

## منظومات التحكم الإلكتروني في المحرك

منظومات التشغيل الإلكتروني في المحرك

**الجدارة:** التعرف على منظومات التحكم الإلكترونية في المحرك.

**الأهداف:** عند إكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- التعرف على العمليات التشغيلية المختلفة لمنظومات التحكم في المتغيرات في المحرك، مثل التشغيل على البارد، التحكم في سرعة اللاحمل، التحكم في حقن الوقود، التحكم في نظام الإشعال (زاوية السكون - زاوية تقديم الشرارة).
- طرق التشغيل للأجزاء المختلفة لبعض المنظومات الكهربائية و الإلكترونية في المحرك والتي تستخدمها شركات مختلفة مثل (Motronic- Monotronic - PFI - TCCS - ECCS)

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة ٩٠٪.

**الوقت المتوقع للتدريب:** ٨ ساعات.

**الوسائل المساعدة:**

- جهاز عرض (بروجكتور) للصور و الجداول.

**متطلبات الجدارة:**

- اجتياز مقرر محركات السيارات

**مقدمة :**

تشتمل هذه الوحدة على تجميع عناصر (حساسات - مشغلات - ..... ) نظام التحكم الإلكتروني الذي يتحكم في أداء منظومات المحرك طبقاً للمتغيرات التي يواجهها المحرك من ظروف التشغيل المختلفة. وتنقسم هذه الوحدة إلى جزئين رئيسيين، الأول يتناول شرح العمليات التشغيلية و كيفية التحكم في المتغيرات للعناصر الأساسية المكونة للمنظومات المختلفة في المحرك. ويتناول الجزء الأخير تجميعاً لهذه العناصر في عرض بعض الأنظمة التي تستخدمها الشركات المنتجة للمركبات للتحكم في أداء المحرك.

**العمليات التشغيلية :**

نظراً للاختلاف في السرعات والأحمال التي يتعرض لها المحرك وينتج عنها ظروف تشغيلية مختلفة، كان لابد من إضافة بعض المنظومات للتحكم في أداء المحرك لمجابهة هذه الظروف التشغيلية المختلفة. ونذكر منها على سبيل المثال :

**منظومة التشغيل على البارد :**

- تستخدم منظومة التشغيل على البارد خليطاً غنياً لتحسين أداء تشغيل المحرك في الجو البارد والوصول به إلى درجة حرارة التشغيل الطبيعية في أقل وقت ممكن ، و ذلك للأسباب التالية:
- ١- ترتفع كثافة الهواء في الجو البارد و بذلك تقل سرعة انسياب الهواء.
  - ٢- صعوبة تبخر الوقود في الهواء البارد.
  - ٣- التقليل من معدل التآكل للأجزاء المتحركة في المحرك.
  - ٤- تقليل الملوثات في غاز العادم .

## الأجزاء المكونة للمنظومة:

تتكون منظومة التشغيل على البارد من الأجزاء التالية:

١ - بخاخ التشغيل على البارد.

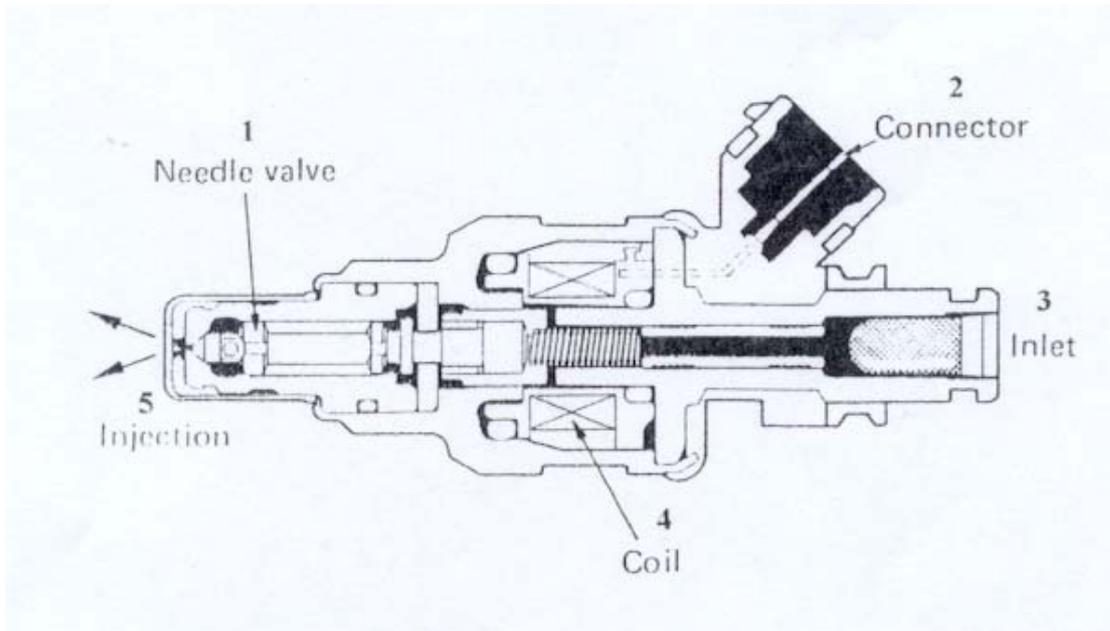
٢ - مفتاح زمني حراري.

و في حالة التحكم في تشغيل بخاخ التشغيل على البارد بواسطة الوحدة الإلكترونية في المحرك، يتم إضافة الأجزاء التالية لما سبق أعلاه:

٣ - حساس درجة حرارة سائل التبريد ( في الأجواء الباردة)

٤ - وحدة التحكم الإلكترونية في المحرك

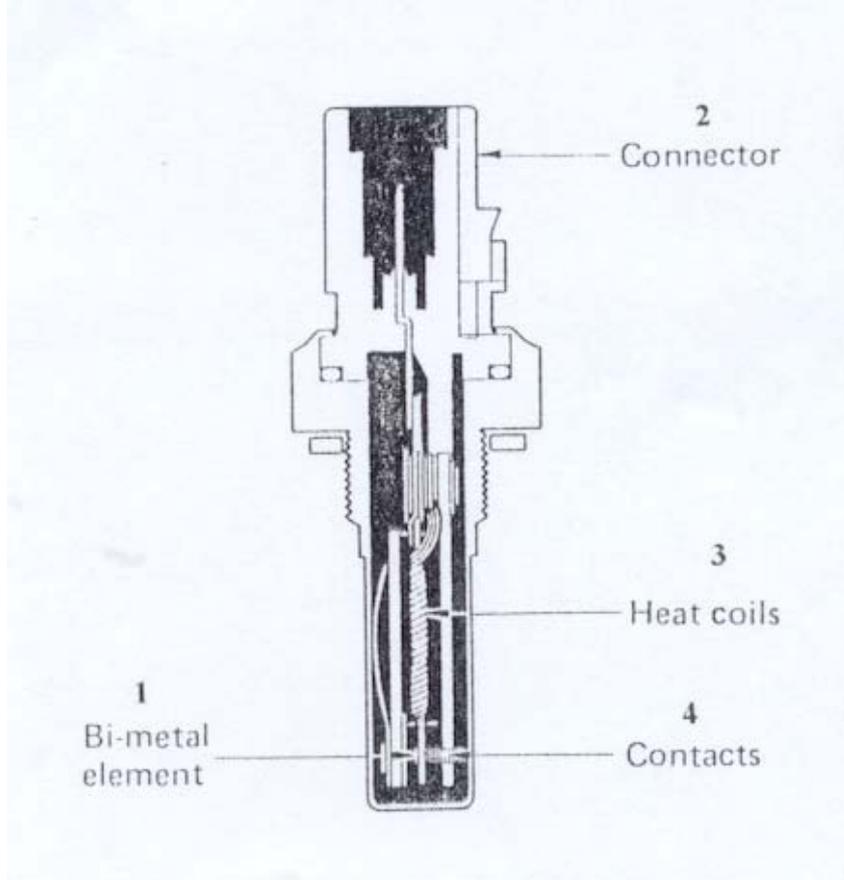
و توضح الأشكال (٦ - ١)، (٦ - ٢) كلاً من بخاخ التشغيل على البارد والمفتاح الزمني الحراري . علماً بأنه قد تم توضيح حساس درجة حرارة سائل التبريد خلال الوحدة الرابعة الخاصة بالحساسات.



١ - صمام لارجعي ٢ - أطراف توصيل ٣ - فتحة دخول الوقود

٤ - ملف كهربائي ٥ - فوهة البخاخ

شكل (٦ - ١): بخاخ التشغيل على البارد.



- ١- المعدن المزدوج      ٢- الأطراف الكهربائية  
٣- ملف التسخين      ٤- نقطة الاتصال

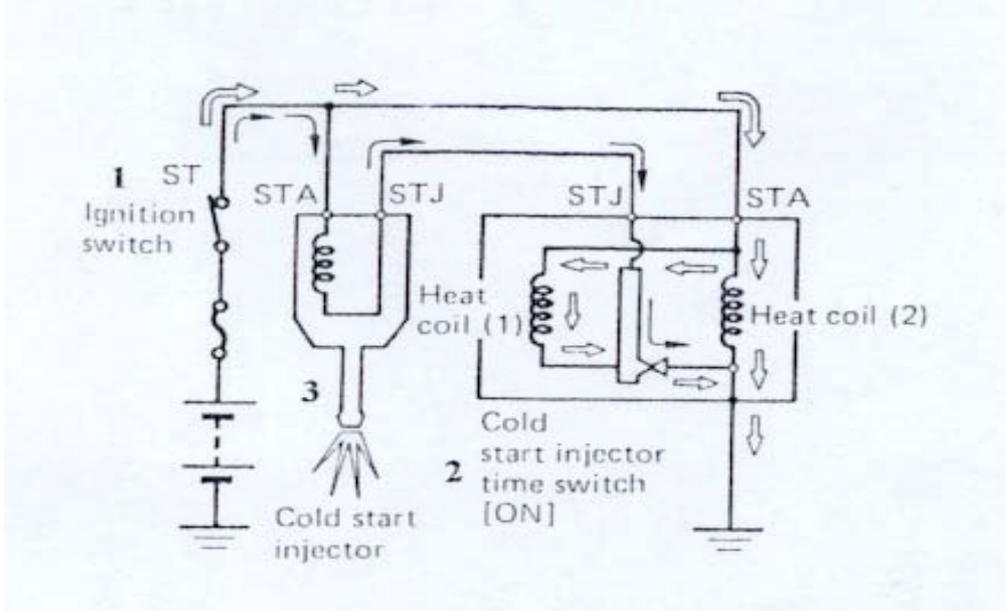
شكل (٦ - ٢): المفتاح الزمني الحراري لبخاخ التشغيل على البارد.

## طريقة عمل منظومة التشغيل على البارد:

(أ) منظومة التشغيل على البارد باستخدام بخاخ التشغيل على البارد والمفتاح الزمني الحراري:

يعمل هذا البخاخ عند بدء تشغيل المحرك، و ذلك عندما تكون درجة حرارة سائل التبريد منخفضة، حيث أن الفترة الزمنية القصوى لحقن الوقود محددة بواسطة المفتاح الزمني الحراري وذلك لمنع تشريق المحرك التي تحد من إطالة عملية تشغيل المحرك أو تكررها خلال فترة زمنية واحدة.

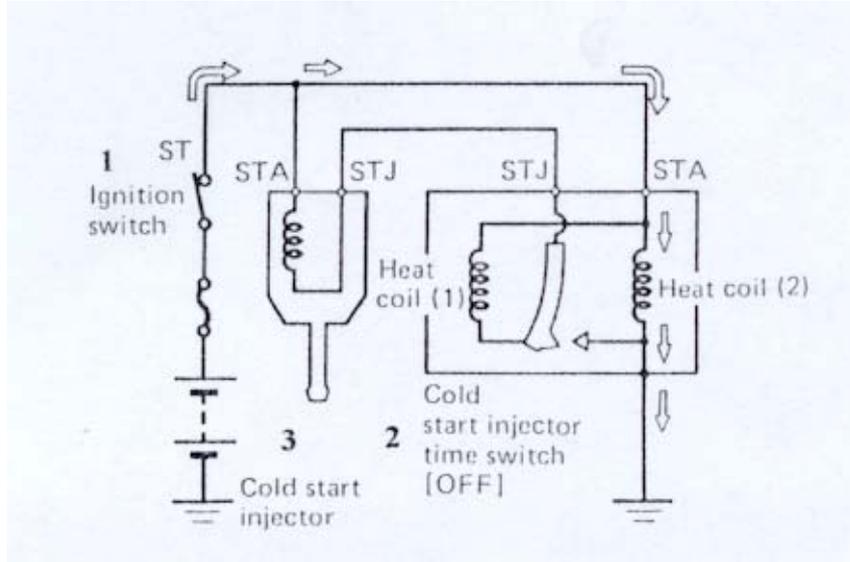
عند بدء إدارة المحرك (مفتاح الإشعال في وضع التشغيل ST) و تكون درجة حرارة سائل التبريد منخفضة، يمر التيار خلال الملف الكهرومغناطيسي بالبخاخ ويكون المفتاح الزمني الحراري متصلاً بالأرضي فيتم سحب قلب البخاخ ضد ضغط النابض ويسمح بمرور كمية وقود إضافية من فوهة البخاخ. وبذلك يتحسن أداء تشغيل المحرك للأسباب المذكورة سابقاً. و عندما يعود مفتاح الإشعال إلى وضع (ON) بعد تشغيل المحرك يتوقف حقن الوقود من بخاخ التشغيل على البارد و يوضح الشكل (٦- ٣) دائرة تشغيل بخاخ التشغيل على البارد بواسطة المفتاح الزمني الحراري .



