الباب الرابع
4

حقـن الوقـود بمحركات البـــنزين

FUEL INJECTION IN PETROL ENGINES

obeikandl.com

تمهيد

يتناول هذا الباب النظم الميكانيكية لحقن الوقود في محركات البنزين ، من حيث ذكر أنواع هذه النظم ، ومضخات الحقن وأنواعها وطرق عملها وكيفية تنظيم كمية الوقود المحقونة.

كما يتعرض لنظام حقن الوقود الإلكتروني وطريقة الحقن ودورة الوقود وأجهزة التحكم في هذا النظام.

obeikandl.com

تاريخ وتطور حقن البنزين :

إن تطور محركات أوتو إلي محركات ذات قدرة أكبر لحيز الشوط ، وتوفير أكثر في استهلاكها النوعي للوقود ، وإحتواء أقل علي العناصر الضارة بالصحة في غازات عادمها ، قد أدى إلي زيادة المتطلبات الخاصة بنوعية التحكم في معايرة الوقود fuel measuring control، وقد وجد أن هذه المتطلبات تصل إلي أفضل تحقيق لها باستخدام نظام حقن البنزين.

ولقد طورت مضخة حقن البنزين من مضخة الحقن في محركات الديزل ، وأستعملت في عام 1951 لأول مرة في المحركات ثنائية الشوط ، من أجل خفض إستهلاكها النوعي للوقود ، وقد بدأ في عام 1954م بتزويد المحركات رباعية الأشواط بمضخات حقن البنزين ، إلا أن إرتفاع تكاليف إنتاج هذه المضخات ذات الكباسات والمدارة ميكانيكياً ، قد أدى إلي الحد من انتشار استخدامها ، وكانت أول دورة لحقن البنزين المنتجة تقدم بحقنه مباشرة في غرفة الاحتراق ، بينما تحقن الأنواع المستعملة حالياً البنزين في أنبوب المص قبل صمام الدخول ، وبذلك لا تكون هناك حاجة إلي ضغوط حقن عالية ، ويمكن إتمام الحقن عند ضغوط حقن أقل ، ويكون الفقد في القدرة في هذه الحالة صغير جداً .

ولقد تطور حقن البنزين ليتم التحكم فيه إلكترونيا لتخفيض نسبة المواد الضارة في غازات العادم ، ولقد ساعد التطور السريع في مجال الإلكترونيات علي ذلك .

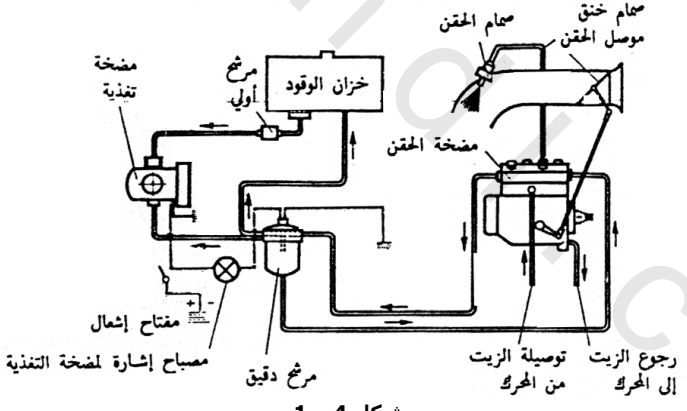
تتميز دورة حقن البنزين بالتحكم الإلكتروني بانخفاض تكاليف إنتاجها ، مقارنة بتكاليف إنتاج مجموعة الحقن بتحكم ميكانيكي . ولقد تم تذويد محركات سيارات ركوب الأشخاص بنظم حقن البنزين بالتحكم الإلكتروني لأول مرة في عام 1967م.

Ogelkamal.com

نظام حقن الوقود الميكانيكي بمحركات البنزين

تتم عملية حقن البنزين بالتحكم الميكانيكي كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 1 ، حيث يسحب الوقود من خلال الخزان بواسطة مضخة تغذية تدار كهربائياً ، ويمر من خلال مرشح أولى قبل دخوله إلى مضخة التغذية ، ثم يدفع إلى مضخة الحقن ماراً بمرشح دقيق شكل 4 – 2 ، حيث يتدفق الوقود في عناصر الترشيح ذات الشكل النجمي شكل 4 – 3 (أ) إلى الداخل باتجاه نصف قطري ، بينما يكون تدفقه في عنصر ترشيح ذو شكل مستدير شكل 4 – 3 (ب ، ج) في اتجاه طولي.

تعمل مضخة حقن الوقود بضغط مرتفع ، يتراوح قدرتها ما بين (15 –18 bar) وتدفعه في أنابيب متساوية الطول ليصل إلى صمامات الحقن (الرشاشات) ، ويعود الوقود الزائد عن الحاجة من خلال أنابيب رجوع الفائض عبر موصل الرجوع بالمرشح الدقيق إلى خزان الوقود.



شكل 4 – 1
حقن الوقود بالتحكم الميكانيكي

تتلخص وظيفة مضخة الحقن في تزويد المحرك بكمية البنزين اللازمة في كل ظروف التشغيل . يختص كل أسطوانة من اسطوانات المحرك وحدة حقن مستقلة . ويتم

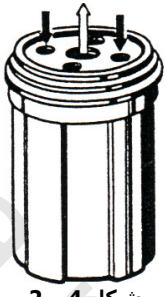
التحكم في كمية البنزين المحقون وفقا لأحد النظامين التاليين:-

1. **نظام بوش:** Bosch System

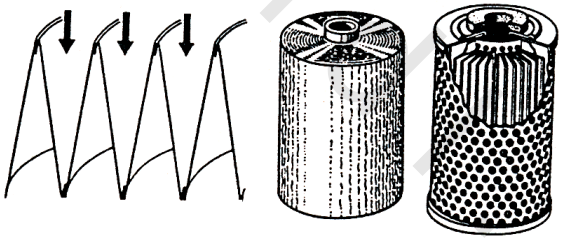
يتم بنظام بوش التحكم باستعمال حافة بالكباس مع بقاء شوط الكباس ثابتاً.

2. **نظام كوجيل فيشر :** Kugelfischer System

يتم فيه التحكم عن طريق تغيير طول الشوط ، حيث تنتقل الحركة من المحرك إلى مضخات الوقود عن طريق سيور مسننة أو سلاسل (كتائن) أو بواسطة مجموعة تروس.



شكل 4 – 2
المرشح الدقيق



(ج) (ب) (أ)

شكل 4 – 3
الأجزاء الداخلية للمرشح الدقيق

(أ) عنصر ترشيح نجمي الشكل.

(ب) عنصر الترشيح ذو شكل مستدير.

(ج) عنصر ترشيح ذو شكل واتجاه طولي.

مضخة حقن البنزين طراز بوش (Bosch) :

obeikan.com

تعتبر مضخة حقن البنزين (بوش) من أكثر مضخات الحقن انتشاراً ، وذلك لمميزاتها من حيث سرعة قطع الحقن ، بالإضافة إلى أنها لا تحتاج إلى صمامات ، بل تتحكم في كمية الوقود من خلال صمام واحد فقط.

تتكون مضخة حقن البنزين طراز بوش الموضحة بشكل 4 – 4 من مبيت المضخة المصنوع من سبيكة الإلكترون (سبيكة أساسها المغنسيوم) ، ويكون عدد هذه الأجزاء مساو لعدد أسطوانات المحرك.

