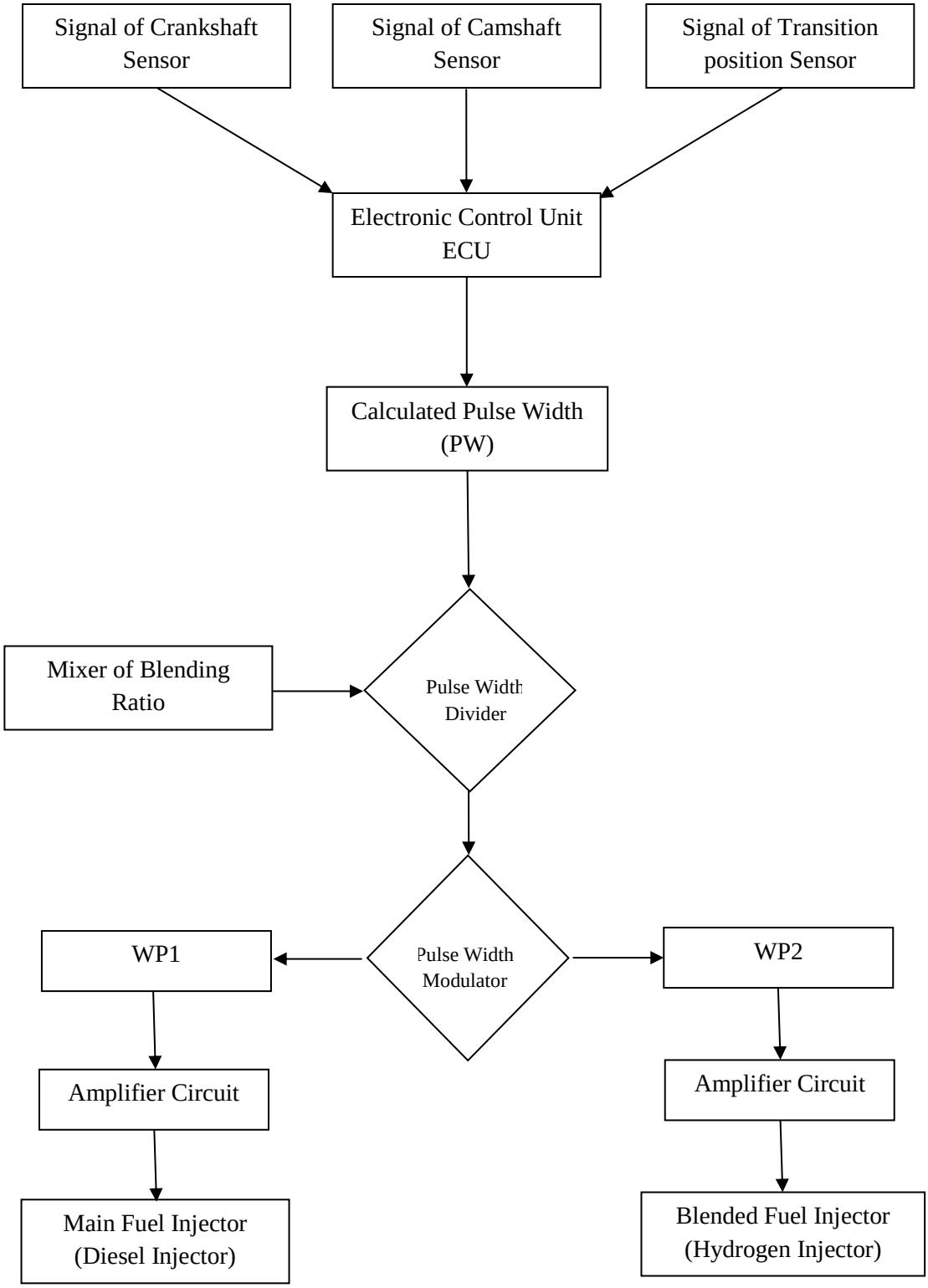
[11] Kumar MS, Ramesh A, Nagalingam B. Use of hydrogen to enhance the performance of a vegetable oil fuelled compression ignition engine. Int J Hydrogen Energy 2003; 28(10):1143– 54.

[12] Pulkrabek, W., "Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine", Copyright by Prentice Hall, Inc., 1997.