١ - مفتاح التشغيل ٢ - مفتاح زمني حراري ٣ - بخاخ التشغيل على البارد

شكل (٦- ٣): التحكم في تشغيل بخاخ التشغيل على البارد بواسطة المفتاح الزمني الحراري.

وفي حالة ما إذا استغرق زمن تشغيل بادئ الحركة مدة طويلة نسبياً لأي سبب من الأسباب فقد يؤدي إلى احتمال تشريق المحرك وهنا يأتي دور عمل المفتاح الزمني لبخاخ التشغيل على البارد، فيمر التيار في ملفات الحرارة (١)، (٢) فيسخن المعدن المزوج ويقطع الاتصال بالأرضي فلا يمر التيار إلى بخاخ التشغيل على البارد. ويسخن الملف الحراري (٢) نتيجة استمرار مرور التيار ليمنع اتصال الازدواج المعدني بالأرضي مرة أخرى وذلك في حالة تكرار عملية التشغيل في نفس الوقت أو إذا تم تشغيل بادئ الحركة لفترة طويلة وذلك لمنع تشريق المحرك. ويوضح الشكل (٦-٣ ب) دائرة عدم تشغيل بخاخ التشغيل على البارد بواسطة المفتاح الزمني الحراري.

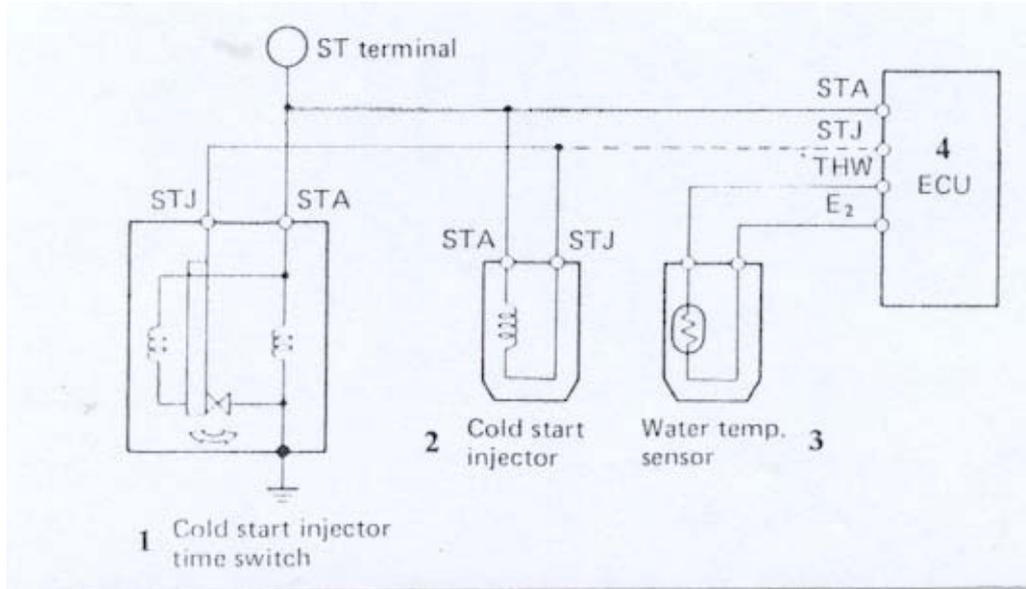


١ - مفتاح التشغيل ٢ - مفتاح زمني حراري ٣ - بخاخ التشغيل على البارد

شكل (٦-٣ ب): التحكم في عدم تشغيل بخاخ التشغيل على البارد بواسطة المفتاح الزمني الحراري.

## (ب) تشغيل بخاخ التشغيل على البارد بواسطة وحدة التحكم الإلكترونية:

يتم في هذه الطريقة التحكم في مدة حقن بخاخ التشغيل البارد عن طريق المفتاح الزمني الحراري ووحدة التحكم الإلكترونية في المحرك التي يتم تغذيتها بالمعلومات من حساس درجة حرارة سائل التبريد. ففي المناطق الباردة لا يكفي المفتاح الزمني للتحكم في كمية حقن الوقود، بل ترسل وحدة التحكم الإلكترونية إشارة تجعل بخاخ التشغيل على البارد يعمل لفترة زمنية أطول وذلك بناءً على الإشارة الصادرة من حساس درجة حرارة سائل التبريد. وبهذا يتم التغلب على ظروف بدء التشغيل على البارد في الأجواء الباردة. ويوضح الشكل (٦- ٤) طريقة عمل الوحدة الإلكترونية.



١- المفتاح الزمني لبخاخ التشغيل على البارد ٢- بخاخ التشغيل على البارد

٣- حساس درجة حرارة مياه التبريد ٤- وحدة التحكم

شكل (٦- ٤): استخدام المفتاح الزمني و وحدة التحكم الإلكترونية في عمل بخاخ التشغيل على البارد.

### منظومة تسخين المحرك :

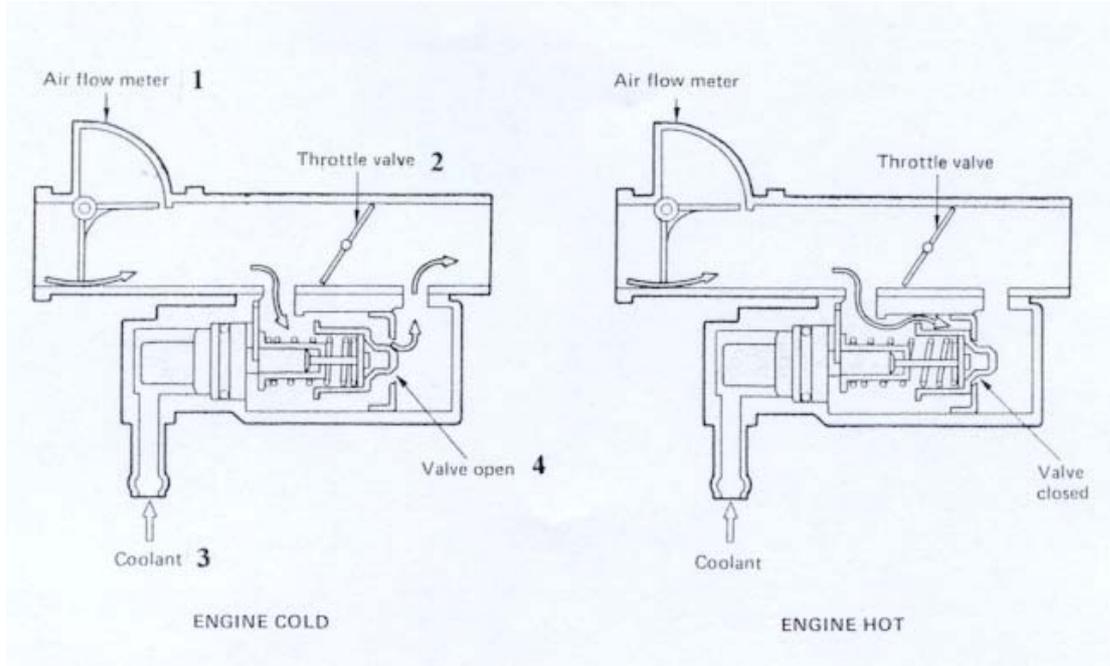
عندما يكون المحرك بارداً فإن تسخين المحرك يتم بزيادة سرعته من سرعة اللاحمل إلى سرعة الإحماء وذلك بغرض تسخين المحرك في فترة زمنية قصيرة وتحسين أدائه.

#### الأجزاء المستخدمة في تسخين المحرك:

- صمام الهواء الإضافي، ويوجد منه نوعان :
- ( أ ) نوع يعتمد عمله على الازدواج المعدني
- (ب) نوع يعتمد عمله على الملف الحراري ( سوف يتم شرحه في هذا الجزء )
- الإشارات الصادرة من حساسات قياس تدفق كمية الهواء و درجة حرارة الهواء
- وحدة التحكم الإلكترونية
- بخاخات الوقود

#### طريقة العمل:

يتم في عملية تسخين المحرك زيادة كمية الهواء في ممر صمام الهواء الإضافي التي تزيد من سرعة دوران المحرك (من سرعة اللاحمل إلى سرعة الإحماء) حتى لو كان صمام الخانق مغلقاً. ليقوم المحرك بسحب كمية هواء إضافية عن طريق ممر صمام الهواء الإضافي الذي يفتح بالكامل عندما تكون درجة حرارة المحرك منخفضة و بذلك يسمح بمرور كمية أكبر من الهواء إلى المحرك. ويقوم كل من حساس قياس تدفق الهواء وحساس درجة حرارة الهواء بإرسال إشارات كهربائية إلى وحدة التحكم التي تقوم بدورها بمعالجة و تحليل هذه الإشارات لتزيد كمية حقن الوقود من خلال بخاخات الحقن. وبذلك تزداد سرعة المحرك إلى سرعة الإحماء التي تؤدي لرفع درجة حرارة المحرك، وباستمرار ارتفاع درجة الحرارة يتم غلق صمام ممر الهواء الإضافي تدريجياً حتى يغلق تماماً عندما تصل درجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة التشغيل المطلوبة. و نتيجة لذلك ينقطع سريان الهواء وبالتالي تنخفض سرعة المحرك من سرعة الإحماء إلى سرعة اللاحمل مرة أخرى. ويوضح الشكل (٦ - ٥) طريقة عمل صمام الهواء الإضافي.



(ب) المحرك بارد

(أ) المحرك ساخن

- ١- صمام تدفق الهواء.      ٢- صمام الخانق.  
 ٣- فتحة مياه التبريد.      ٤- صمام ممر الهواء الإضافي مفتوح

شكل (٦- ٥): عمل صمام ممر الهواء الإضافي لتسخين المحرك.

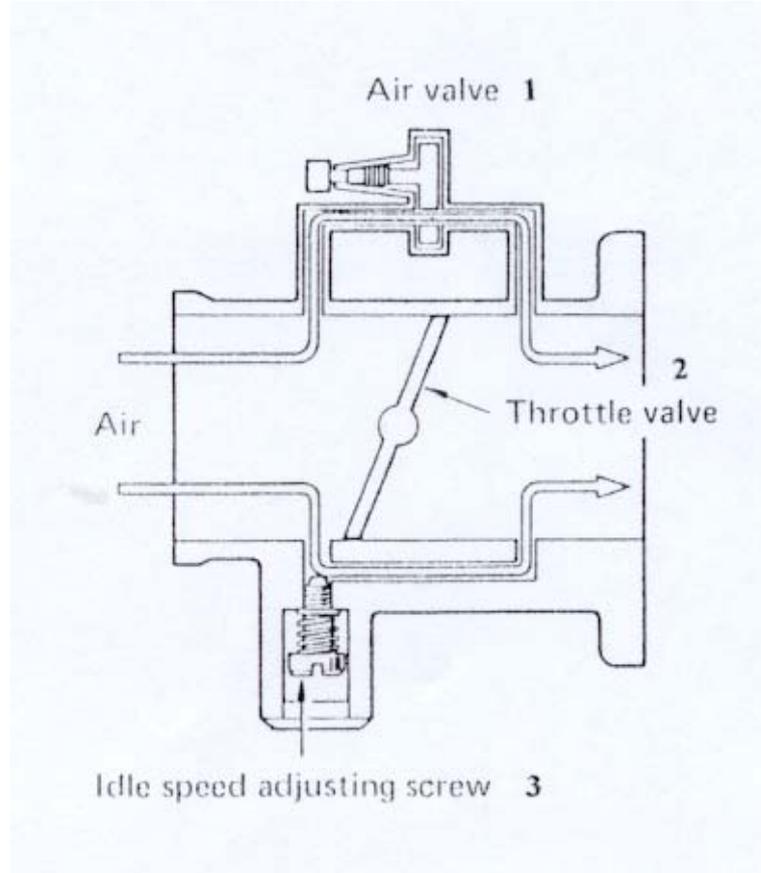
### منظومة التحكم في سرعة اللاحمل :

الأجزاء:

- صمام سرعة اللاحمل
- حساسات سرعة المحرك ودرجة حرارة المحرك
- مفتاح وضع صمام الخانق
- وحدة التحكم الإلكترونية
- البخاخات

## طريقة العمل:

يوجد صمام سرعة اللاحمل في ممر الهواء الرئيسي الذي يمر به الهواء إلى المحرك. فعند بدء تشغيل المحرك البارد، يفتح صمام ممر الهواء الإضافي فيسمح للهواء يتخطى صمام الخانق، حتى ولو كان مغلقاً، ويمر مباشرةً عبر صمام الهواء إلى مجمع السحب. وتقوم وحدة التحكم الإلكترونية في المحرك طبقاً للإشارات الصادرة من حساسات سرعة المحرك ودرجة حرارته وكذلك مفتاح وضع صمام الخانق بالتحكم في كمية الهواء وبالتالي التحكم في بخاخات الوقود لضبط كمية الحقن المناسبة لسرعة اللاحمل. ويوضح الشكل (٦ - ٦) طريقة عمل صمام سرعة اللاحمل.



١ - صمام ممر الهواء الإضافي. ٢ - صمام الخانق. ٣ - مسمار ضبط سرعة اللاحمل

شكل (٦ - ٦): مقطع في صمام سرعة اللاحمل يوضح ممرات مرور الهواء.