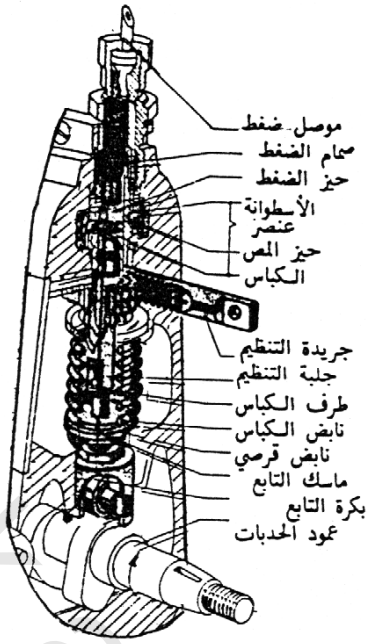
يحتوى الجزء الأيمن للمضخة ، وهو جزء عناصر الضخ على عمود حدبات وهو تابع الحدبة ذات البكرة وعناصر الضخ ، وكذلك على جريدة مسننة (جريدة تنظيم) ، وقد ترتبت عناصر الضخ في وضع متجاور في صفين لتحقيق قصر الطول وخفة الوزن للمضخة.

أما الجزء الأيسر وهو الجزء التنظيمي ، فهو يحتوى على أجهزة التصحيح اللازمة لكل ظرف من ظروف التشغيل.

يبلغ الخلوص بين الكباس والاسطوانة (0.001 mm) ولذلك لا يكن هناك ضرورة لتجهيزها بحشو خاص لمنع التسرب .

يتصل الكباس بالأصبع الغماز التابع للمضخة ، والذي يتدحرج على حدبة عمود الحدبات ، وتثبت الأسطوانة بميت المضخة ، حيث يتدفق الوقود إليها بصفة مستمرة وبطريقة دوامية من خلال ثقب الدخول الذي يقع بغرفة الضغط.

obeikandl.com



شكل 4 – 4
مضخة حقن البنزين طراز بوش

طريقة عمل مضخة حقن البنزين (بوش) :

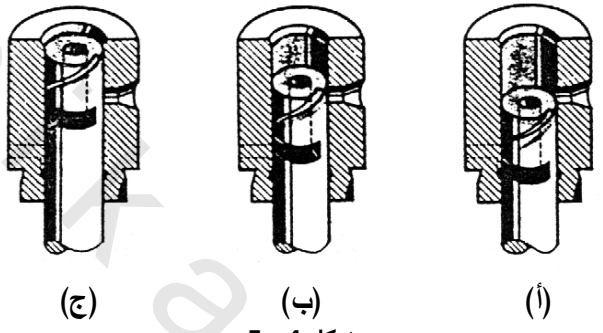
تؤدى الحركة الدورانية لعمود الحدبات إلى تحريك تابع الحدبة ، وبالتالي رفع الكباس إلى أعلى ، حيث ينضغط الوقود الموجود بغرفة الضغط ، وينضغط النابض اللولبي (الياي) على الكباس مما ينتج عنه إعادة الكباس وتابع الحدبة إلى وضعها الأصلي السفلى.

يتم تشغيل الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) بطريقة غير مباشرة من خلال جلبة التنظيم ، ويمكن تدوير الجلبة بإزاحة الجريدة المسننة ، حيث وتنتقل حركة الجلبة الدورانية إلى الكباس عن طريق بروز بالكباس ، الذي يتداخل في مجرى جلبة التنظيم.

عندما يتحرك كباس المضخة إلى أسفل .. إلى النقطة الميتة السفلى (B.D.C) كما هو موضح بشكل 4 – 5 (أ) ، يكشف الكباس ثقب الدخول ليتدفق الوقود إلى الاسطوانة شكل 4 – 5 (ب) ، وعندما يتحرك الكباس إلى أعلى تغلق حافة التحكم ثقب الدخول ، وتبدأ عندئذ ضغط الوقود لينتهي بوصول الكباس إلى النقطة الميتة العليا (

D.C.). شكل 4 – 5 (ج).

يظل شوط كباس المضخة ثابتاً ، حيث يتحدد مقداره عن طريق ارتفاع الحدبة فقط ، ويتم تنظيم كمية الوقود المحقون عن طريق إدارة كباس المضخة ، ولتنظيم كمية الوقود المحقون تستعمل حافة تحكم مائلة (حلزونية) ، وتعمل هذه الحافة على إغلاق ثقب دخول الوقود مبكراً أو متأخراً .. حسب وضع الكباس ، وبذلك يمكن تغيير كمية الوقود المحقونة لكل شوط.



شكل 4 – 5
حركة كباس مضخة حقن الوقود بوش

(أ) حركة الكباس إلى أسفل عند نقطة B.D.C.

(ب) بدء تدفق الوقود في حيز الأسطوانة.

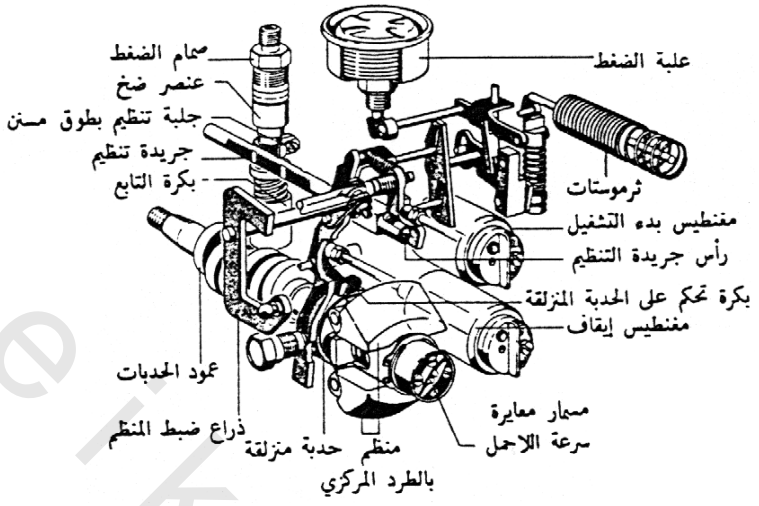
(ج) حركة الكباس إلى أعلى تغذية (ضغط) الوقود لتنتهي بوصول الكباس عند نقطة T.D.C

يحتاج المحرك إلى كميات مختلفة من الوقود في السرعات المختلفة أو عند تغيير السرعة ، وذلك لتحضير خليط الوقود والهواء بالنسبة المحددة ، لذلك تستخدم حدبة منزلقة للتحكم في عملية الحقن ، التي يختلف شكلها باختلاف قوة المحرك.

تجهيزة التنظيم والتصحيح لوقود المحرك :

لتحقيق أفضل كمية للوقود المحقون عند كل ظروف التشغيل ، وعند تغيير ضغط الهواء ، وظروف الجو يلزم تجهيزه للتنظيم مع تجهيزة أخرى للتصحيح شكل 4 – 6 لتحديد حركة الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) ، بحيث يغذى المحرك بمكية الوقود

المناسبة بالقدر الصحيح.



