كيف تعمل الأشياء

حقن الوقود

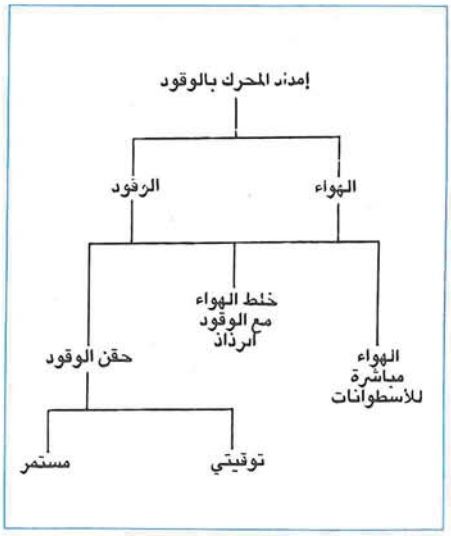
إعداد : د. حامد بن محمود صفراطه

تعلن الشركات المصنعة للسيارات عن أنظمة الحقن الجديدة (Fuel Injection) فما هي حقيقة عملية الحقن هذه ؟ .. وكيف تعمل السيارات الحديثة المزودة بهذا النظام هذا ما نتناوله عزيزي القاريء في هذا العدد .

كما عرفنا سابقاً أن الرذاذ يخلط الوقود مع الهواء دون تحكم دقيق في نوعية الخليط الذي يصل لكل اسطوانة على حدة بل ويعتمد كذلك كلِيّة على سرعة دوران المحرك ليتمكن من القيام بمهمته .

يوضح الشكل (١) طرق إمداد المحرك بالوقود والهواء وكذلك التحكم في حقن الوقود .

يتميز نظام حقن الوقود بقدرته الفائقة على تحديد كمية الوقود بدقة بالغة وتوزيع الوقود بالتساوي على الأسطوانات المختلفة للمحرك وبالتالي إعطاء المحرك الفرصة لإنتاج قدرات أعلى من تلك التي يقوم بها الرذاذ ، إلا أن العيب الأساس في هذا النظام هو ارتفاع ثمنه وعدم مقدرة العامل العادي على القيام بصيانته حيث تحتاج صيانته وإصلاحه لأجهزة خاصة وكذلك لمكان خاص لما يعرف بـ « الغرفة النظيفة Clean room » .

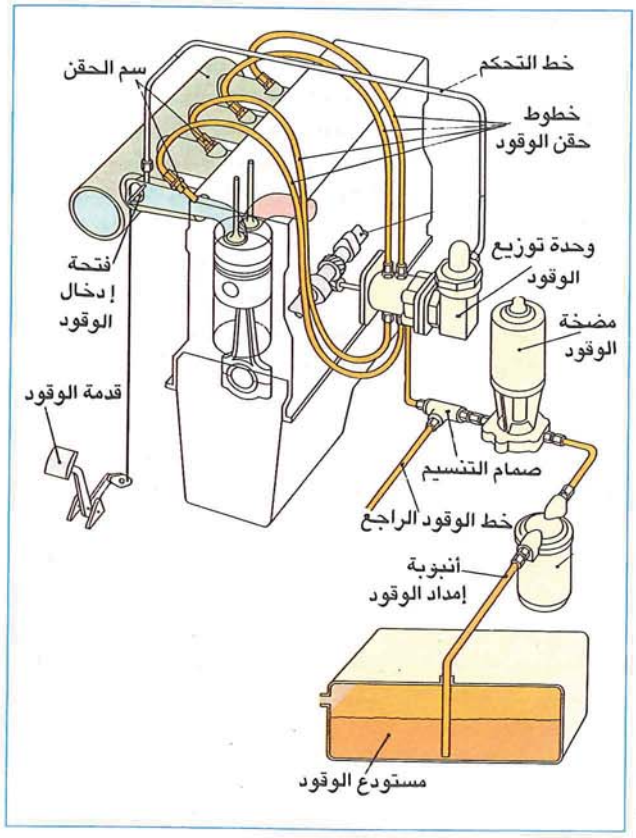


● شكل (١) طرق إمداد المحرك بالوقود .