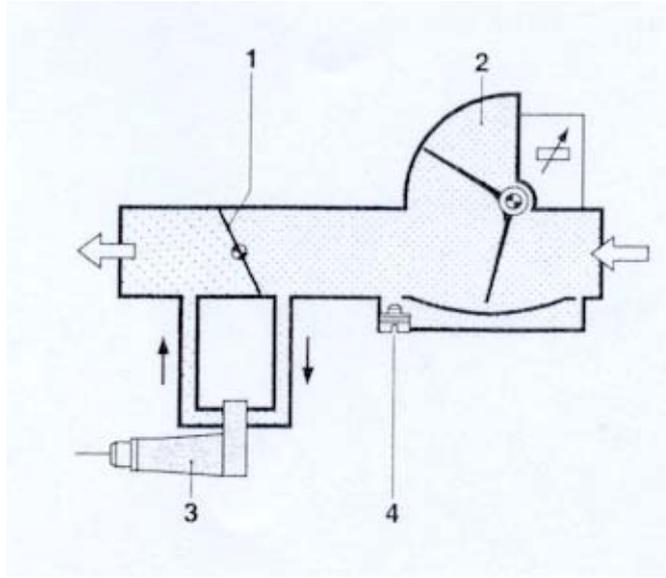
## منظومة التحكم في نسب الخليط لسرعة اللاحمل

### الأجزاء:

- حساسات سرعة دوران المحرك، ودرجة حرارته، وكمية تدفق الهواء.
- مفتاح موضع صمام الخانق
- صمام سرعة اللاحمل
- وحدة التحكم الإلكترونية
- البخاخات

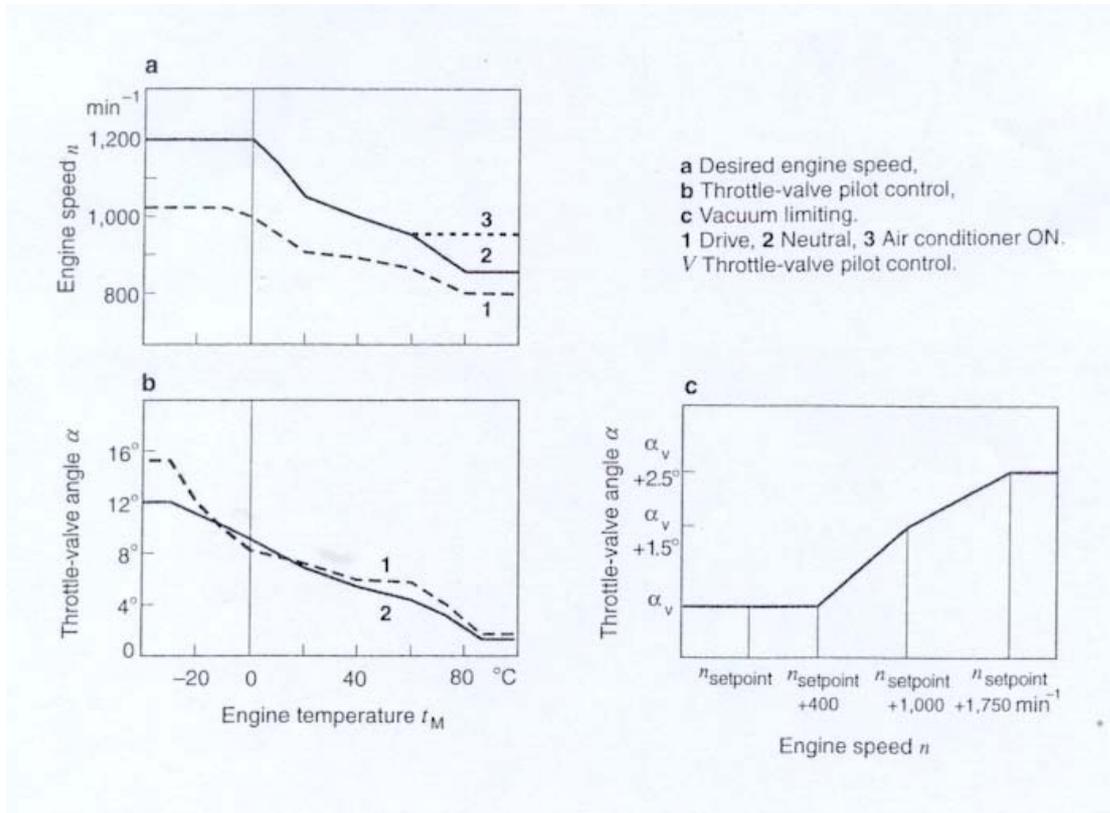
### طريقة العمل:

يقوم نظام التحكم الإلكتروني في المحرك بالمحافظة على سرعة اللاحمل ثابتة من التغيرات التي تطرأ عليها بسبب تغير الحمل على المحرك (ظروف تشغيل المحرك، قوة التوجيه المساعدة، ....). حيث تقوم الوحدة الإلكترونية بتلقي إشارات كهربائية من حساسات سرعة دوران المحرك، درجة حرارته، ووضع صمام الخانق حيث تعالجها وتحللها وبالتالي تضبط سرعة دوران المحرك عن طريق زيادة أو تقليل تغذية الهواء بواسطة تجهيزة التحكم في سرعة اللاحمل. وهذا يؤدي إلى اختلاف كمية الهواء الداخلة إلى المحرك مقارنةً بالكمية المقاسة من حساس كمية تدفق الهواء الذي يرسل إشارة إلى وحدة التحكم (مع باقي الإشارات الصادرة من الحساسات الأخرى) و بناءً عليه يتم ضبط سرعة اللاحمل حسب القيم المخزنة في ذاكرة الوحدة الإلكترونية وبالتالي التحكم في ضبط كمية حقن الوقود عن طريق التحكم في تشغيل البخاخات. ويوضح الشكل (٦ - ٧) التحكم في سرعة اللاحمل، كما يوضح الشكل (٦ - ٨) تأثير المتغيرات في سرعة المحرك ودرجة حرارته ووضع صمام الخانق على تغير سرعة اللاحمل.



- ١- صمام وضع الخانق  
٢- حساس تدفق الهواء  
٣- صمام التحكم في الهواء الإضافي  
٤- ضبط خليط اللاحمل

شكل (٦- ٧) نظام ضبط الخليط لسرعة اللاحمل.

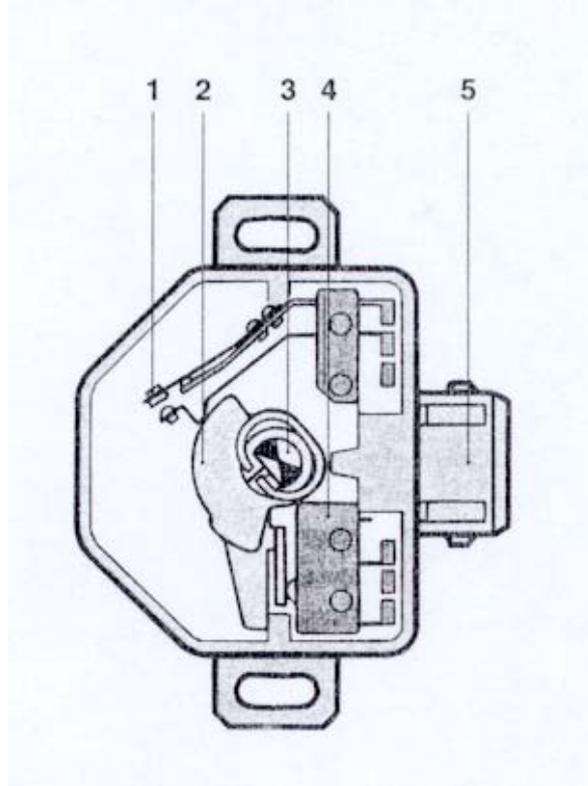


شكل (٦- ٨): تأثير المتغيرات على سرعة اللاحمل.

### منظومة التحكم في إغناء الخليط :

يعمل المحرك في الأحمال الجزئية على خليط فقير ويحتاج إلى عملية إغناء لهذا الخليط عند الحمل الأقصى (أكبر قدرة في المحرك). و على الرغم من أن عمل المحرك على الأحمال الجزئية يكون أقل استهلاكاً للوقود وكمية الملوثات قليلة في غاز العادم إلا أن عملية إغناء الخليط لا بد منها رغم تأثيرها العكسي على استهلاك الوقود و كمية الملوثات. وتعتمد عملية الإغناء هذه على سرعة المحرك للحصول على أقصى عزم خلال سرعات المحرك المختلفة وبهذه الطريقة يتم ضمان الاستهلاك الأمثل للوقود خلال الحمل الأقصى على المحرك.

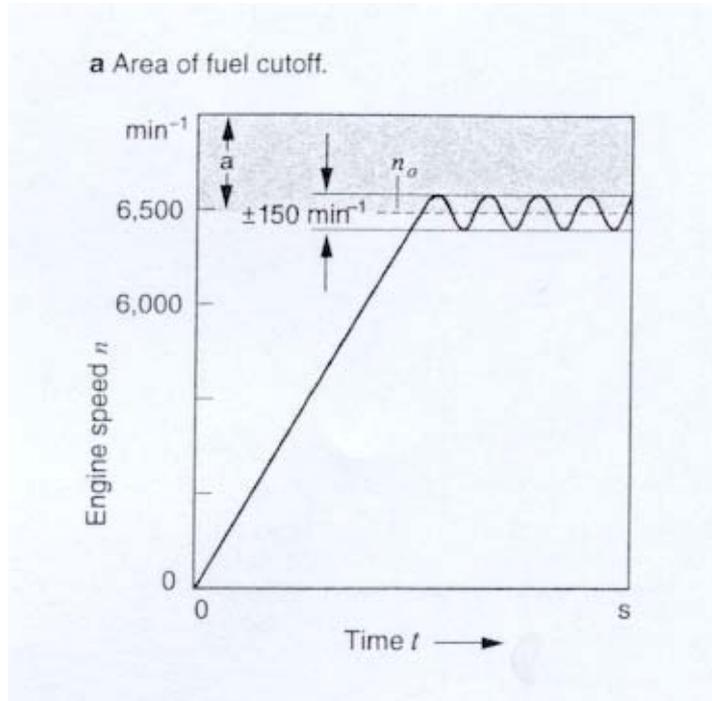
و تقوم الوحدة الإلكترونية بالتحكم في ذلك عبر الإشارة التي تصدر من مفتاح وضع صمام الخانق الموجود على صمام الخانق. أما إشارة سرعة المحرك فيتم الحصول عليها من نظام الإشعال وبالتالي تتحكم الوحدة الإلكترونية في كمية الوقود التي يحتاجها المحرك. ويبين الشكل (٦ - ٩) قطاعاً في صمام الخانق الذي يشتمل على وضعين يستخدمان لتحديد كمية الوقود في نظام اللاحمل والحمل الأقصى على المحرك.



- ١ - نقطة تلامس الحمل الكامل ٢ - كامرة ٣ - عمود صمام الخانق
  - ٤ - نقطة تلامس وضع اللاحمل ٥ - الوصلة الكهربائية
- شكل (٦ - ٩): قطاع في مفتاح صمام الخانق.

### منظومة التحكم في قطع الوقود في السرعات العالية جداً :

تُعد سرعة المحرك من المتغيرات الهامة التي لها تأثير كبير على المكابس والصمامات؛ حيث إن السرعات العالية جداً تدمر هذه الأجزاء وترفع درجة حرارة المحرك إلى حد كبير يؤثر على معظم الأجزاء المتحركة. ولهذا السبب تم تخصيص دائرة لمنع المحرك من زيادة سرعته عن سرعة محددة مسبقاً ( $n_0$ ) لهذا المحرك (أي أن كل محرك تحدد سرعة قصوى له). فعند زيادة سرعة المحرك عن السرعة القصوى المحددة له تقوم الوحدة الإلكترونية بإرسال إشارة إلى منظومة حقن الوقود لمنع الوقود وبالتالي تقل سرعة المحرك عن السرعة القصوى المحددة له  $n_0$  إلى أن تصل إلى حد معين تبدأ بعدها الوحدة الإلكترونية بالسماح بتشغيل منظومة الوقود مرة أخرى. ويوضح الشكل (٦- ١٠) المدى الذي يُسمح به لسرعة المحرك بالتغيير سواءً بالزيادة أو النقصان عن السرعة القصوى المسموح بها.



شكل (٦- ١٠): المدى المسموح به للسرعة القصوى للمحرك التي تتغير خلاله.

### منظومة التحكم بإغناء الخليط عند التعجيل (التسارع) :

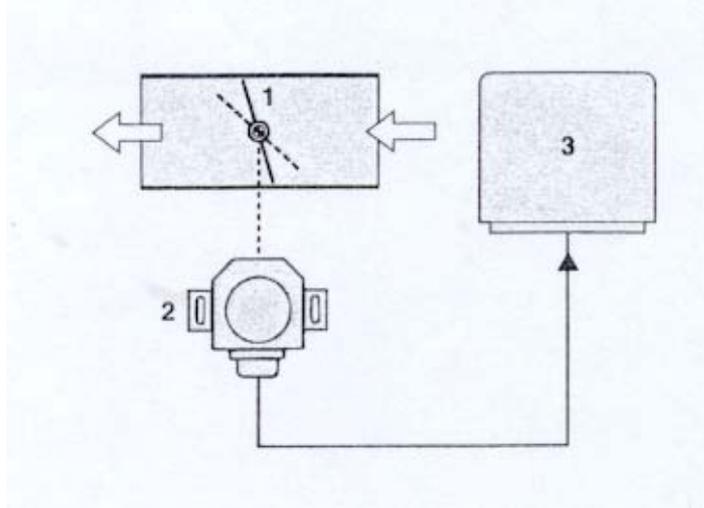
تختلف نسبة خلط الوقود بالهواء عند التعجيل وذلك طبقاً للقدرة المطلوبة من المحرك، فمثلاً للحصول على أقصى قدرة من المحرك تكون نسبة إغناء الخليط (A/F) من ١٠ - ١٥٪ زيادة عن النسبة المثالية. وتختلف عملية التحكم في إغناء الخليط طبقاً للنظام المستخدم في حقن الوقود، فتعتمد وحدة التحكم على مجموعة من الإشارات الصادرة من حساس قياس الضغط MAP في مجمع السحب. ولكن جميع الأنظمة تعتمد على وضع صمام الخانق الذي يفتح فجأة عند التسارع مسبباً زيادة في الضغط في مجمع السحب.