شكل 4 – 6
تجهيزه التنظيم والتصحيح

أجزاء تجهيزة تنظيم وتصحيح وقود المحرك :

يعتبر أهم أجزاء تجهيزة تنظيم وتصحيح وقود المحرك هي الآتي :-

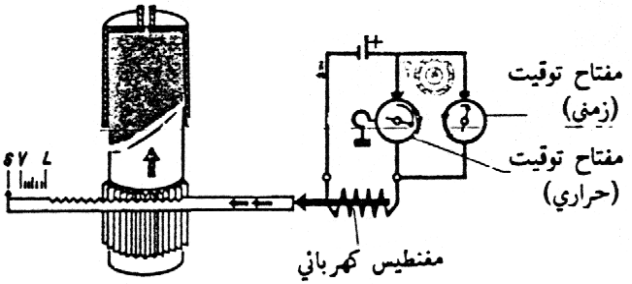
1- مغناطيس البدء :

تلزم كمية كبيرة من الوقود لبدء تشغيل المحرك ، ويتولى مغناطيس البدء تقنيتها شكل 4 – 7 ، يثبت المغناطيس على مضخة الحقن ، الذي يؤثر مباشرة على الجريدة المسننة (جريدة التنظيم).

يضغط المغناطيس عند بدء التشغيل على الجريدة المسننة إلى ما بعد وضع الحمل الكامل، وبذلك يدار كباس إلى وضع ضخ البدء ، حيث يتولى مفتاح توقيت وصل دائرة التيار الخاص بتشغيل المغناطيس بدء الدوران ، ويستخدم مفتاح توقيت حراري في التصميمات الحديثة للتحكم في تجهيزه بدء التشغيل الإضافي.

يستمر حقن الوقود الإضافي في أنبوب السحب أثناء بدء التشغيل، حتى تصل درجة الحرارة إلى 45 C^{o} .

oberkandi.com



شكل 4 – 7
مغناطيس البدء

- **وضع الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) في حالة الأحمال عند L**
- **وضع الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) في حالة الحمل الكامل عند V**
- **وضع الجريدة المسننة (جريدة التنظيم) في حالة بدء التشغيل عند S**

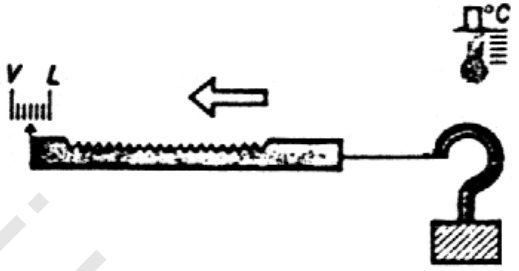
تتكون الدائرة الكهربائية لمغناطيس البدء من مغناطيس كهربائي ومفتاحين متصلين على التوازي ، هما مفتاح التوقيت ألزمني ومفتاح التوقيت الحراري.

عند كل عملية بدء تشغيل ، يسمح مفتاح التوقيت بمرور التيار الكهربائي لفترة تبلغ حوالي ثانيتين ، فيأخذ كباس المضخة أثناء هذا الزمن وضع ضخ (تغذية) البدء، بغض النظر عن درجة حرارة الجو الخارجي ، ويسمح مفتاح التوقيت الحراري بتوصيل التيار إلى الدائرة الكهربائية لفترة أطول التي يتوقف مداها على درجة الحرارة الخارجية، وينحصر ذلك في نطاق درجات الحرارة ما بين 10 °C إلى 15 °C ، ويعمل مفتاح التوقيت الحراري بتأثير ثنائي المعدن.

2- **منظم حراري .. thermostat :**

يستمر حقن وقود الإضافي في المحرك طالما كانت درجة حرارته أقل من درجة حرارة التشغيل ، حيث يتولى المنظم الحراري الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 8 الذي يتكون من عنصر يعمل بالتمدد الحراري ، تنظيم عملية حقن الوقود الإضافي ، وتنتقل حركة عنصر التمدد الحراري عن طريق رافعة إلى تجهيزه تصحيح نسبة الوقود ومنها إلى الجريدة المسننة (جريدة التنظيم).

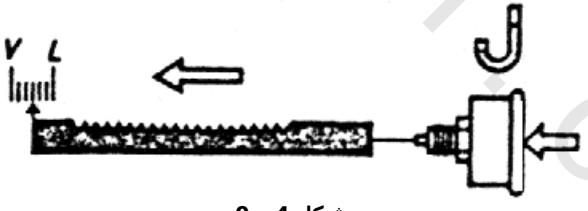
يسحب المنظم الحراري جريدة التنظيم قليلا في اتجاه وضع الحمل الكامل عندما يكون المحرك بارداً ، وبهذا يتلقى المحرك خليطاً غنياً مقنناً بكل دقة ، وينخفض اغتناء الخليط كلما ارتفعت درجة الحرارة ، ويتلاشى تأثير المنظم الحراري على جريدة التنظيم عندما ترتفع درجة حرارة المحرك عن حد معين.



شكل 4 – 8
المنظم الحراري

3- علبة الضغط :

يسحب المحرك عند وجود ضغط جوى مرتفع كمية هواء أكبر من تلك التي يسحبها وهو في ضغط جوى منخفض ، مثل الذي يسود في المناطق شديدة الارتفاع ، لذلك يجب زيادة كمية الوقود المحقون عند الضغط الجوى المرتفع لتحقيق النسبة المطلوبة من الوقود إلى الهواء .. يتم هذا التصحيح من خلال علبة الضغط الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 9 .



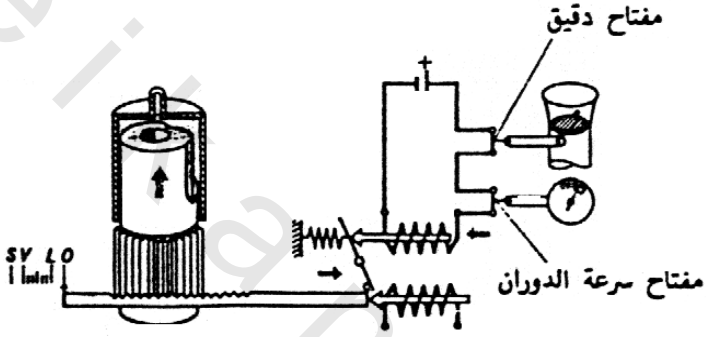
شكل 4 – 9
علبـة الضغـط

تعمل علبة الضغط تبعاً لنظرية عمل البارومتر المعدني ، حيث تنتقل حركة الغشاء عن طريق إصبع إلى الرافعة آلية (تجهيزه التصحيح) . وبذلك ترتفع كمية الوقود المحقون بزيادة الضغط وتنخفض بانخفاضه وتعتبر علبة الضغط جهازاً حساساً.

4- مغناطيس الإيقاف :

obeikandl.com

يتلقى المحرك ذو المكربن وقوداً بصفة دائمة أثناء التشغيل، حتى لو لم يكن في حاجة إلية .. (يتضح هذا بصفة خاصة في حالة تدحرج السيارة) ، حيث يدار محرك السيارة المتدحرجة ، وتكون وظيفة مغناطيس الإيقاف الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 10 في المحركات التي تعمل بحقن الوقود هي وضع جريدة التنظيم في وضع اللاتغذية (في حالة تدحرج السيارة) ، وبذلك لا يتلقى المحرك أي وقود ، وكذلك يعمل مغناطيس الإيقاف على تغذية المحرك بالوقود بمجرد إنخفاض سرعته عن حد معين ، وإلا توقف المحرك بعد فصل القابض.