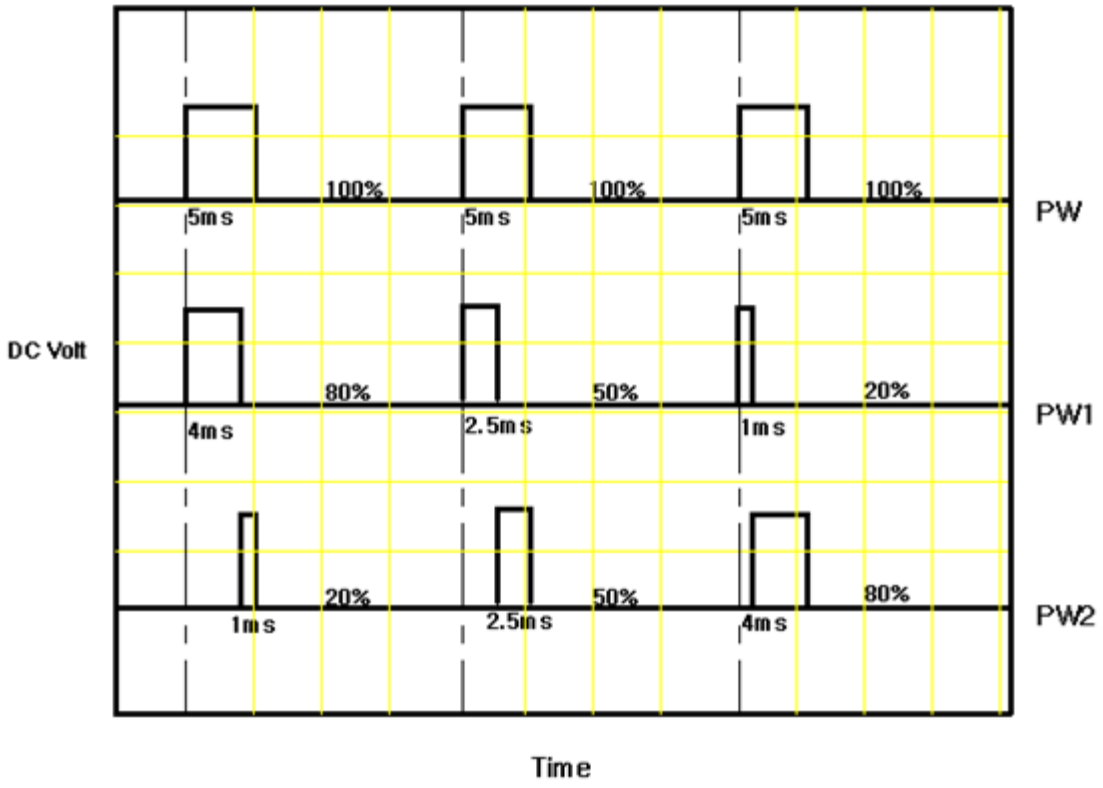
الاشكال والرسوم



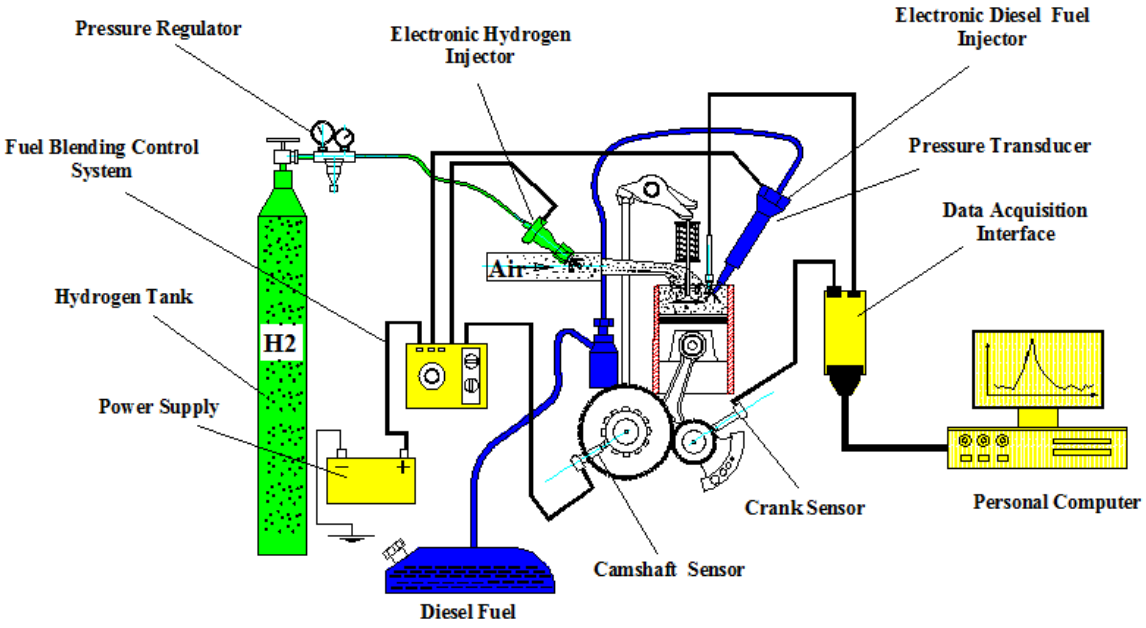
شكل 1/7


Signal of Crankshaft Sensor
Signal of Camshaft Sensor
Signal of Transition position Sensor
Electronic Control Unit ECU
Calculated Pulse Width (PW)
Mixer of Blending Ratio
Pulse Width Divider
WP1
Pulse Width Modulator
WP2
Amplifier Circuit
Amplifier Circuit
Main Fuel Injector (Diesel Injector)
Blended Fuel Injector (Hydrogen Injector)