#### الأجزاء:

- حساس وضع صمام الخانق
- حساس قياس الضغط في مجمع السحب MAP
- وحدة التحكم الإلكترونية
- البخاخات

#### طريقة العمل:

عند التسارع تزداد كمية الهواء في مجمع السحب (طبقاً لوضع صمام الخانق) وبالتالي تقل نسبة خلط الوقود بالهواء أي يصبح الخليط فقيراً ولهذا تعمل الوحدة الإلكترونية على زيادة فترة حقن الوقود (إغناء الخليط) لزيادة قدرة المحرك لفترة وجيزة خلال مدة التسارع. ويعتمد عمل الوحدة الإلكترونية على مجموعة من الإشارات الصادرة من الحساسات المختلفة المذكورة عاليه، وفي بعض الأنظمة يتم تخزين درجة الإغناء طبقاً لوضع صمام الخانق خلال الوحدة الإلكترونية وذلك لسرعة الاستجابة أثناء التسارع. ويوضح ذلك الشكل (٦- ١١).



١- صمام الخانق ٢- مفتاح صمام الخانق ٣- وحدة التحكم الإلكترونية

شكل (٦- ١١): تغذية الوحدة الإلكترونية بوضع صمام الخانق.

### منظومة التحكم في نظام الإشعال :

إن التحكم في نظام الإشعال يعتمد على نوع نظام الإشعال المستخدم في المحرك و يتم التحكم الإلكتروني في أحد هذه الأنظمة التالية:

- ١- نظام الإشعال الترانسسستوري - باستخدام موزع- سواء أكانت الإشارة الصادرة إلى الوحدة الإلكترونية من نظام يعتمد على الحث الذاتي TI-I أم نظام هول TI-H.
- ٢- نظام إشعال باستخدام أشباه الموصلات SI
- ٣- نظام إشعال باستخدام أشباه الموصلات لكن بدون موزع (ملفات إشعال) DLI

وتعد أهم المتغيرات التي يمكن التحكم فيها بنظام الإشعال

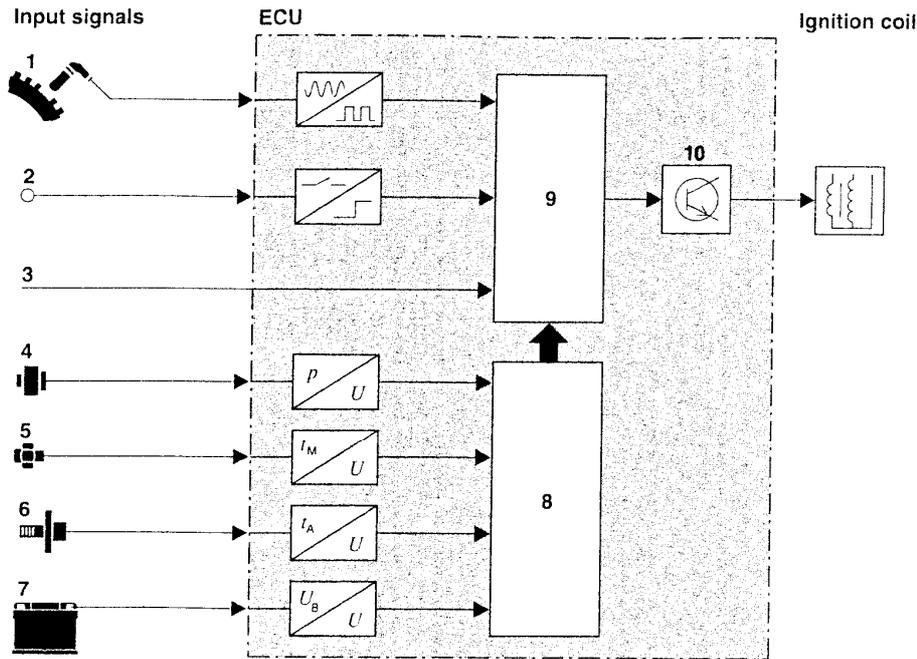
- أ- التحكم إلكترونياً بزاوية تقديم الشرارة (توقيت الإشعال)
- ب- التحكم الإلكتروني المغلق لزاوية السكون (التحكم في التيار المار في دائرة الإشعال الابتدائية)

### أ- التحكم إلكترونيًا بزاوية تقديم الشرارة (توقيت الإشعال) :

يتم في هذا الجزء شرح التحكم الإلكتروني في توقيت الشرارة في كل من نظامي الإشعال اللذين يستخدمان أشباه الموصلات لكن أحدهما بموزع والآخر بدون (ملفات إشعال). وحيث إن عمل الوحدة الإلكترونية لا يختلف كثيراً بين هذين النظامين حيث إن توقيت الإشعال الأمثل يُخزن في ذاكرة الوحدة الإلكترونية، وكما أن إشارات حساسات المحرك الموضحة في الشكلين (٦- ١٢)، و (٦- ١٣) تقوم بتحديد توقيت الشرارة عن طريق التحكم في مرور التيار الابتدائي. فإن التحكم يتم بناءً على سرعة المحرك و ليس بناءً على الخلطة في مجمع السحب ، انظر شكل (٦- ١٤).

#### Signal processing in the ECU (block diagram)

1 Engine speed, 2 Switch signals, 3 CAN (serial Bus), 4 Intake-manifold pressure, 5 Engine temperature, 6 Intake-air temperature, 7 Battery voltage, 8 A/D converter, 9 Microcomputer, 10 Ignition output stage.

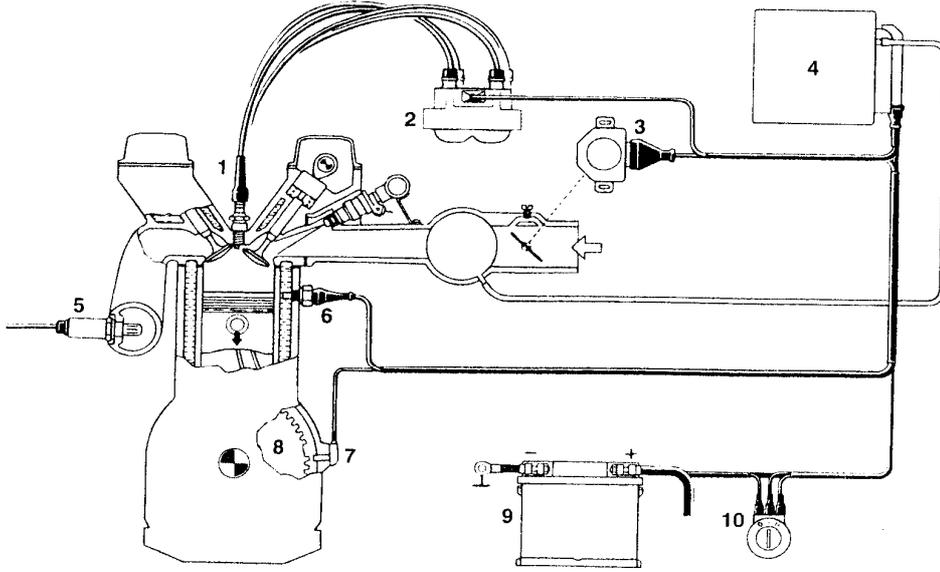


- ١- حساس سرعة المحرك
- ٢- مفتاح تغيير نوع الإشارة
- ٣- حساس يعتمد على النظم
- ٤- حساس الضغط لمجمع السحب
- ٥- درجة حرارة المحرك
- ٦- درجة حرارة الهواء الداخل
- ٧- جهد البطارية
- ٨- محول الإشارات
- ٩- الميكروكمبيوتر
- ١٠- ترانسستور القدرة

شكل (٦- ١٢): التحكم الإلكتروني في توقيت الإشعال عن طريق التحكم في تيار الملف الابتدائي.

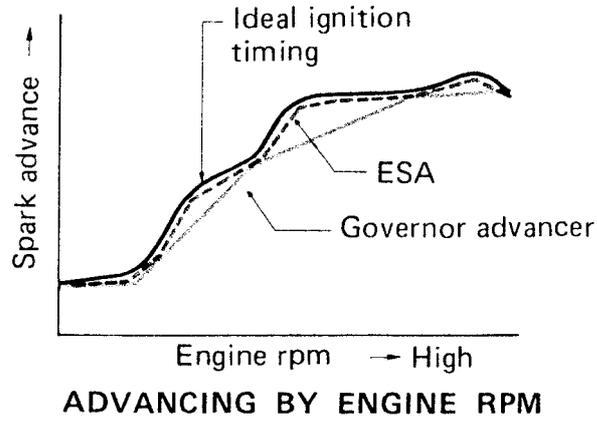
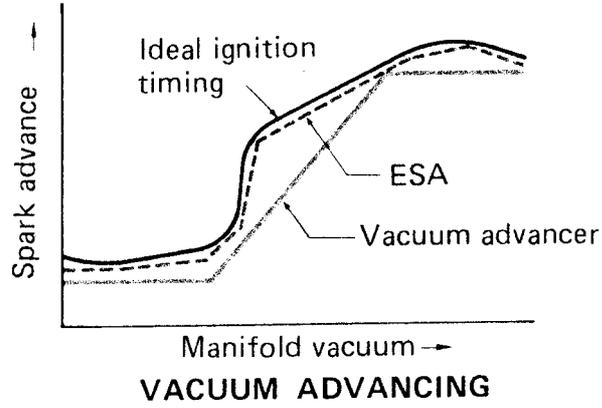
**Distributorless semiconductor-ignition system (DLI)**

1 Spark plug, 2 2 x Double-spark ignition coils, 3 Throttle-valve switch, 4 Control unit with integrated driver stages, 5 Lambda sensor, 6 Engine-temperature sensor, 7 Engine-speed and reference-mark sensor, 8 Ring gear, 9 Battery, 10 Ignition and starting switch.



- |                      |                             |                            |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ١ - شمعة الإشعال     | ٢ - ملف إشعال مزدوج الشرارة | ٣ - مفتاح صمام الخانق      |
| ٤ - وحدة التحكم      | ٥ - حساس لمدا               | ٦ - حساس درجة حرارة المحرك |
| ٧ - حساس سرعة المحرك | ٨ - ترس الحذافة             | ٩ - البطارية               |
| ١٠ - مفتاح الإشعال   |                             |                            |

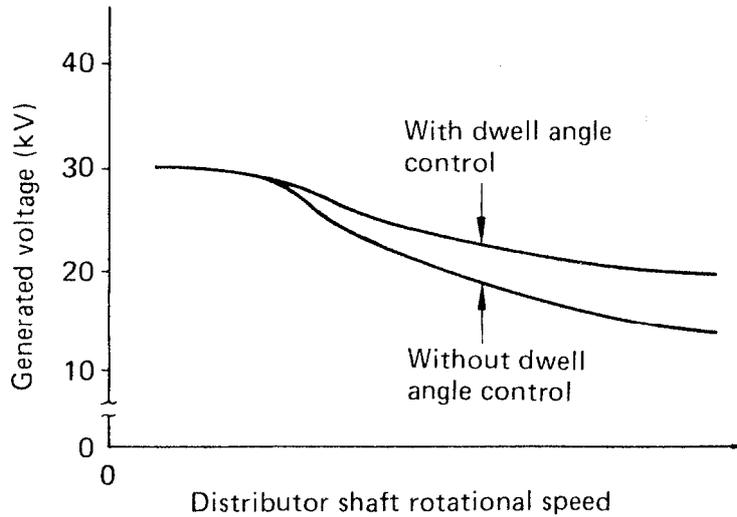
شكل (٦ - ١٣): موضع الحساسات المختلفة في المحرك و التي تستخدم في التحكم في توقيت الإشعال.



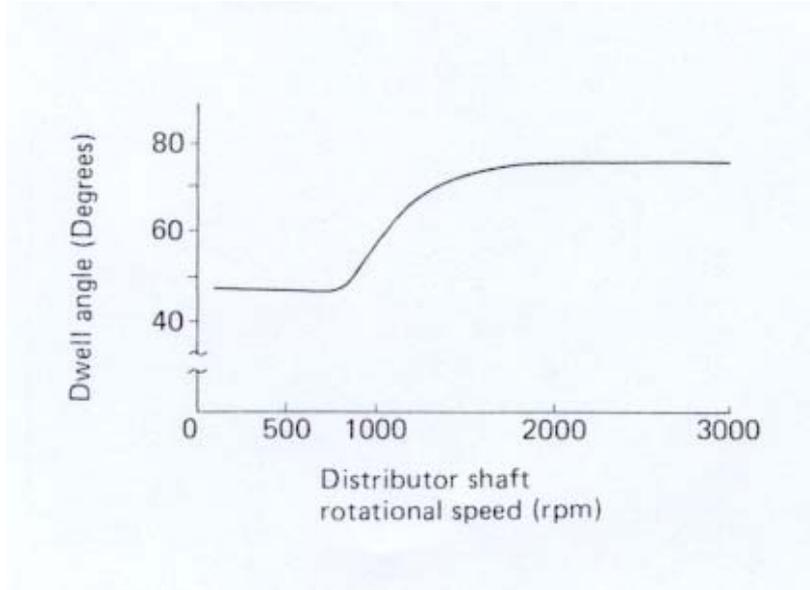
شكل (٦ - ١٤): مقارنة التحكم في توقيت الإشعال عن طريق سرعة المحرك أو الخلخلة في مجمع السحب.