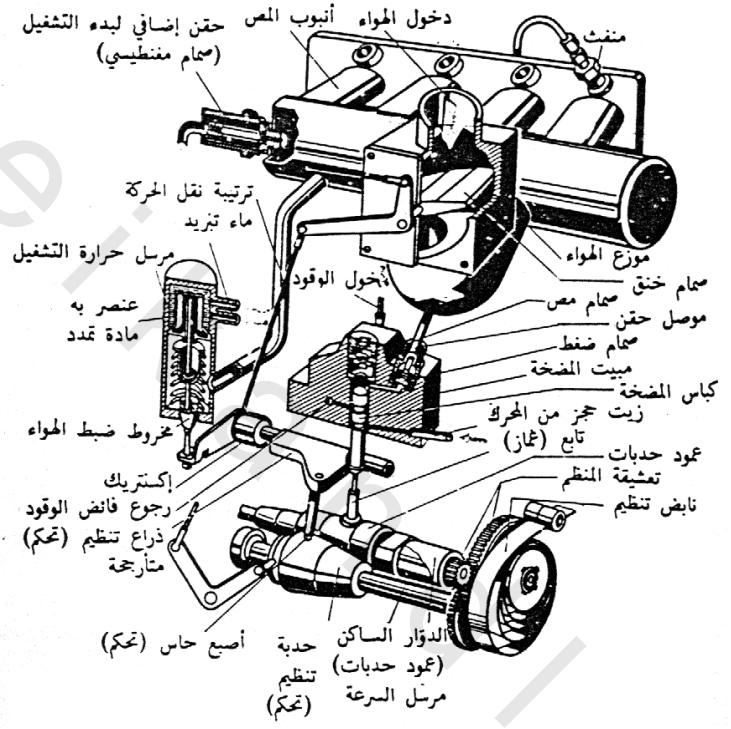
شكل 4 – 10
مغناطيس الإيقاف

يوصل المفتاح الدقيق دائرة تيار كهربائي يوجد بها مغناطيس إيقاف ، وذلك عندما يكون صمام الخنق مغلقاً ، ويجذب المغناطيس جريدة التنظيم إلى وضع الصفر أى وضع اللاتغذية.

ويتم تشغيل المفتاح الدقيق المثبت في أنبوب السحب عن طريق ضخ الوقود ، ويفصل المفتاح الكهربائي الخاص بسرعة الدوران دائرة التيار الكهربائي عندما تنخفض سرعة المحرك إلى أقل من 1300 r.p.m ، ويعود مغناطيس الإيقاف إلى وضعة الأصلي وتصبح جريدة التنظيم حرة، ويوصل مفتاح سرعة الدوران دائرة التيار مرة أخرى عند زيادة سرعة المحرك عن 1500 r.p.m عند التعجيل.

مضخة حقن البنزين طراز كوجل فيشر Kugel Fischer :

تعمل مضخة حقن البنزين طراز كوجل فيشر الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 11 بنظرية التحكم (التنظيم) في شوط الكباس ، وتوجد تجهيزات تنظيم خاصة لمطابقة كمية الوقود المحقون مع متطلبات بدء التشغيل وأثناء دوران المحرك وهو ساخن.



شكل 4 – 11
مضخة حقن البنزين طراز كوجل فيشر

يمكن إزاحة حدبه التنظيم (التحكم) بواسطة دفع الوقود في اتجاه طولي ، كما يمكن دورانها تبعاً لسرعة المحرك.

وينتقل الإصبع الحساس (إصبع التحكم) حركة الحدبة إلى ذراع التنظيم المتأرجحة عن طريق عمود الحدبات (لا مركزي) ، وتغيير حركة ذراع التنظيم طول شوط الكباس ، وبالتالي تغيير كمية الوقود المحقون. ويرتفع الكباس بواسطة تابع الحدبة إلى أعلى نتيجة حركة عمود الحدبات، أما نابض (ياى) الكباس فيعمل على ضغط الكباس إلى أسفل ضد ذراع التنظيم المتأرجح ، ويتولى النابض (الياى) التابع للحدبة

الضغط على الحدبة ، ويقوم حساس حرارة التشغيل بإدارة ذراع التنظيم عن طريق الحدبة عند درجات الحرارة المنخفضة للمحرك لكي يتيح حقناً إضافياً للوقود في اسطوانات المحرك.

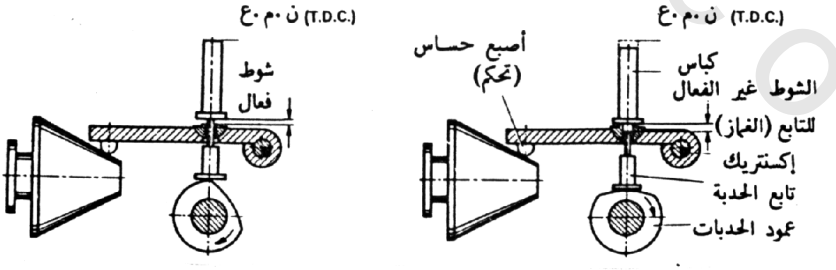
تنظيم كمية الوقود المحقون :

يدخل الوقود إلى اسطوانة مضخة الحقن من أعلى عبر صمام السحب، ويعمل هذا الصمام على منع الوقود من الرجوع إلى مجمع (حيز السحب) أثناء شوط التغذية . وبعد الانتهاء من هذا الشوط يقوم صمام التغذية (الضغط) الذي يوجد في أعلى الأسطوانة بغلق أنبوب الضغط ، ويمنع بذلك رجوع الوقود إلى غرفة الضغط المرتفع.

يستقر الكباس في الوضع الأسفل على قاعدة كروية موجودة في ذراع التنظيم المتأرجح الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 12 ، وترتفع ذراع التنظيم المتأرجحة إلى أعلى أو تنخفض إلى أسفل نتيجة لدوران حدبة التنظيم أو لحركة محورها، والتي تدفع إصبع حساس مثبت بذراع التنظيم المتأرجح . ويتم بذلك تغيير وضع النقطة الميتة السفلي (B.D.C) للكباس ، أما وضع النقطة الميتة العليا (T.D.C) فتظل ثابتة ، ويتحدد تبعاً لارتفاع حدبه التنظيم (التحكم).

وكلما ارتفع وضع (B.D.C) للكباس، كلما صغر شوط التغذية وبالتالي انخفضت كمية الوقود المحقونة أيضاً.

ويظل شوط تابع الحدبة الذي يناظر ارتفاع الحدبة ثابتا ، إلا أن التغذية تبدأ فقط عندما يبدأ التابع (الغماز) في رفع الكباس الساكن على ذراع التنظيم المتأرجح.



(ب) (أ)

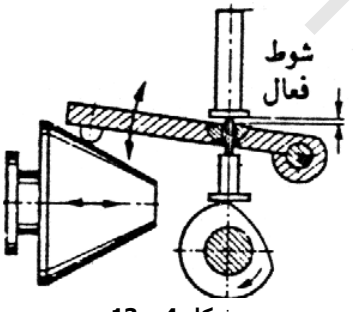
شكل 4 – 12
رسم تخطيطي لطريقة تنظيم كمية الوقود المحقونة

(أ) الشوط الغير فعال: حيث يكون إصبع التحكم (الإصبع الحساس) عند أدنى نقطة لحدبة التنظيم (التحكم) ، ويكون تابع الحدبة عند وضع B.D.C ، وعند دوران عمود الحدبة يتحرك تابع الحدبة إلى أعلى حتى يلامس الكباس ، ولا تبدأ تغذية الوقود إلا بعد الانتهاء من الشوط الغير فعال المذكور

(ب) نهاية التغذية: يكون تابع الحدبة عند أعلى رفع للحدبه ، أما الكباس فيكون عند T.D.C ، ويعرف شوط التغذية بالشوط الفعال أو الشوط المستفاد منه ، بمسافة تحرك الكباس من نقطة ارتفاعه عن ذراع التنظيم المتأرجح حتى الوصول إلى T.D.C.