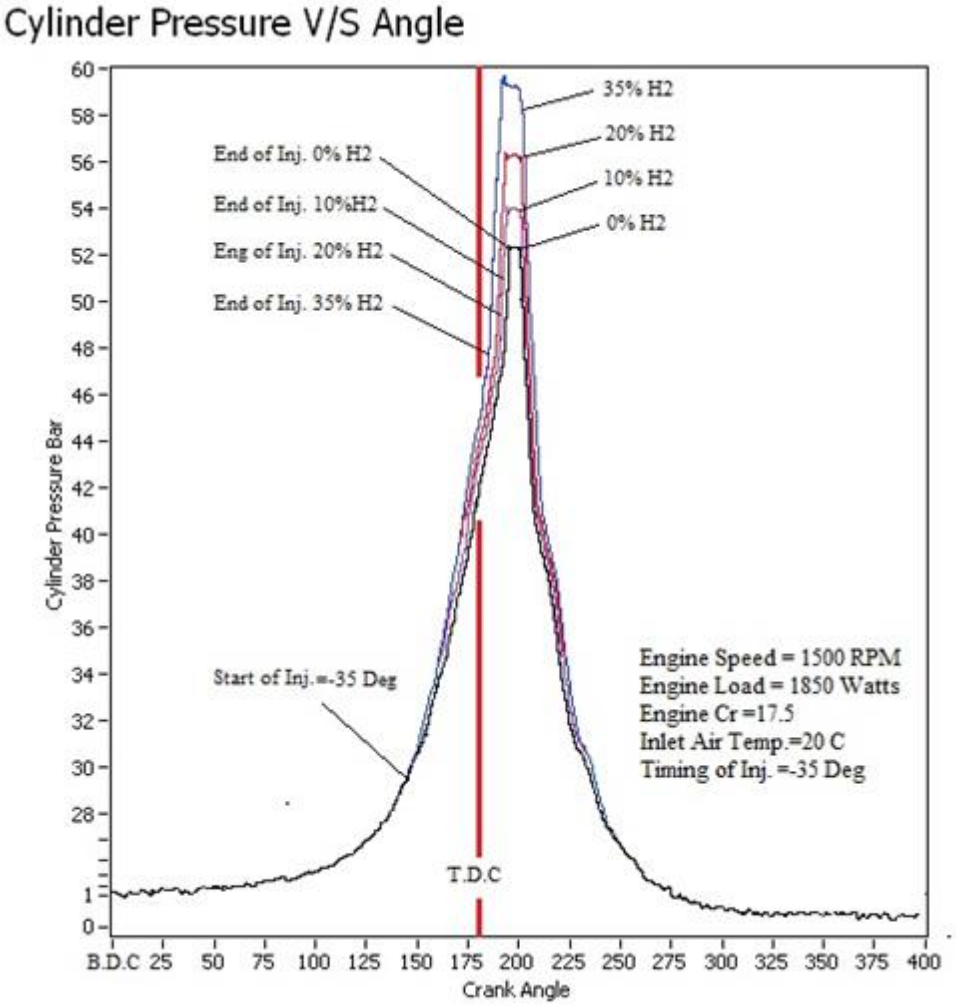
شکل 2/7


DC Volt
100%
5ms
100%
5ms
100%
5ms
PW
80%
4ms
50%
2.5ms
20%
1ms
PW1
20%
1ms
50%
2.5ms
80%
4ms
PW2
Time

شکل 3/7


Pressure Regulator
Electronic Hydrogen Injector
Electronic Diesel Fuel Injector
Fuel Blending Control System
Pressure Transducer
Data Acquisition Interface
Air
Hydrogen Tank
H2
Power Supply
+
Crank Sensor
Personal Computer
Camshaft Sensor
Diesel Fuel

شكل 4/7


Cylinder Pressure V/S Angle
Cylinder Pressure Bar
Crank Angle
B.D.C
T.D.C
35% H2
20% H2
10% H2
0% H2
End of Inj. 0% H2
End of Inj. 10%H2
Eng of Inj. 20% H2
End of Inj. 35% H2
Start of Inj.=-35 Deg
Engine Speed = 1500 RPM
Engine Load = 1850 Watts
Engine Cr =17.5
Inlet Air Temp.=20 C
Timing of Inj. =-35 Deg