تنقسم طرق حقن الوقود إلى طريقتين :-

١ـ الحقن التوقيتي

يتم حقن الوقود في هذه الطريقة عند مدخل الهواء للإسطوانة في وقت محدد قبل فتح الصمام ودخول الهواء إلى الإسطوانة . تقوم المضخة الكهربائية، شكل (٢) ، بضخ الوقود إلى وحدة توزيع الوقود عند ضغط مرتفع يناسب ٥ جوي ، حيث يتم إعادة الوقود الزائد إلى مستودع الوقود من خلال صمام التنسيم وخط الوقود الراجع . يندفع الوقود عبر وحدة توزيع الوقود التي تستمد التوقيت المناسب من خلال إدارتها بسرعة تساوي نصف سرعة دوران المحرك وبالتالي يتوافق حقن الوقود مع اللحظة المناسبة لإدخال الوقود إلى الإسطوانة . يتم حقن الوقود من خلال محقن له سم وقود (فتحة وقود) بإحدى طريقتين هما :-



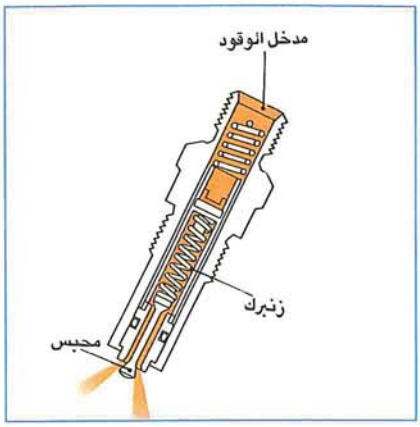
● شكل (٢) نظام الحقن التوقيتي .

(أ) الحقن الميكانيكي : يظل سم الوقود (Fuel Nozzel) في المحقن في هذه الطريقة مغلقاً حتى يرتفع الضغط ويتغلب على ضغط الزنبرك، شكل (٣ـ أ) . وقد زود النظام بوسيلة يدوية لزيادة نسبة الوقود عند بدء تشغيل المحرك في أيام الشتاء الباردة .

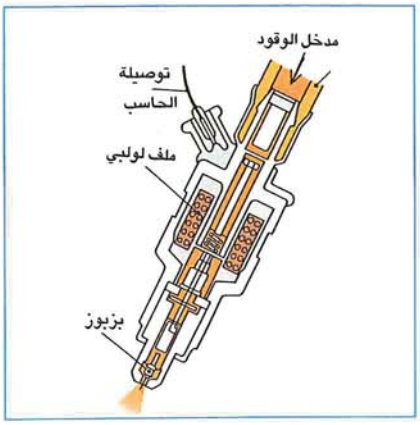
(ب) الحقن الإلكتروني : يقوم في هذا النظام حاسب إلكتروني صغير بإعطاء نبضة كهربائية لحقن الوقود من خلال ملف كهربائي ، شكل (٣ ــ ب) . وباستخدام هذا الأسلوب تنعدم الحاجة إلى رفع ضغط الوقود إلى الضغط العالي اللازم لفتح سم الوقود ، وبذلك تنخفض تكاليف النظام كما لايفقد المحرك التوقيت والكمية المناسبة من الوقود . وفي كلا الطريقتين يكون حقن الوقود عند مدخل الهواء إلى الإسطوانة ، شكل (٤) .

٢ـ الحقن المستمر

لقي هذا النظام نجاحاً كبيراً في تحسين أداء



● شكل (٣ـأ) الحقن الميكانيكي .



● شكل (٣ـب) الحقن الإلكتروني .

المحـرك كما شارك في تخفيـض نسبة العـوادم التي تلـوث البيئـة إلا أن مـا يعاب عليـه ارتفاع ثمنه . نشأت فكرة النظام من حقيقة بسيطة هي أن حقن الوقود يتم خارج الأسطوانة وبالتحديد عنـد محبس السحب ، شكل (٤) ، فإذا كـان محبس السحب يفتح ويغلق في الثانيـة الواحدة من خمس مرات عند السرعـات المنخفضة حتى خمسين مرة في السرعات العاديـة العادية ، فإن مثل هـذا الحال لايستلـزم على الإطـلاق تعقيـد التوقيت المحدد عنـد كل مشوار (Stroke) . إن الإلتزام بوقـت محدد ضرورة ملحة في محركات الديـزل التي سوف سنتناولها في حلقة قـادمة ، حيث يكون حقـن الوقـود داخـل الأسطوانة ، أمـا في محركات البنـزين فـلا معنى ولاضرورة لـلإلتـزام بذلك ، إذ أن المهـم هو تحديـد كميـة الوقـود بدقـة وكـذلك تـوزيعهـا على الإسطوانات المختلفة بـالتساوي . يشتمل نظام الحقن المستمـر على عدة أنظمـة سنـذكر منهـا نظامين ، هما :ـ