تنظيم كمية الوقود المحقونة عن طريق ضبط الشوط :

يتحدد تنظيم كمية الوقود المحقونة عن طريق ضبط الشوط كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 13 تبعاً لتحميل المحرك أو سرعة دورانه ، ولكي يتم تنظيم كمية الوقود المحقون عند تغيير الحمل، تزاح حدبة التنظيم في اتجاه طولي بواسطة ذراع ضبط المضخة المتصل بصمام الخنق . أما تنظيم كمية الوقود فيكون تبعا سرعة المحرك ، حيث يتم دوران حدبة التنظيم تلقائياً بواسطة محدد السرعة.



شكل 4 – 13
تنظيم كمية الوقود المحقون عن طريق ضبط الشوط

ترتفع ذراع التنظيم المتأرجحة عند إزاحتها محورياً ، وبذلك لا يستطيع الكباس التحرك إلى أسفل أكثر من هذه الحدود ، مما يتبعه انخفاض كمية الوقود المغذى.

obeikandi.com

محدد السرعة :

يتركب محدد السرعة من اسطوانة مجوفة تدار من عمود حدبات مضخة الحقن ، ومن مغناطيس دائم محمل داخل الاسطوانة المجوفة بعزم متناسب مع السرعة ، وينقل هذا العزم من محور المغناطيس إلى نابض حلزوني ، وبذلك تتحقق حالة الاتزان بين العزم الناشئ والعزم المضاد للنابض عند كل سرعة دوران ، ونفس الوقت يدار عمود التنظيم (التحكم) بحدبه التنظيم من خلال مجموعة تخفيض السرعة . وتناظر حدبة التنظيم المنزلقة من حيث المبدأ . ويحدد منحنى استهلاك الوقود شكل الحدبة المنزلقة (المجسمة) . ويجب تصميم حدبة التنظيم لكل نوع من المركبات على حدة . ولذلك لا يمكن استبدال مضخات الحقن للمحركات الخاصة بأنواع المركبات المختلفة .

تجهيزة حقن الوقود الإضافي :

يمكن تغذية كمية الوقود الإضافية المحقونة عند بدا تشغيل المحرك البارد بواسطة دوران الحدبة المحمل عليها ذراع التنظيم المتأرجحة . ويمكن دوران الحدبة بواسطة سلك شد (شداد) على سبيل المثال . وعند ذلك تتحرك ذراع التنظيم المتأرجحة إلى أسفل ، بشكل اكبر ، وبحيث يكبر شوط الكباس عن قيمته عند التغذية العادية للحمل الكامل .

وفي تصميمات أخرى لمضخة الحقن ، يتم حقن الوقود الإضافي اللازم لبدء تشغيل المحرك البارد في أنبوب المص مباشرة من خلال صمام مغناطيسي يفتح تلقائيا عند تشغيل بادئ دوران المحرك .

أما عملية تنظيم كمية الوقود المحقون عندما تصل درجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة التشغيل ، فإنها تتم من خلال حدبة أيضا . ويتحقق ذلك بواسطة عنصر تمدد حراري (يحتوي على مادة تمدد حراري) يتغير حجمه تبعا لدرجة حرارة مياه التبريد . ويفتح عنصر التمدد الحراري في نفس الوقت مخروط ضبط الهواء ، وبذلك يدخل هواء ووقود زائدان إلى المحرك.

نظام حقن الوقود الإلكتروني بمحركات البنزين

الهدف من حقن الوقود هو الحصول على اكبر قدرة خارجة من المحرك ، حيث إنخفاض الضغط في المكربن يؤثر على الكفاءة الحجمية للمحرك وبالتالي إلى انخفاض القدرة الخارجية ، ويمكن تجنب مشاكل التوازن للمكربنات المتعددة في محرك واحد ، ومحاولة الحصول على توزيع متساوي في مجرى دخول هواء السحب وتجنبها باستخدام نظام الحقن .

استخدام بالماضي القريب أنظمة الحقن الميكانيكية ، وتطورت مع مرور الزمن وأصبحت إلكترونية ، وقد تغلب على تركيب أعمدة الحدبات وتم تطورها وأصبحت تعمل بالنظام الإلكتروني .

يتميز نظام حقن البنزين بالتحكم الالكتروني بأنه لا يحتاج إلى مضخة مدارة من المحرك ، وهو بجانب ذلك رخيص الثمن لذلك فيعتبر هذا النظام مناسب للاستعمال في المركبات المتوسطة المرتبة .

طريقة حقن البنزين بالتحكم الالكتروني :

يتم حقن الوقود بصورة متقطعة في أنبوب السحب من خلال صمام حقن يعمل بالقوة المغناطيسية الكهربائية ، حيث يصل الوقود إلى صمامات الحقن كلها (الرشاشات) بضغط ثابت ، ويضبط توقيت لحظة فتح صمامات الحقن وزمن الحقن إلكترونيا من خلال دوائر ترانزستور ، وبذلك يمكن أخذ كميات التصحيح المطلوبة لكل ظرف من ظروف التشغيل المختلفة.

أجزاء مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الإلكتروني :

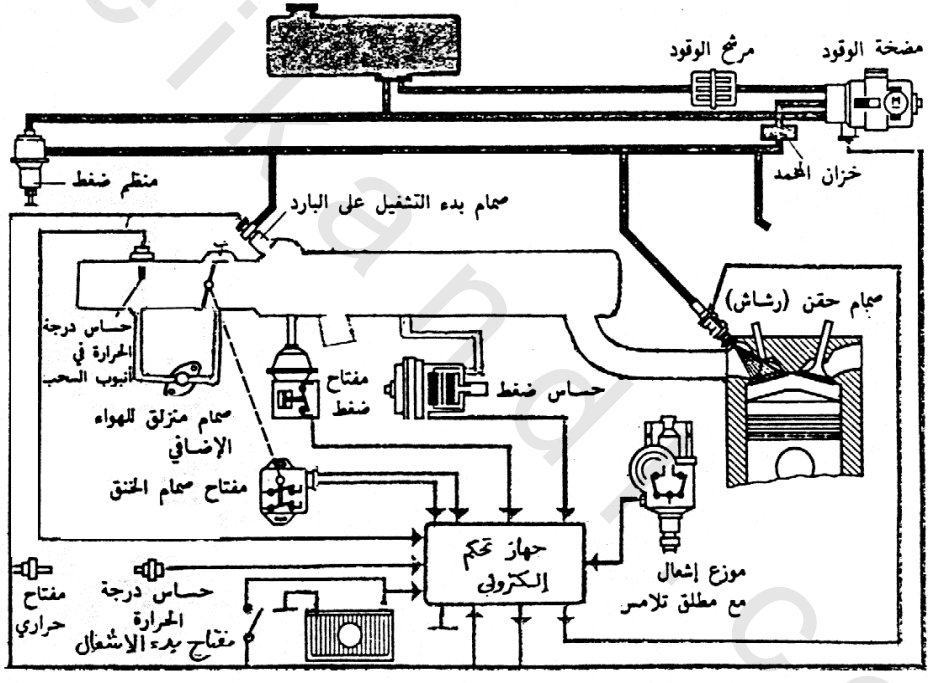
تتكون مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الإلكتروني الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 4 – 14 من ثلاثة دورات هي كالأتي :-

openkandil.com

1. دورة الوقود.
2. دورة الهواء.
3. دورة التحكم.