ب- التحكم الإلكتروني المغلق لزاوية السكون (التحكم في التيار المار في دائرة الإشعال الابتدائية):

تقل الفترة التي يمر التيار خلالها عبر الملف الابتدائي عند زيادة سرعة المحرك وبالتالي يقل الجهد المتولد في الملف الثانوي بملف الإشعال كما هو موضح بالشكل (٦- ١٥) وتقوم وحدة التحكم الإلكترونية بتغيير زاوية السكون بالتحكم في الفترة الزمنية التي يمر خلالها التيار الابتدائي في ملف الإشعال (زاوية السكون). ويتم التحكم المغلق لزاوية السكون بواسطة دائرة خاصة تتحكم في التيار الابتدائي بملف الإشعال. ففي السرعات المنخفضة يتم تقليل زاوية السكون لمنع مرور تيار ابتدائي زائد عن الحاجة، و تزداد بزيادة سرعة المحرك، كما هو موضح بالشكل (٦- ١٦).



شكل (٦- ١٥): تأثير استخدام التحكم في زاوية السكون من عدمه على الجهد المتولد في الملف الثانوي.



شكل (٦ - ١٦): تأثير سرعة المحرك على زاوية السكون.

### منظومة التحكم في صفع المحرك :

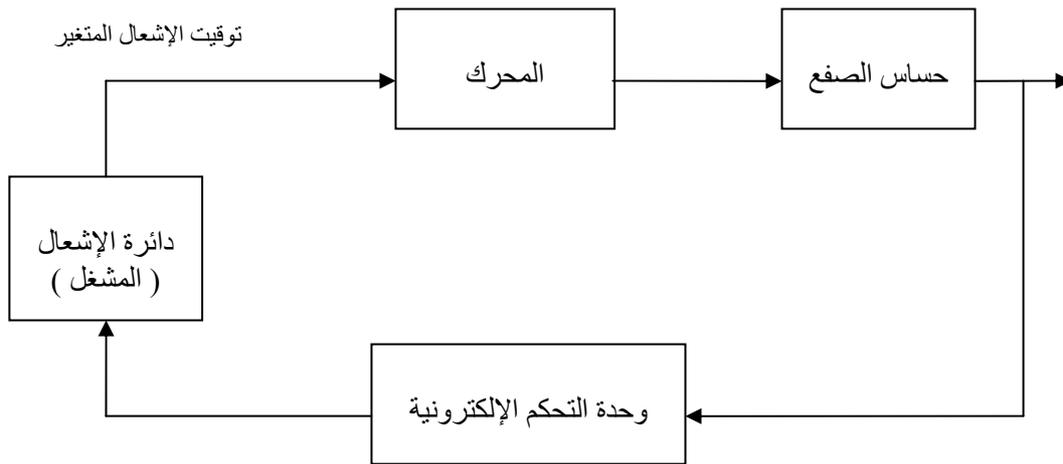
في المحركات ذات نسبة الانضغاط المرتفعة تزداد كفاءة وعزم المحرك ويقل الاستهلاك النوعي للوقود ولكنه يزيد احتمال حدوث الاحتراق التلقائي للخليط مسبباً حدوث الصفع وذلك في محركات الإشعال بالشرارة. وحيث إن الصفع يسبب العديد من المشاكل للمحركات (زيادة الإجهادات الميكانيكية، زيادة الملوثات في غاز العادم، ارتفاع درجة الحرارة، ..... إلخ) لهذا يجب التقليل من احتمالات حدوث الصفع في هذا النوع من المحركات.

### الأجزاء:

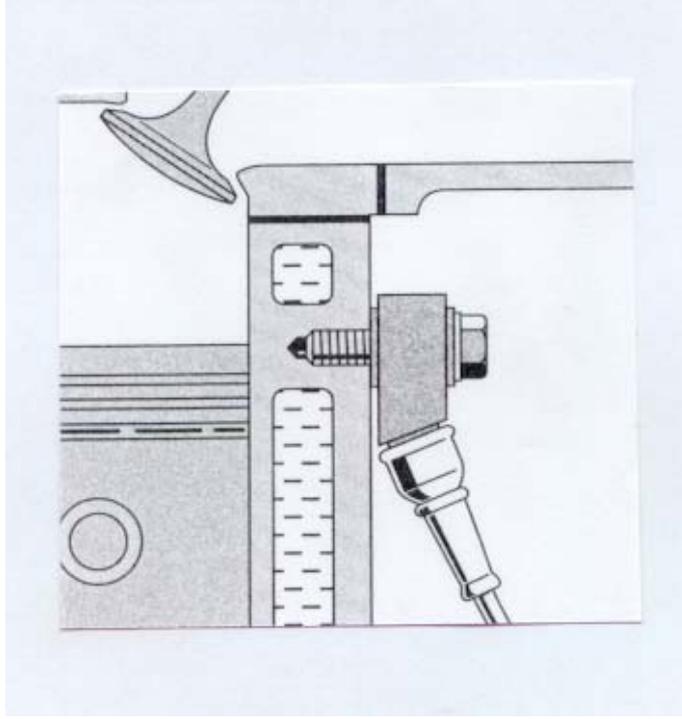
- حساس الصفع
- وحدة التحكم الإلكترونية
- دائرة الإشعال (توقيت الإشعال)

## طريقة العمل:

يتم التحكم في حدوث الصفع باستخدام نظام التحكم الإلكتروني المغلق، كما هو موضح بالشكل (٦ - ١٧). يتأثر حساس الصفع بالذبذبات الناتجة عن الصفع في غرفة الاحتراق شكل (٦ - ١٨) ويرسل هذه الذبذبات في صورة إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم الإلكترونية في المحرك التي تقوم بدورها بتأخير حدوث الشرارة في الأسطوانة التالية مباشرةً (حوالي ١,٥ درجة من درجات عمود المرفق) وتتكرر هذه الخطوات في الإشعال المتتالي كلما كانت هناك إشارة من حساس الصفع.



شكل (٦ - ١٧) نظام التحكم المغلق لمنع حدوث ذبذبات



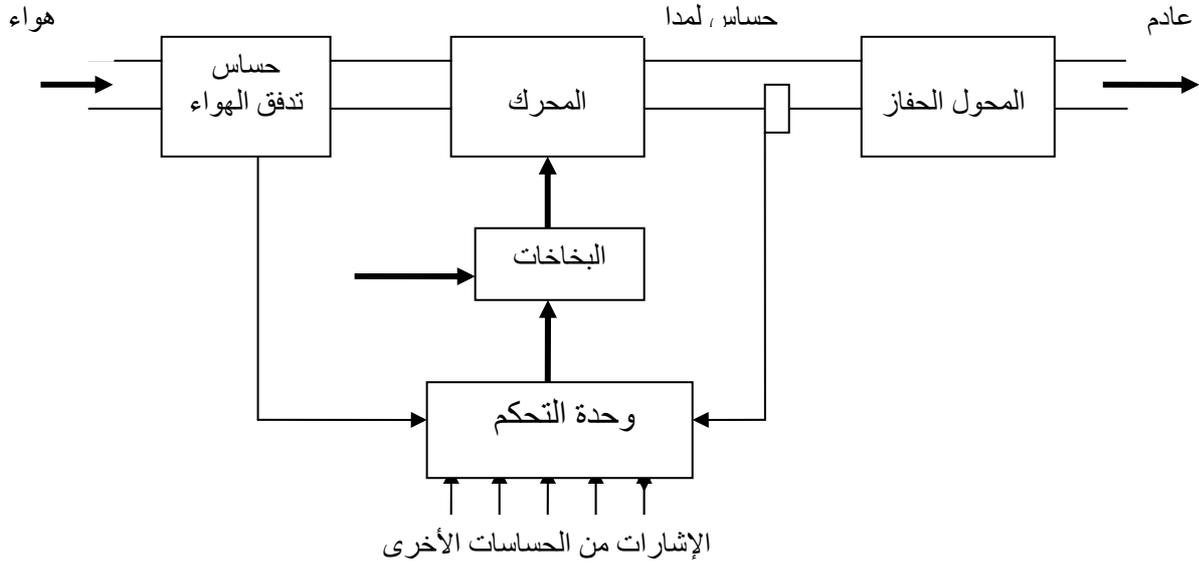
شكل (٦- ١٨) موقع حساس الصفع في غرفة الاحتراق

### منظومة التحكم في انبعاث غاز العادم :

يتم التحكم في الملوثات المنبعثة مع غاز العادم بإحدى الطرق التالية:

- ١- المحوّل الحفّاز
- ٢- صمام إعادة تدوير غازات العادم EGR
- ٣- حساس لمدا

تم شرح الطريقتين الأولىين في الوحدات السابقة ، وسنتناول هنا شرح نظام التحكم الإلكتروني المغلق لمعامل الهواء الزائد (لمدا) الموضحة في الشكل (٦- ١٩).



شكل ( ٦ - ١٩ ) نظام التحكم المغلق لحساس لمداد

### التحكم الإلكتروني المغلق لمعامل الهواء الزائد (لمداد):

#### الأجزاء:

- حساس لمداد
- حساس تدفق الهواء
- البخاخات
- وحدة التحكم الإلكتروني

#### طريقة العمل:

يتم التحكم في كمية حقن الوقود بناءً على الإشارات الكهربائية الصادرة من حساس لمداد وحساس تدفق الهواء، حيث تقوم وحدة التحكم الإلكترونية بتحليل هذه الإشارات وبالتالي تصحيح كمية حقن الوقود للحصول على خليط أقرب ما يمكن إلى نسبة الخلط الصحيحة (المثالية). وبذلك يمكن التحكم في تقليل نسبة الملوثات في غازات العادم.

## منظومات التشغيل الإلكترونية في المحرك :

نعرض في هذا الجزء طرق التشغيل للأجزاء المختلفة التي تم شرحها في الجزء السابق من هذه الوحدة من خلال عمل المنظومات الكهربائية و الإلكترونية في المحرك. والتي تقوم بالتحكم في نظامي الإشعال و حقن الوقود في المحرك، حيث يوجد نوعان لهذا التحكم :

١- يتم التحكم في كل نظام على حدة (نظام الإشعال و نظام حقن الوقود) ثم تقوم الوحدة الإلكترونية الرئيسية بالربط بينهما لتحديد استجابة المحرك للمتغيرات المختلفة.

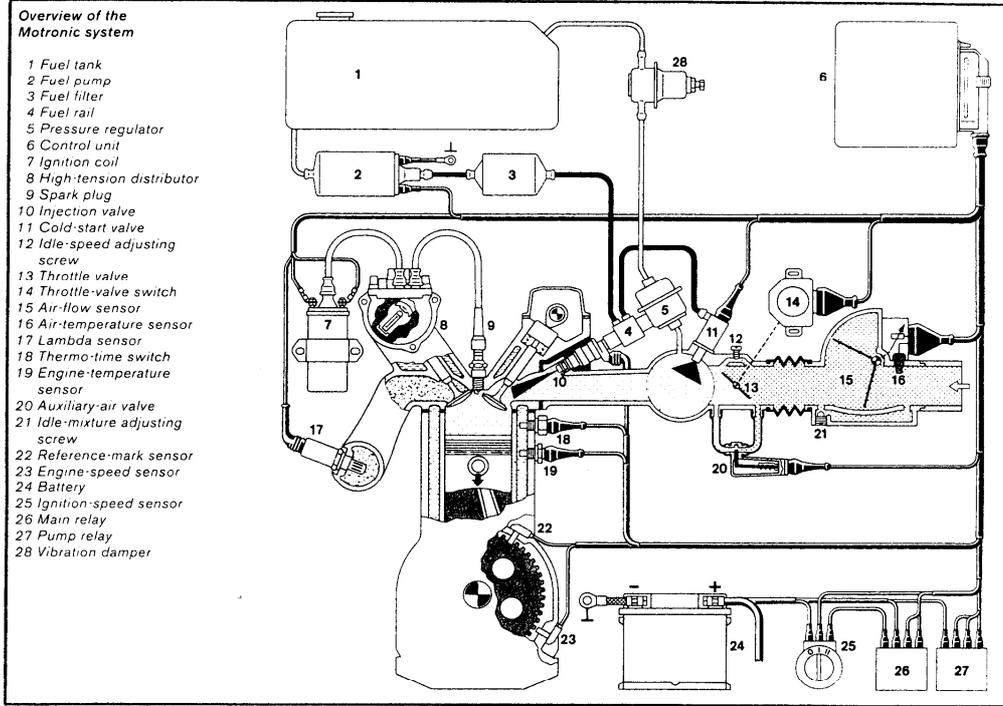
٢- النوع الآخر، يتم فيه التحكم في نظامي الإشعال وحقن الوقود كمنظومة واحدة بواسطة وحدة التحكم الخاصة بهذين النظامين.