(أ) نظام بوش : تولت شركة بوش ريادة هذا

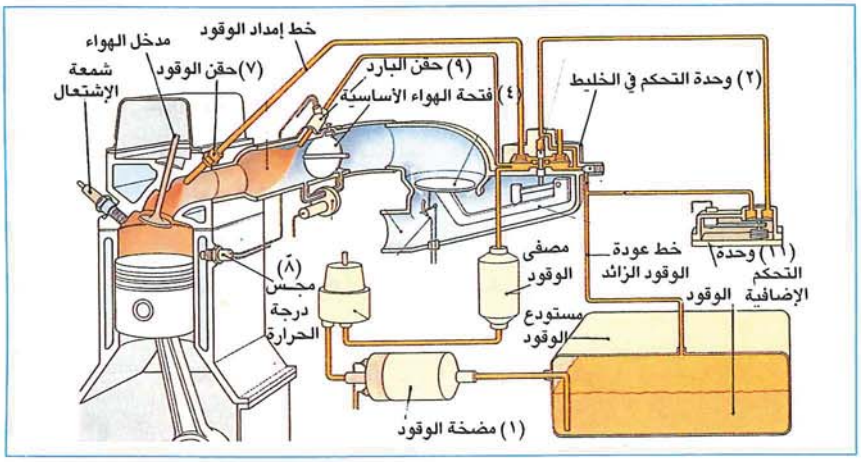
● شكل (٤) موضع حقن الوقود في طريقة الحقن التوقيتي .

النظـام وأنتجـت ما يعـرف بـ « نظـام ـ ك ـ للحقـن » (Bosch-Jetronic) ، شكل (٥) . تبدأ رحلة الـوقود بـالمضخة الكهـربائيـة (١) حيث يسحب الـوقود من مستـودع الـوقود ويـدفع خلال علبة التجميع ذات السقف (الكاوتشوك) الذي يمنع تبخر الوقود عند توقف المحرك وذلك بزيـادة ضغطه . يتحرك الوقـود خلال مصفى الـوقـود (Fuel Filter) إلى وحـدة التحكم في الخليط (٢) التي تـزود كـل اسطـوانـة بتيـار مستمـر من الـوقـود يحقن عنـد مـدخل كل اسطوانـة بصفة دائمة (٧) ، ويمثل هـذا التيار العنصر الأسـاس لتشغيل المحـرك . تمد وحـدة التحكم في الخليط جميع الأسطـوانـات كـذلك بحقن إضـافي عند أحوال التشغيـل البارد (٩) ، ويتم حقن الوقود عند مـدخل كل إسطوانة (٧) أيضاً . يظل الـرشاش مفتوحاً منـذ بدء تشغيل المحـرك حتى إطفـاؤه ولايغلق عنـد انتهـاء كل مشـوار كما هـو الحال في الحقن التـوقيتي . تتحكم قـدمـة الوقـود (٤) في مـرور الهواء إلى داخل الإسطوانة ، ويتحسس جسيم الهواء (٥) مقـدار الهواء ويضغط بـالتالي على ذراع وحـدة التحكم فيتم تعديل مقـدار الوقـود بما يتناسب مع مقدار الهواء .

تقوم وحـدة تحكم إضافيـة (١١) بالتحكم في كمية الوقود عندما يكون المحرك بارداً ، حيث يحس مجس الحرارة (٨) بـانخفـاض درجـة الحرارة فيقـوم بإرسال نبضـة كهـربائيـة إلى وحـدة التحكـم الإضـافيـة (١١) التي تـدفع بدورها ضغط الوقـود مباشرة إلى وحدة التحكم الأصلية (٢) ، وهكذا يـزداد الوقود المرسل لكل اسطوانة عند انخفـاض درجة الحرارة . وعندما تـرفع درجـة الحرارة تعـود نسب الـوقـود إلى مقدارها المحدد .

(ب) نظام كريسلـر وفورد : مع تقـدم نظم الحاسب الإلكتروني وانخفـاض تكلفتهـا ، تم تطـوير نظـم أقل تعقيداً من نظـام بـوش وذلك بإحلال حـاسب إلكتروني صغير لمتابعـة كمية الهواء وكمية الـوقود ودرجـات الحرارة وإعطاء المحرك كمية الوقود المنـاسبة من خلال مضخة وقـــود ذات ضغـط منخفض حيث يتـم حقن الوقود مباشرة من ماسورة صغيرة تعبر مدخل الهواء وتعمل تحت تحكم مبـاشر مـن حـاسب إلكتروني صغير .

أما نظام شركة فورد فيحقن الوقود في معبر الهواء عن طـريق محقن . يتحكم في هذا النظـام كـذلك حاسب إلكتروني يقـوم بإرسال نبضـة كهربائية للملف كهربائي حلزوني داخل المحقن ، حيث تحدد هذه النبضة الكهربائية كمية الوقود اللازم حقنها .



● شكل (٥) نظام بوش للحقن المستمر .