قسم الرسم التخطيطي الموضح بشكل 4 – 14 إلى ثلاثة أجزاء كالآتي :-

- يمثل الجزء العلوي .. دورة الوقود.
- بينما يمثل الجزء الأوسط .. دورة الهواء.
- أما الجزء السفلي فيمثل .. دورة التحكم .



شكل 4 – 14
مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الإلكتروني

تعمل مجموعة حقن البنزين ذات التحكم الإلكتروني بشكل متداخل مع بعضها البعض .. ويمكن تقسيمها إلى الآتي :-

أولا : دورة الوقود

تتكون دورة الوقود بمجموعة حقن البنزين ذات التحكم الإلكتروني من الأجزاء التالية :-

1. مضخة الوقود.
2. مرشح الوقود.
3. منظم الضغط.
4. صمام الحقن.

1- مضخة الوقود :

وظيفة مضخة الوقود هي سحب البنزين من الخزان ، وضغطة في اتجاه صمامات الحقن من خلال أنابيب توزيع وفروعها.

توجد مضخة الوقود في مبيت واحد مع المحرك الكهربائي ، وتدار كهربائياً . يبدأ دوران المضخة بتشغيل مفتاح بدء الاشتعال ، ويتوقف تشغيل المضخة تلقائياً بعد حوالي ثانية إذ لم يبدأ المحرك دورانه من خلال توصيله أمان ، التي تسمى بتوصيله الأمان الكامل، حيث تمنع امتلاء الاسطوانة بالبنزين عند حدوث خلل في صمام الحقن الخاص بها ، كما تعمل على تشغيل المضخة بصفة دائمة أثناء دوران المحرك بواسطة جهاز تحكم إلكتروني.

تضخ المضخة كمية الوقود (البنزين) أكبر من المعدل الأقصى الذي يحتاجه المحرك، ويعود البنزين الزائد عن الحاجة إلى الخزان، في دائرة وقود أخرى من شأنها هو ارتفاع درجة حرارة الوقود إلى حد كبير، ويحول بالتالي دون تكون بخار الوقود في الدورة.

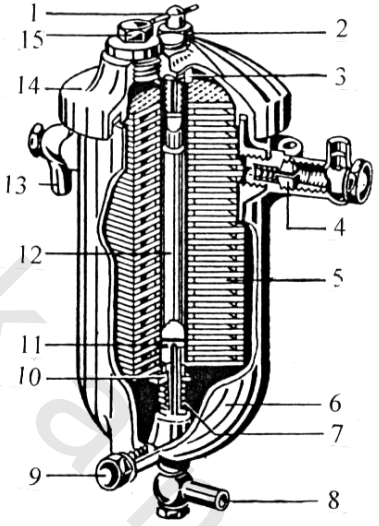
2- مرشح الوقود :

مرشح الوقود الموضح بشكل 4 – 15 عبارة عن منقى ورقى دقيق . يعمل كحاجز للمواد الغريبة العالقة بالوقود ، وبذلك يعمل على عدم دون وصولها هذه المواد إلى

obeikandi.com

صمامات الحقن ومنظم الضغط ، حتى لا تؤثر هذه المواد على سرعة إستهلاكهما وتليفيهما.

يوصى باستبدال مرشح الوقود من أن لآخر بصفة دورية حسب توصيات الشركات المنتجة.



شكل 4 – 15
مرشـح الوقــود

1. **مسمار استنزاف**
2. **مسمار توصيل**
3. **حشية (جوان)**
4. **صمام سكب**
5. **قلب المرشح**
6. **الغلاف الخارجي.**
7. **نابض (ياى) ضغط**
8. **الخروج إلى المضخة**
9. **سداده**
10. **حامل**
11. **فتحة**
12. **عمود**
13. **خط التغذية**
14. **غطاء**
15. **سدادة مقلوظة.**

3- منظم الضغط :

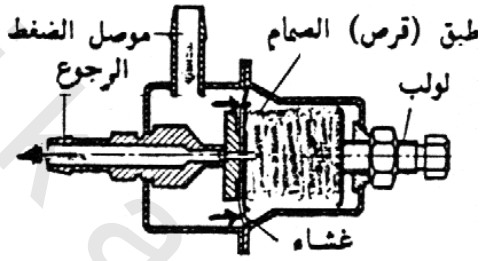
يوجد منظم الضغط في نهاية أنبوب الضغط ، خلف صمام الحقن ، وهو مزود

obeikandi.com

بوصلتين أحديهما تتصل بفرع تغذية البنزين ، والأخرى بفرع الرجوع.

يعمل منظم الضغط الموضح بشكل 4 – 16 على الحفاظ على ثبوت الضغط فى أنبوب التوزيع ، حيث يتم معايرة وضغط الحقن ومقداره 2bar من خلال تغير الشد الأولى للنابض (الياى).

كما يقوم بوظيفة صمام الفائض ، حيث يعمل عند ارتفاع ضغط البنزين الذي يزيد عن 2 bar بالضغط على الغشاء النابض ليرتفع طبق الصمام عن مقعد الصمام ، وبذلك يتدفق البنزين الزائد عن الحاجة من خلال أنبوب الرجوع عائداً الى الخزان.



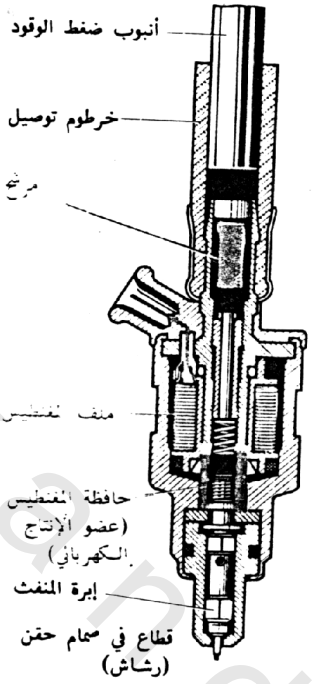
شكل 4 – 16
منظـم الضغـط

4- صمام الحقن :

يركب صمام الحقن في مجمع أنابيب السحب لبدء تشغيل المحرك البارد ، وهو يحقن كمية إضافية من الوقود أثناء بدء تشغيل المحرك عند درجات الحرارة المنخفضة لتسهيل بدء حركة المحرك . ويفتح هذا الصمام عن طريق مغناطيس كهربائي، ويحقن الوقود في صورة رذاذ دقيق عن طريق منفس لولبي.

يحتوى صمام الحقن الموضح بشكل 4 – 17 على ملف مغناطيسي ، حيث يضغط النابض (الياى) على إبرة المنفث وحافظة المغناطيس الموجودة أعلاها ضد مقعد الإبرة لمنع التسرب ، في حالة عدم مرور التيار في الملف المغناطيسي. وعند تلقى الملف المغناطيسي . نبضة لتيار كهربائي من جهاز التحكم ، يتولد مجال مغناطيسي، من شأنه جذب الحافظة (عضو الإنتاج) إلى أعلى. وبذلك ترتفع إبرة المنفث بنحو 0.15 mm عن مقعدها ويتم حقن الوقود أثناء فترة رفع الإبره ، ويبلغ زمن الاستجابة حوالي