و قد تعددت تصميمات هذه الأنظمة في السيارات الحديثة ولكن في الجزء التالي سنتناول عرض البعض منها على سبيل المثال.

### نظام موترونك Motronic :

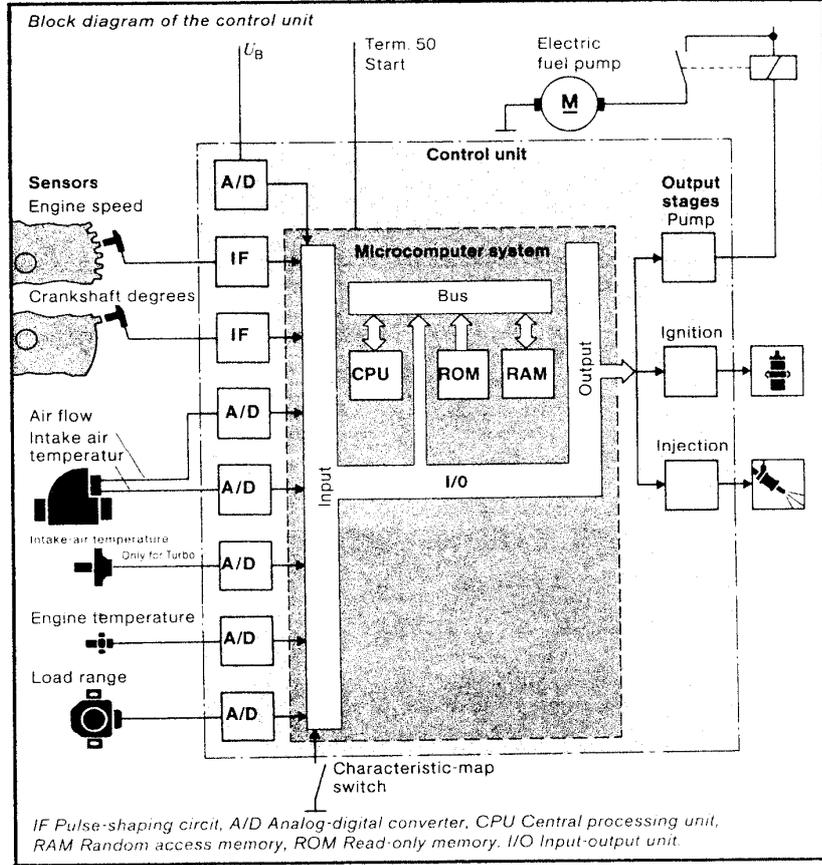
يتم في هذا النظام الجمع بين نظام الإشعال النصف إلكتروني (الترانزستوري) بدون نقاط قطع، و نظام الحقن الإلكتروني ذي النقاط المتعددة، كما هو موضح في الشكل (٦- ٢٠).

وقد قامت شركة بوش بتصميم هذه المنظومة علي أن يتم دمج نظامي الإشعال والحقن بوحدة تحكم واحدة تأخذ في عين الاعتبار حالة كل نظام بواسطة الإشارات الصادرة من الحساسات المختلفة لتقويم كمية الوقود المطلوب حقنها وكذلك توقيت الإشعال، كما هو موضح بالشكل (٦- ٢١)، حيث تقوم الوحدة الإلكترونية بحساب زاوية الإشعال معتمدة على الحمل وسرعه المحرك ودرجة حرارته وكذلك موضع صمام الخانق ، وبالنسبة لفترة حقن الوقود تعتمد الوحدة الإلكترونية فيها على كمية تدفق الهواء والسرعة ومعاملات تصحيحية مختلفة للحصول على الوضع الأمثل للنظامين معاً.



- ١- خزان الوقود ٢- مضخة الوقود ٣- فلتر الوقود ٤- أنبوب التوزيع (للوquود) ٥- منظم الضغط ٦- وحدة التحكم ٧- ملف الإشعال ٨- موزع الإشعال ٩- شمعة الإشعال ١٠- صمام الحقن (البخاخ) ١١- بخاخ التشغيل على البارد ١٢- مسمار ضبط اللاحمل ١٣- صمام الخانق ١٤- مفتاح صمام الخانق ١٥- حساس تدفق الهواء ١٦- حساس درجة حرارة الهواء ١٧- حساس نسبة الأوكسجين ١٨- مفتاح حراري زمني ١٩- حساس درجة حرارة المحرك ٢٠- ممر الهواء الإضافي ٢١- مسمار ضبط نسبة الخليط للسرعة اللاحمل ٢٢- حساس توقيت الإشعال ٢٣- حساس سرعة المحرك ٢٤- البطارية ٢٥- حساس السرعة عن طريق نظام الإشعال ٢٦- الرحل الرئيسية ٢٧- لاقط مضخة الوقود ٢٨- مخمد ذبذبة خط الوقود .

شكل (٦ - ٢٠): مخطط نظام موترونيك.

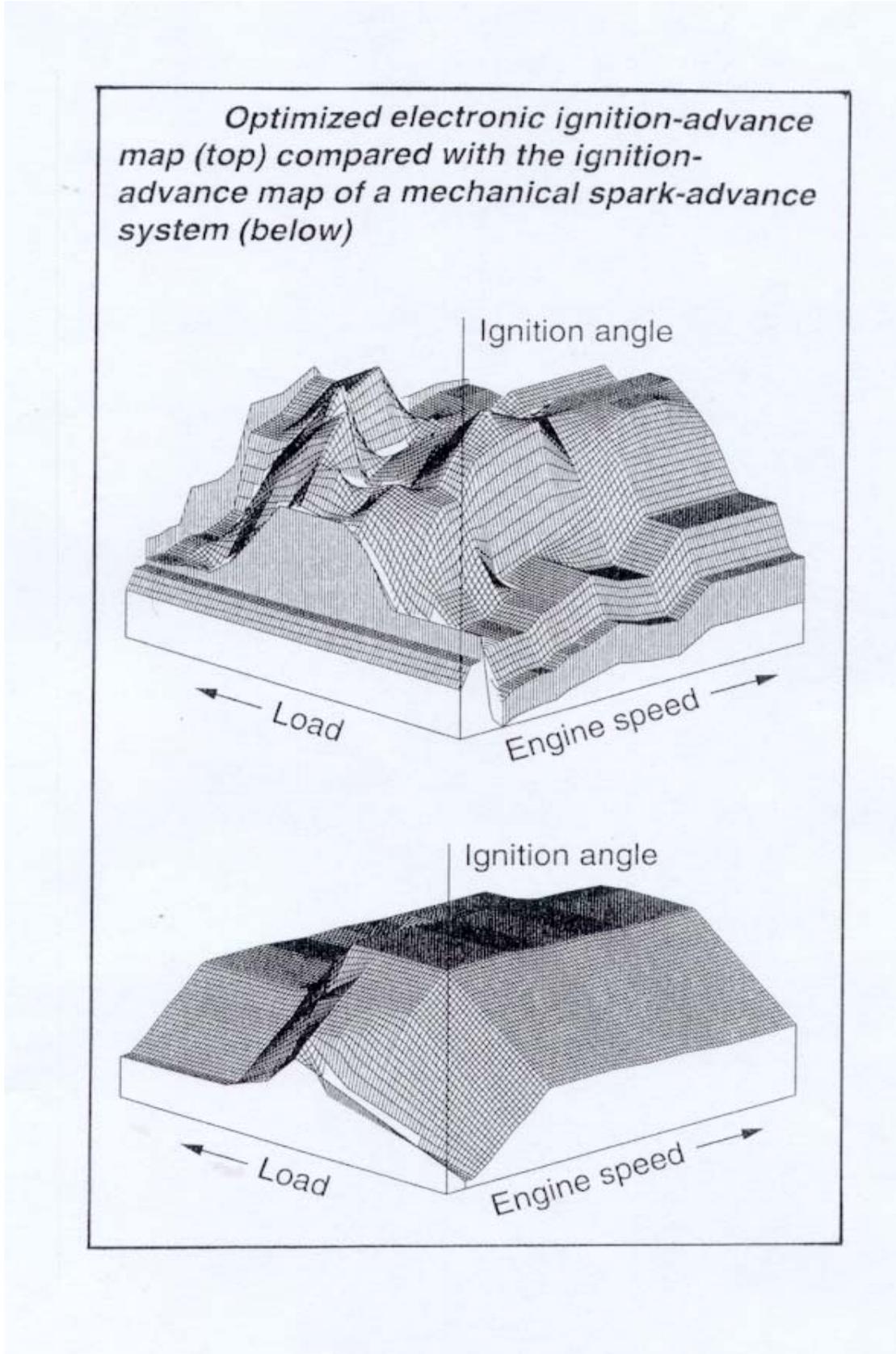


شكل (٦- ٢١): عمل الوحدة الإلكترونية لمخطط نظام موترونيك.

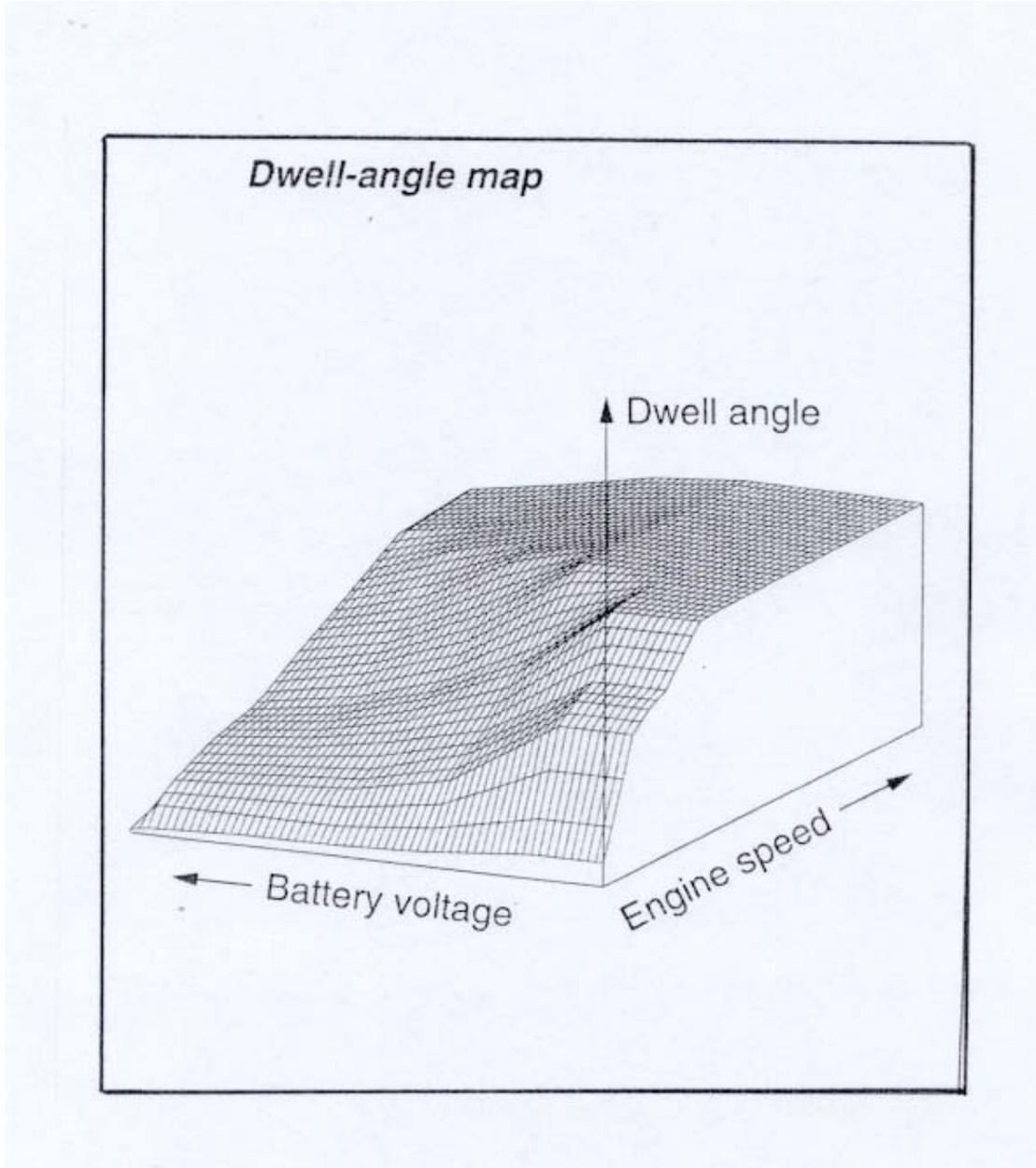
### نظام مونو- موترونيك Mono- Motronic:

يمتاز هذا النظام باستخدام نظام لحقن الوقود ذي ضغط منخفض و بخاخ حقن واحد يوضع قبل صمام الخانق مباشرة مشغل كهرومغناطيسياً ، مع نظام إشعال إلكتروني بدون موزع ذي خريطة إشعال متكاملة إلكترونياً تُخزن في ذاكرة وحدة التحكم الإلكترونية.