شكل 5/7

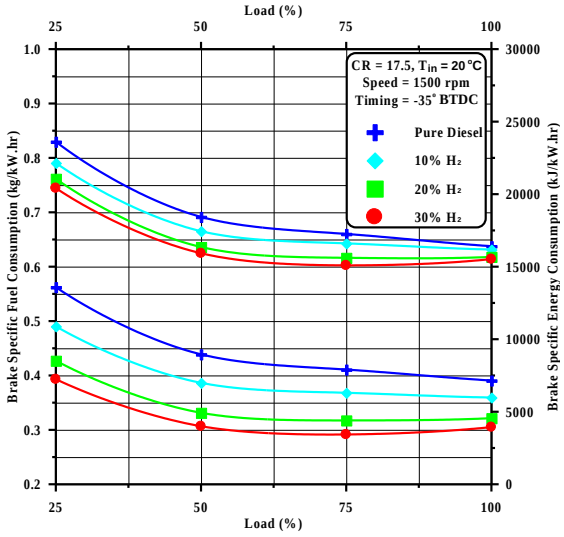


Fig. **6.6 (b)** Variation of B.S.F.C and B.S.E.C with Load for Different Hydrogen Blending Ratios at 1500 rpm, CR=17.5.

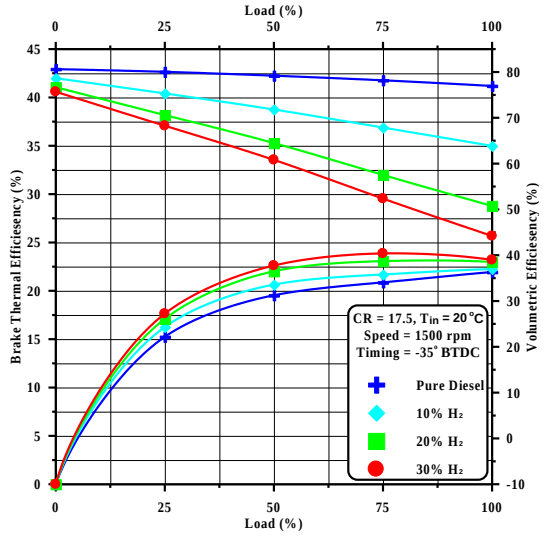


Fig. **6.6 (b)** Variation of brake thermal efficiency and volumetric efficiency with Load for Different Hydrogen Blending Ratios at 1500 rpm. CR=17.5.

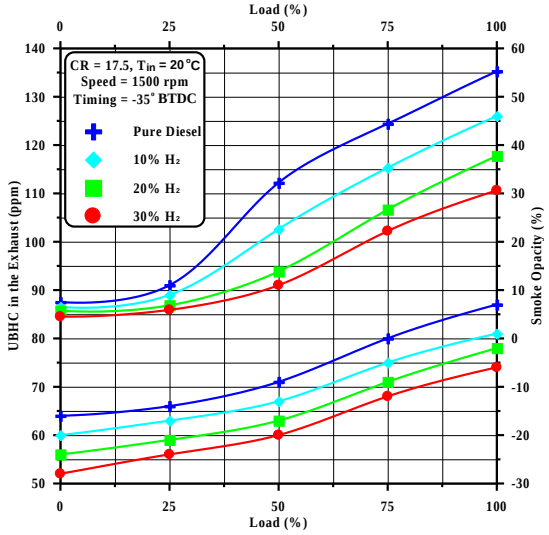


Fig. **6.6 (b)** Variation of HC% and Smoke Opacity % in the Exhaust Gases with Load for Different Hydrogen Blending Ratios at 1500 rpm, CR= 17.5.

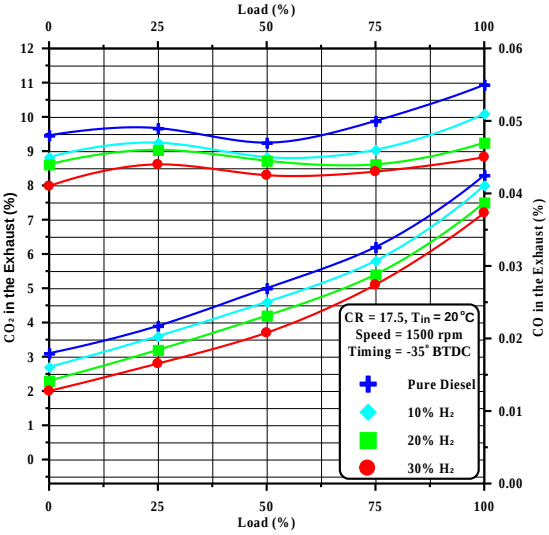


Fig. **6.6 (b)** Variation of CO% and CO_2% in the Exhaust Gases with Load for Different Hydrogen Blending Ratios at 1500 rpm, CR= 17.5.

شكل 6/7

شكل 7/7(a)

شكل 7/7(b)