0.001 S ، أما زمن فتح صمام الحقن فيتراوح ما بين 0.002 S – 0.010 S تبعاً لكمية الوقود المطلوب حقنها.

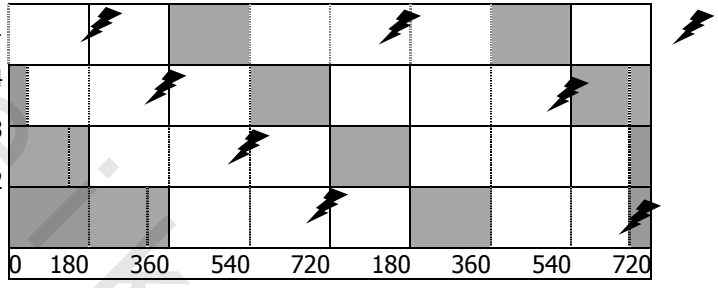


شكل 4 – 17
صمام الحقن

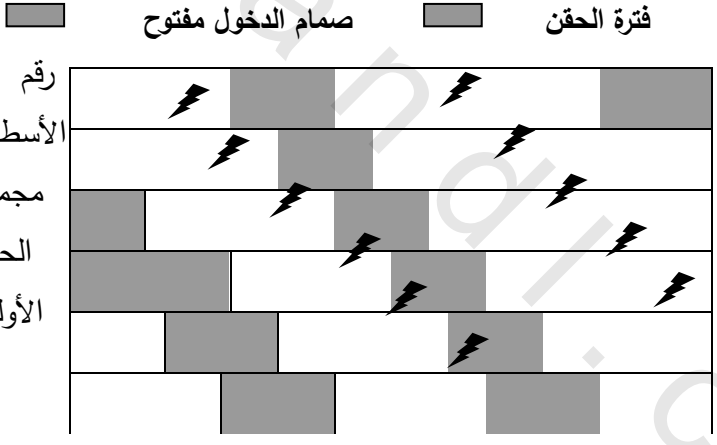
يركب صمام الحقن في أنبوب السحب لكل أسطوانة على حدة ، ويعمل كهرومغناطيسيا مرة واحدة في كل شوط قدرة ، حيث يتولى مهمة حقن الوقود إلى صمام الدخول.

تقسم صمامات المحرك إلى مجموعات بهدف خفض عدد الأجزاء الإلكترونية المستخدمة ، حيث توجد مجموعتين من صمامات المحرك رباعي الأسطوانات ، تتكون كل منها من صمامي حقن ، أما في المحرك سداسي الأسطوانات فهناك أيضاً مجموعتان تتألف كل واحدة منها من ثلاثة صمامات حقن ، ويوضح مخطط التوقيت شكل 4 – 18 الذي يبين الترتيب الزمني لفتح صمامات الدخول وزمن الحقن وتوقيت

الإشعال . وتخص صمامات كل مجموعة، تلك الاسطوانات التي يتعاقب تتابع إشعالها ، ويتم التوصل الكهربائي لصمامات كل مجموعة على التوازي، ومن ثم يتم حقن الوقود في نفس الوقت. وبذلك تتلقى أسطوانتان فقط الوقود مباشرة أثناء شوط السحب ، أما في باقي الأسطوانات ، فيخزن الوقود في أنبوب السحب ليتمكن من دخول الأسطوانة شوط السحب اللاحق.



(أ) زاوية مرفقية = صفر



(ب) زاوية المرفق = صفر

شكل 4 – 18
مخطط التوقيت

ثانياً : دورة التحكم

تحتوى دورة التحكم على عدة أجهزة تعمل على التحكم الإلكتروني في جميع حالات المحرك وهى كالآتي :-

1- جهاز التحكم في توقيت الحقن :

يتم التحكم في توقيت الحقن بواسطة نقطتي تلامس غير قابلتين للضبط ، مركبتان في أسفل علبة موزع الاشتعال وفى أوضاع متقابلة بحيث تصنعان فيما بينهما زاوية قدروها 180 °. وتستعمل حدبة أحادية التحدب مركبة على عمود الموزع للتحكم في نقطتي التلامس ، وبذلك يتلقى جهاز التحكم نبضات لبدء فتح صمام الحقن ومعلومات عن سرعة المحرك.

2- جهاز التحكم في كمية الوقود المحقونة :

وظيفة هذا الجهاز هو تحديد زمن (فترة) فتح صمامات الحقن لغرض التحكم في كمية الوقود المحقون ، ويتم تحديد زمن (فترة) فتح الصمامات تبعاً للضغط الواقع في أنبوب السحب ، وتبعاً لسرعة المحرك . وتحقق الوصول إلى الخليط المثالي من الوقود والهواء باستخدام التجهيزات المصممصة لكمية الوقود المحقونة وهي كما يلي :-

(ا) تجهيزة بدء تشغيل المحرك البارد.

(ب) تجهيزة إمداد إمداد الخليط أثناء الدوران المعتاد (الساخن).

(ج) تجهيزه إمداد خليط الحمل الكامل.

(د) تجهيزه إمداد الخليط أثناء التسارع.

(هـ) تجهيزه حجز الوقود أثناء تدحرج المركبة.

كما تستخدم أجهزة مختلفة أخرى لغرض إعطاء بيانات لجهاز التحكم الذي يحولها إلى نبضات كهربائية ذات فترات طويلة أو قصيرة ، ويتوقف زمن فتح صمامات الحقن وكمية الوقود المحقونة على هذه الفترات.

3- جهاز التحكم الإلكتروني :

يتصل جهاز التحكم الإلكتروني مع مراسل البيانات (Information Transmitters) المثبتة أو المتصلة بأجزاء المحرك .

يصنع جهاز التحكم الإلكتروني بطريقة الدوائر المطبوعة المعروفة في الهندسة الإلكترونية ، وتثبت الترانزستورات والدايودات والمكثفات التي تتصل مع بعضها البعض

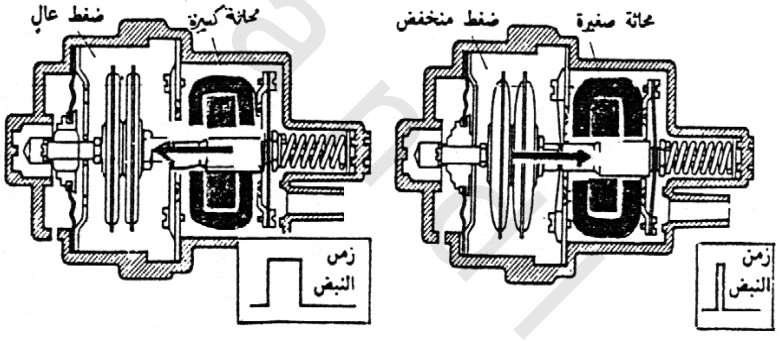
على لوحة التوصيلات المطبوعة.

يحتوى جهاز التحكم الإلكتروني على التجهيزات التالية:-

(أ) حساس الضغط :

يحتوى حساس الضغط الموضح بشكل 4 – 19 على ملف حث موصل بمفتاح توقيت إلكتروني في جهاز التحكم ، كما يحتوى على علبتين ضغط تعملان عن طريق تغيير حجمها (بسبب تغير الضغط) على إزاحة عضو إنتاج داخل حلقة حديدية مما ينتج عنه تغير في حثها.

وظيفة حساس الضغط هو نقل المعلومات الخاصة بالضغط السائد في أنبوبة السحب إلى جهاز التحكم . يقاس هذا الضغط خلف صمام الخنق ، وينقل إلى حساس الضغط عن طريق وصلة مرنة.



شكل 4 – 19
حساس الضغط

(أ) انخفاض الضغط في أنبوب السحب عند غلق صمام الخنق مما ينتج عنه تمدد علبتي الضغط، وبالتالي إزاحة عضو الإنتاج إلى خارج الحلقة الحديدية الذي يؤدى إلى حث قليل وينتج عنه انخفاض زمن نبضة التيار، بذلك تحقن الصمامات بكمية قليلة من الوقود.