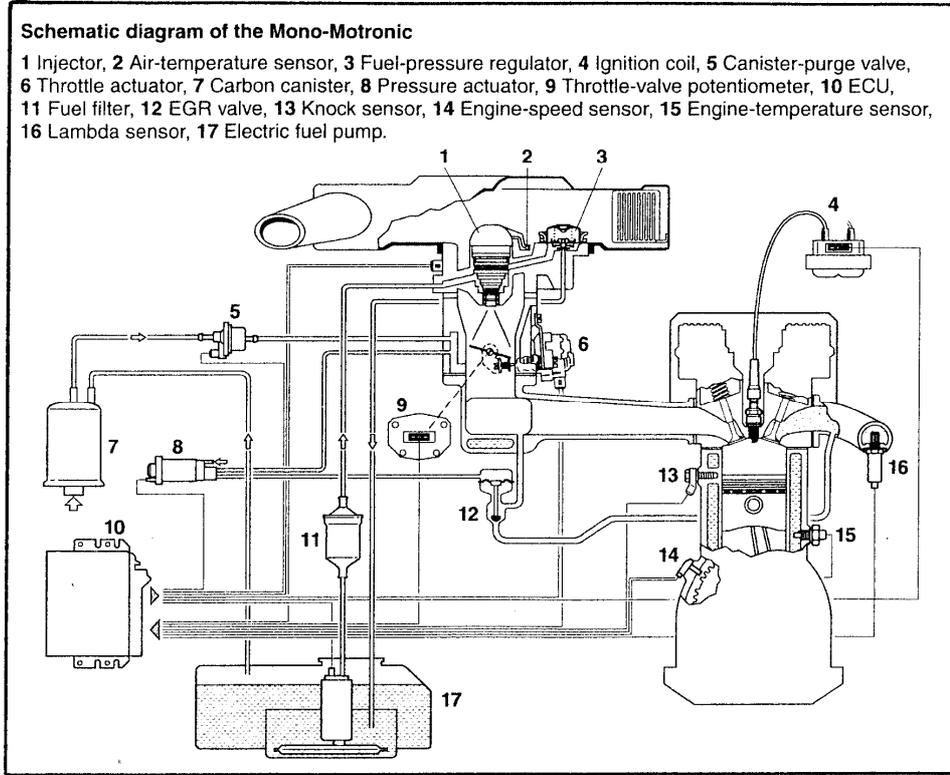
يوضح الشكل (٦- ٢٢ أ) هذه الخريطة التي تحدد توقيت الإشعال والشكل (٦- ٢٢ ب) يوضح زاوية السكون من حيث الأحمال و السرعات المختلفة للمحرك. وتقوم الوحدة الإلكترونية بالاختيار الأمثل للنظامين معاً (كمية الوقود وتوقيت الإشعال). ويوضح شكل (٦- ٢٣) مخططاً لهذا النظام و أجزائه.



شكل (٦- ٢٢ أ): خريطة الشرارة ذات الأبعاد الثلاثة.



شكل (٦ - ٢٢ب) تأثير سرعة المحرك وجهد البطارية على زاوية السكون



- ١- صمام الحقن (البخاخ) ٢- حساس درجة حرارة الهواء ٣- منظم ضغط الوقود ٤- ملف الإشعال ٥- صمام علبة الفحم ٦- مشغل صمام الخائق ٧- علبة الفحم ٨- مشغل منظم الضغط ٩- مقسم جهد صمام الخائق ١٠- وحدة التحكم الإلكترونية ١١- فلتر الوقود ١٢- صمام إعادة تدوير غاز العادم ١٣- حساس الصفع ١٤- حساس سرعة المحرك ١٥- حساس درجة حرارة المحرك ١٦- حساس لمدا ١٧- مضخة الوقود.

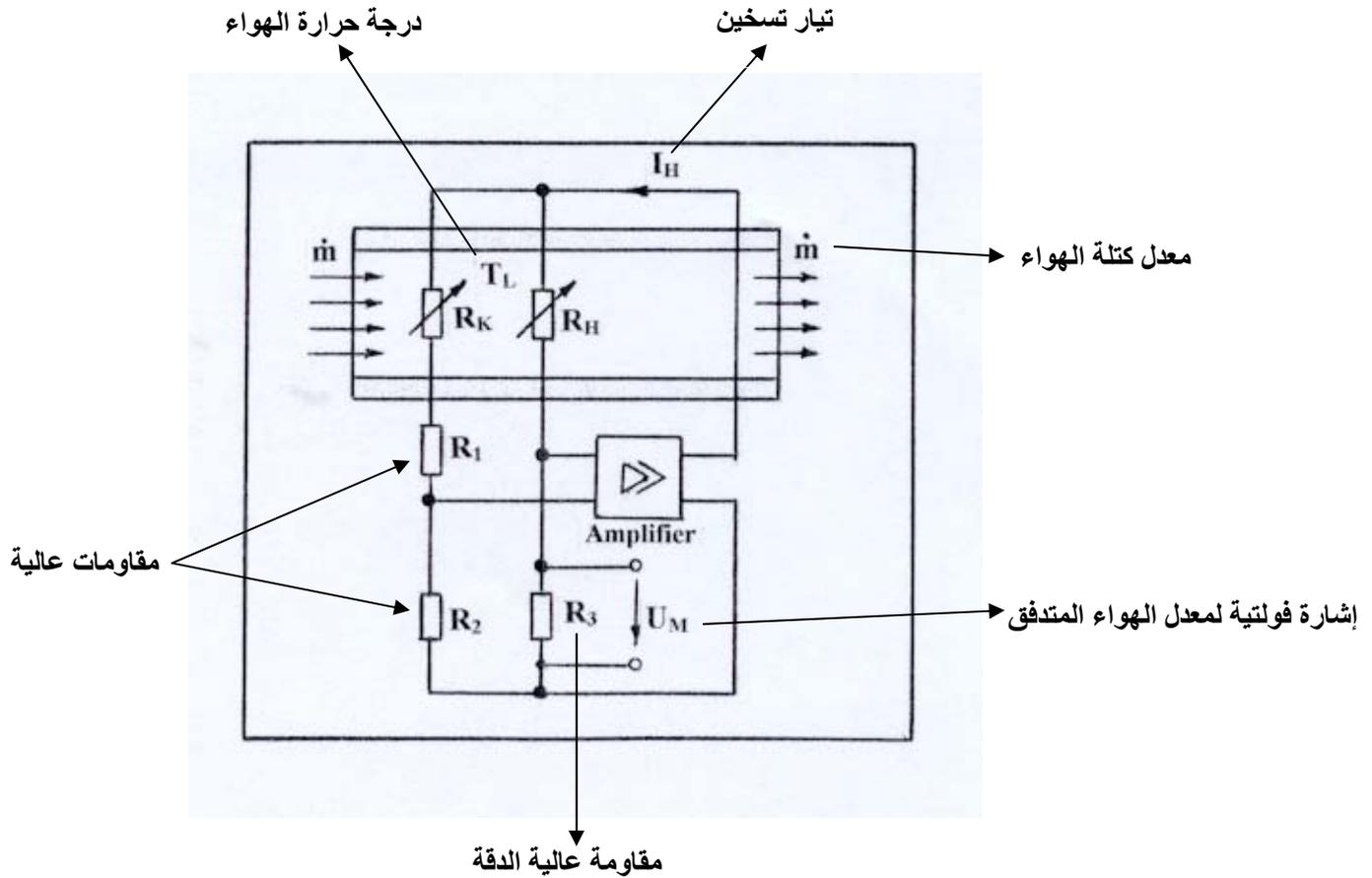
شكل (٦- ٢٣): مخطط نظام مونو- موترونك.

**نظام الحقن PFI:**

يعد هذا النظام (Port Fuel Injection (PFI) من أحدث أنظمة حقن الوقود، وتستخدمه شركة جنرال موتورز GM في معظم أنواع السيارات التي تنتجها. ويتم التحكم في كل من كمية وتوقيت حقن الوقود بواسطة وحدة التحكم الإلكترونية اعتماداً على الإشارات الصادرة من مجموعة الحساسات المختلفة مثل:

- حساس تدفق الهواء
- حساس وضع الخانق
- حساس درجة حرارة الهواء
- حساس الضغط المطلق في مجمع السحب
- حساس السرعة
- حساس درجة حرارة مياه التبريد
- حساس لمدا

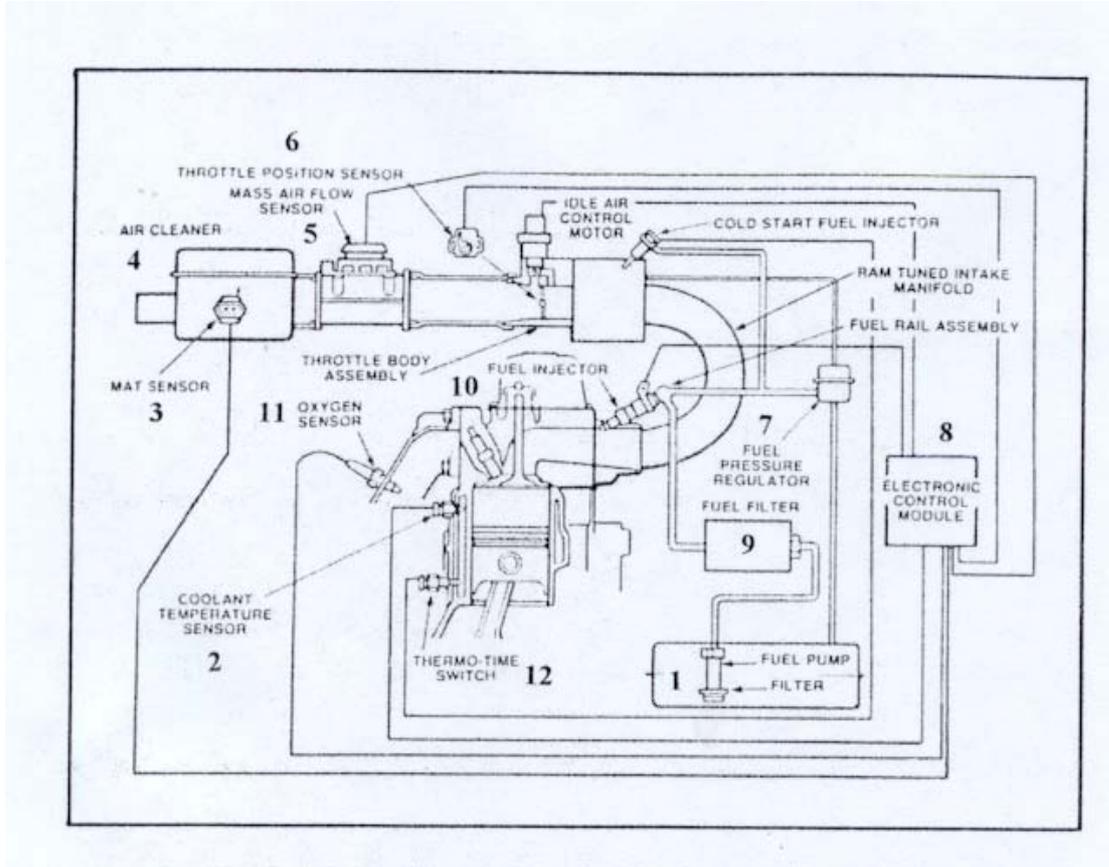
ويكون ضغط الوقود في هذا النظام ثابتاً، ويتم ضبط نسب الهواء إلى الوقود بالتحكم في زمن فترة النبضة لصمامات الحقن. ويُقاس تدفق الهواء (Mass Air Flow Sensor) بالحساس ذي السلك السخان MAF، كما هو موضح بالشكل (٦ - ٢٤).



مقاومة تعويض الحرارة	$R_K$	مقاومة السلك الساخن	$R_H$
مقاومة عالية الدقة	$R_3$	مقاومات عالية	$R_1$ & $R_2$
تيار تسخين	$I_H$	إشارة فولتية لمعدل الهواء المتدفق	$U_M$
درجة حرارة الهواء	$T_L$	معدل كتلة الهواء	$m$

شكل (٦ - ٢٤): دائرة مقياس كتلة الهواء.

وتتم معالجة المعلومات في وحدة التحكم الإلكترونية الرئيسية والتي تتصل بوحدات إلكترونية أخرى مثل وحدة التحكم الخاصة بالإشعال وبعض وحدات التحكم الأخرى. وفي بعض الأنظمة يتم دمج هذه الأنظمة في وحدة تحكم واحدة. يبين الشكل (٦ - ٢٥) مخططاً لنظام الحقن PFI.



- ١- مضخة الوقود ٢- حساس درجة حرارة مياه التبريد ٣- حساس كمية تدفق الهواء ٤- فلتر الهواء ٥- حساس كتلة تدفق الهواء ٦- حساس وضع الخانق ٧- منظم ضغط الوقود ٨- وحدة التحكم الإلكترونية ٩- فلتر الوقود ١٠- بخاخ الوقود ١١- حساس الأوكسجين ١٢- المفتاح الزمني الحراري.