(ب) ارتفاع الضغط في أنبوب السحب عند فتح صمام الخنق، مما ينتج عنه انكماش علبتي الضغط، وبالتالي إزاحة عضو الإنتاج إلى داخل الحلقة الحديدية الذي يؤدى إلى حث كبير، وينتج عنه طول زمن نبضة التيار، وبذلك تحقن الصمامات بكمية

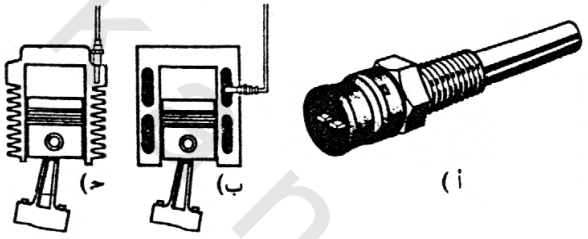
Obeikandl.com

كبيرة من الوقود

(ب) حساس درجة الحرارة :

يتكون حساس درجة الحرارة الموضح بشكل 4 – 20 من جسم معدني على شكل مسمار ذو رأس مسدس ، تثبت داخله مقاومة . يستعمل هذا الحساس في المحركات ذات التبريد بالسوائل لقياس درجة حرارة سائل التبريد.

يحقق حساس درجة الحرارة مواءمة كمية الوقود المحقون لدرجة حرارة المحرك. يحتوى على مقاومة تتغير قيمتها تبعاً لتغيير درجة الحرارة ، إذ تنخفض بشدة عند ارتفاع درجة الحرارة ، وينتقل حساس درجة الحرارة بياناته عن درجة حرارة المحرك إلى جهاز التحكم الذي يؤثر على التحكم في حقن كمية الوقود.



شكل 4 – 20
حساس درجة الحرارة

(ا) جسم معدني على شكل مسمار ذو رأس مسدس بداخله مقاومة.

(ب) قياس درجة الحرارة عند رأس الاسطوانات في حالة المحركات المبردة بالهواء.

(ب) أخذ درجة حرارة الهواء الجوى الخارجي في الاعتبار أحيانا عند تحديد كمية الوقود في بعض التجهيزات، وفى هذه الحالة يركب حساس درجة حرارة إضافي في أنبوب السحب.

الملخص :

يوجد نوعان لحقن البنزين هما كالآتي :-

1. حقن بنزين ميكانيكي
2. حقن بنزين ذو تحكم إلكتروني

- يحقن الوقود في كل أنظمة الحقن داخل أنبوب السحب .. (حقن غير مباشر).

- تستخدم مرشحات نجمية الشكل أو ملفوفة مصنوعة من الورق ، كعناصر ترشيح دقيقة . وعند استخدام الحقن الميكانيكي للبنزين ، يستعمل عنصر ضخ خاص لكل اسطوانة من أسطوانات المحرك.

خواص وطريقة عمل مضخة الحقن طراز بوش :

- تتغير كمية الوقود المحقون بواسطة دوران كباس المضخة.
- تحدد حافة التحكم بالكباس نقطة بدء الحقن.
- يدار كباس المضخة بواسطة بكرة التحكم التي تتحسس على سطح الحدبة المنزلقة.
- تزاح الحدبة المنزلقة محوريا تبعا لسرعة المحرك ، وتدار حول محورها تبعا للحمل.
- عند بدء تشغيل المحرك، يجذب مغنطيس بدء التشغيل جريدة التنظيم إلى ما بعد وضع الحمل الكامل.
- تغير علبة الضغط كمية الوقود المحقون تبعاً لتغيير ضغط الهواء.
- عند سحب السيارة وتخطى سرعة دوران المحرك لقيمة معينة، يحرك مغنطيس الإيقاف جريدة التنظيم إلى وضع اللاتغذية فتتوقف عملية حقن الوقود.
- يقوم مفتاح التوقيت بضبط جريدة التنظيم على وضع ضخ (تغذية) البدء عند كل عملية بدء تشغيل، لمدة تصل إلى نحو ثانيتين.
- يقوم مفتاح التوقيت الحراري بضبط جريدة التنظيم على وضع تغذية البدء عند كل عملية تشغيل، طالما بقيت درجة حرارة المحرك تحت حد معين.

خواص وطريقة عمل مضخة الحقن طراز كوجل فيشر :

يمكن تلخيص خواص وطريقة عمل مضخة الحقن طراز كوجل فيشر في الآتي –:

1. تتغير كمية الوقود المحقون تبعا لدوران ذراع التنظيم المتأرجحة.
2. تدار ذراع التنظيم المتأرجحة بواسطة إصبع حساس (إصبع تحكم) يتحسس

obeikandi.com

على سطح الحدبة المجسمة.

3. تزاح حدبه التحكم محورياً من صمام الخنق بواسطة ترتيبه نقل الحركة ، كما تدار حول محورها من محدد السرعة ، بواسطة تعشيقة المنظم.
4. يمكن تقنين كمية الوقود اللازمة عند بدء تشغيل المحرك البارد ، إما بواسطة إدارة لا مركزية أو عن طريق حقن الوقود داخل أنبوب المص بواسطة صمام مغنطيسي.
5. بتم التحكم في كمية الوقود المطلوب حقنها لإدارة المحرك الدافئ بواسطة دوران لا مركزي.

خواص وطريقة حقن البنزين بالتحكم الإلكتروني:

يمكن تلخيص خواص وطريقة حقن البنزين بالتحكم الإلكتروني في الآتي :-

1. يظل الضغط السائد في أنبوب ضغط الوقود ثابتاً ومقداره 2bar فوق الضغط الجوى.
2. يتم التحكم في كمية الوقود المحقون بتغيير زمن الحقن.
3. تقسم صمامات الحقن (الرشاشات) الموجودة في محرك ما إلى مجوعتين.
4. يتم التحكم في توقيت الحقن بواسطة نقطتي تلامس مثبتتين في الجزء السفلي لعلبة مزع الإشعال ، وغير قابلتين للضبط.
5. يتحدد زمن فتح صمامات الحقن بواسطة عاملين هما: الضغط السائد في أنبوب المص وسرعة دوران المحرك.
6. يتلقى جهاز التحكم معلومات عن الضغط السائد في أنبوب المص من حساس الضغط. يحقق حساس درجة الحرارة مواءمة كمية الوقود المحقونة تبعاً لدرجة حرارة المحرك.
7. يقوم صمام بدء تشغيل المحرك على البارد بحقن وقود إضافي في أنبوب السحب

openkandil.com

، ويتلقى هذا الصمام إشارة تشغيله عند تدوير مفتاح بدء التشغيل المتصل بالمفتاح الحراري ومفتاح التوقيت الحراري.

8. يتلقى المحرك هواء إضافياً أثناء فترة تدفئته (الفترة الأولى لتشغيله) ، يصل إلى الأسطوانات بواسطة صمام منزلق للهواء الإضافي.
9. في حالة الحمل الكامل ، يتلقى جهاز التحكم نبضة كهربائية – يتم على إثرها دفع الخليط (دفع الحمل الكامل) – من مفتاح الضغط أو من غشاء حساس الضغط.
10. يعمل مفتاح صمام الخنق على إيقاف حقن الوقود في حالة تدحرج السيارة وعندما تتعدى سرعة دوران المحرك حداً معيناً . أما وظيفته بالنسبة للتجهيزة الإضافية لمفتاح صمام الخنق ، فهي إغناء خليط الوقود والهواء.

obeikandl.com