شكل (٦- ٢٥): مخطط نظام الحقن PFI

## نظام الحقن الإلكتروني TCCS :

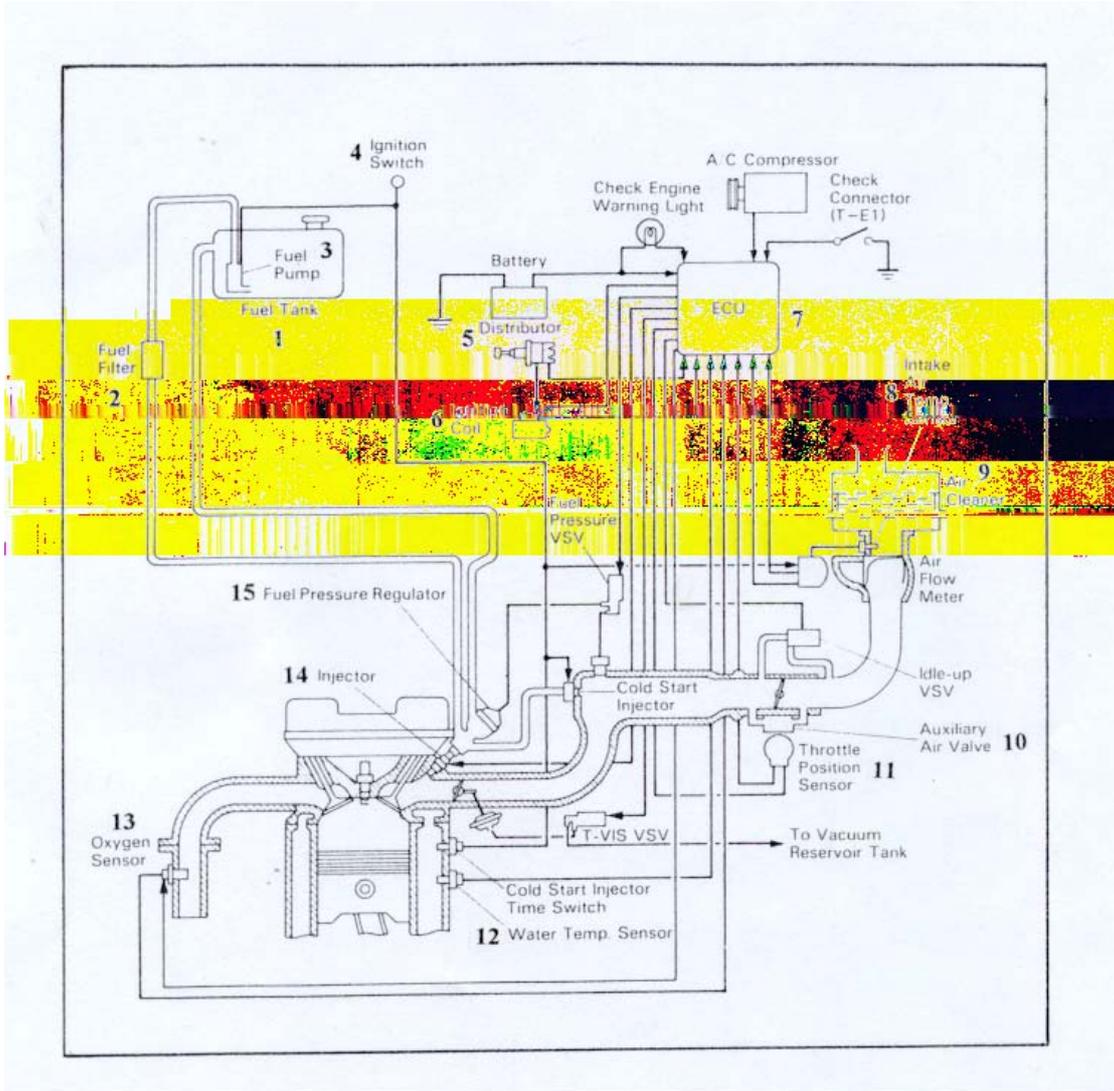
تستخدم شركة تويوتا لصناعة السيارات هذا النظام Toyota Computer Controlled System للتحكم في حقن الوقود إلكترونياً EFi، ويتكون هذا النظام من ثلاث أنظمة فرعية أساسية:

- منظومة الوقود
- منظومة الهواء
- وحدة التحكم الإلكترونية

وتقوم الوحدة الإلكترونية بالتحكم في كمية الوقود المحقونة في مجمع السحب، حيث يدفع الوقود تحت ضغط ثابت إلى البخاخات عن طريق مضخة الوقود الكهربائية. كما أن كمية الهواء المسحوب عن طريق فلتر الهواء كافية لكل ظروف التشغيل المختلفة معتمداً على الإشارات الصادرة من الحساسات:

- حساس كمية الهواء
- حساس درجة حرارة الهواء
- حساس درجة حرارة مياه التبريد
- حساس سرعة المحرك
- حساس التعجيل و التباطؤ
- حساس لمدا

ويوضح الشكل (٦ - ٢٦) أجزاء هذا المخطط. ومن مميزات هذا النظام أن الوحدة الإلكترونية تقوم بتحديد الجزء الذي اختل تشغيله وتخزينه في ذاكرتها في صورة كود رقمي، والذي يمكن قراءته عندما يظهر وميض تحذيري للتأكد من حالة المحرك.



- ١ - خزان الوقود  
٢ - فلتر الوقود  
٣ - مضخة الوقود  
٤ - مفتاح الإشعال  
٥ - الموزع  
٦ - ملف الإشعال  
٧ - وحدة التحكم الإلكترونية  
٨ - حساس درجة حرارة الهواء  
٩ - فلتر الهواء  
١٠ - ممر الهواء الإضافي  
١١ - حساس وضع صمام الخانق  
١٢ - حساس درجة حرارة مياه التبريد  
١٣ - حساس نسبة الأوكسجين لمدا  
١٤ - بخاخ الوقود  
١٥ - منظم ضغط الوقود .

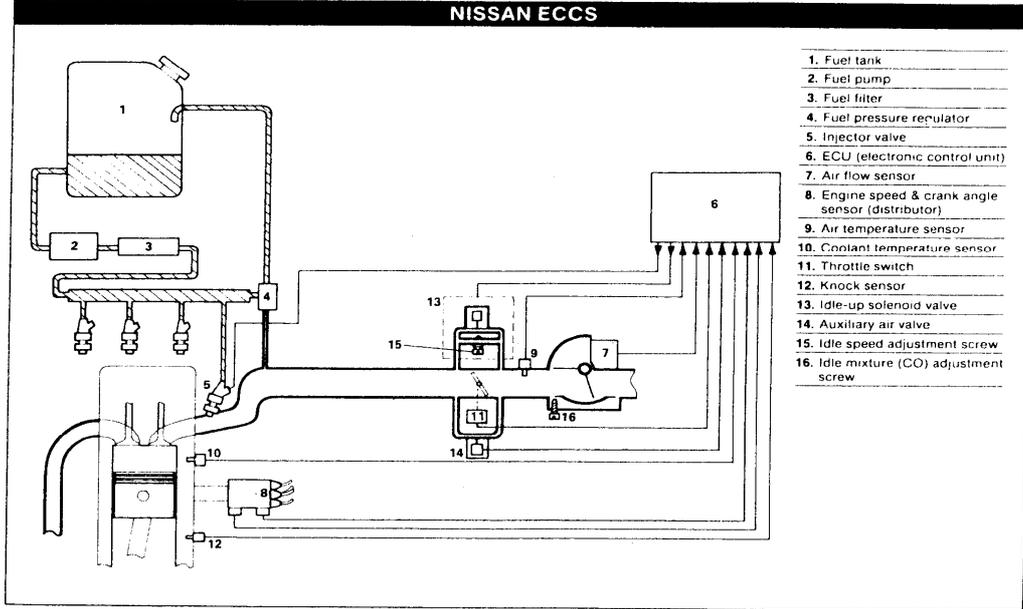
شكل (٦ - ٢٦): مخطط نظام التحكم الإلكتروني لشركة تويوتا TCCS .

## نظام الحقن الإلكتروني ECCS :

تتبنى شركة نيسان Nissan نظام الحقن الإلكتروني ECCS متعدد النقاط (البخاخات) في معظم إنتاجها من المحركات لما يمتاز به من انخفاض ضغط الوقود. ويقوم منظم ضغط الوقود بالتحكم في هذا الضغط عن طريق وحدة التحكم الإلكترونية، كما تتحكم الوحدة في كمية الوقود المحقون اعتماداً على المعلومات التي تصلها من إشارات الحساسات التالية:

- حساس كمية الهواء
- حساس سرعة المحرك و وضع عمود المرفق
- حساس درجة حرارة الهواء
- حساس درجة حرارة مياه التبريد
- حساس الصفع
- حساس وضع الخانق

ويتم الربط في التحكم في كل من نظام الإشعال ونظام الحقن عن طريق وحدة التحكم الإلكترونية. ويوضح الشكل (٦ - ٢٧) مخططاً لنظام الحقن الإلكتروني ECCS.



- ١- خزان الوقود ٢- مضخة الوقود ٣- فلتر الوقود ٤- منظم ضغط الوقود ٥- البخاخ  
 ٦- وحدة التحكم الإلكترونية ٧- حساس تدفق الهواء ٨- حساس سرعة المحرك و وضع عمود  
 المرفق ٩- حساس درجة حرارة الهواء ١٠- حساس درجة حرارة مياه التبريد ١١- مفتاح الخانق  
 ١٢- حساس الصفع ١٣- صمام سرعة اللاحمل ١٤- صمام ممر الهواء الاضائي ١٥- مسمار  
 ضبط سرعة اللاحمل ١٦- مسمار ضبط خليط اللاحمل.

شكل (٦- ٢٧): مخطط الحقن الإلكتروني ECCS.

وللتقدم الكبير في استخدام الدوائر الإلكترونية (الحاسوب) في مجال التحكم في محركات المركبات، ظهرت أنواع كثيرة من المخططات للتحكم في كل من نظام الإشعال ونظام حقن الوقود، وما ذكر منها في هذه الوحدة يعد على سبيل المثال لمخططات كثيرة مستخدمة الآن في التحكم الإلكتروني لمحرك السيارة.

## تمارين للمراجعة

١. اذكر الأجزاء الرئيسية لمنظومة تشغيل المحرك على البارد ، مع شرح طريقتين مختلفتين لعمل هذه المنظومة .
٢. تستخدم منظومة تسخين المحرك عندما يكون بارداً . اذكر أهم الأجزاء التي تستخدم في هذه المنظومة وكيفية عمل هذه المنظومة
٣. اذكر أهم الأجزاء التي تتكون منها المنظومات التالية:
  - منظومة التحكم في سرعة اللاحمل
  - منظومة التحكم في نسب الخليط لسرعة اللاحمل
٤. اشرح عمل كل من المنظومات التالية:
  - منظومة التحكم في سرعة اللاحمل
  - منظومة التحكم في نسب الخليط لسرعة اللاحمل
٥. متى يحتاج المحرك إلى إغناء الخليط ؟ اشرح طريقة عمل أحد المنظومات التي تقوم بذلك .
٦. للخطورة الكبيرة من السرعات العالية جداً على المحرك و أشرح طريقة عمل المنظومة التي تقوم بذلك.
٧. كيف يتم التحكم إلكترونياً في توقيت الإشعال ؟
٨. كيف يتم التحكم إلكترونياً في زاوية السكون ؟
٩. اذكر الأجزاء الرئيسية لمنظومة التحكم في حدوث الصفع في المحرك . اشرح طريقة عمل هذه المنظومة .

**امتحان ذاتي رقم (١)****أولاً: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة لكل سؤال من الأسئلة التالية:**

- ١- بخاخ التشغيل على البارد:
- أ. يعمل عندما يكون المحرك بارداً.
- ب. يعمل عندما يكون المحرك ساخناً.
- ج. يعمل بعد كل عملية تشغيل للمحرك.
- د. كل الإجابات السابقة صحيحة.
- ٢- منظومة تسخين المحرك.
- أ. تعمل على زيادة نسبة خليط الهواء والوقود.
- ب. تعمل على زيادة كمية الهواء فقط.
- ج. تعمل على زيادة كمية الوقود فقط.
- د. كل الإجابات السابقة صحيحة.
- ٣- يتم التحكم في توقيت الإشعال الإلكتروني عن طريق:
- أ. التحكم في مرور الجهد الكهربائي في ملف الإشعال الابتدائي.
- ب. التحكم في مرور التيار الكهربائي في ملف الإشعال الابتدائي.
- ج. التحكم في مرور الجهد والتيار الكهربائي في ملف الإشعال الابتدائي.
- د. التحكم في سرعة المحرك.
- ٤- التحكم الإلكتروني في الغلق لزاوية السكون في نظام الإشعال:
- أ. يزيد زاوية السكون عند زيادة سرعة المحرك.
- ب. يزيد زاوية السكون عند خفض سرعة المحرك.
- ج. يقلل زاوية السكون عند زيادة سرعة المحرك.
- د. جميع الإجابات السابقة صحيحة.

- ٥- يتم إغناء الخليط عند التعجيل بناءً على الإشارات القادمة من:
- أ. حساس وضع صمام الخانق وحساس الضغط المطلق في مجمع السحب.
  - ب. حساس وضع صمام الخانق وحساس الضغط المطلق في مجمع السحب وحساس درجة حرارة المحرك.
  - ج. حساس وضع صمام الخانق وحساس الضغط المطلق في مجمع السحب وحساس درجة حرارة المحرك وحساس سرعة المحرك.
  - د. جميع الإجابات السابقة صحيحة.
- ٦- عند حدوث صفع في المحرك تقوم وحدة التحكم الإلكترونية في المحرك بالتحكم في:
- أ. خفض سرعة المحرك
  - ب. زيادة سرعة المحرك.
  - ج. تقديم توقيت الإشعال.
  - د. تأخير توقيت الإشعال.
- ٧- المفتاح الزمني الحراري:
- أ. يعمل على تشغيل بخاخ التشغيل على البارد والمحرك بارد.
  - ب. يعمل على فصل بخاخ التشغيل على البارد والمحرك بارد.
  - ج. يعمل على تشغيل بخاخ التشغيل على البارد بعد كل عملية تشغيل للمحرك.
  - د. الإجابة (أ) و(ب).
- ٨- منظومة التحكم في أغناء الخليط:
- أ. تعمل على إغناء الخليط في سرعة اللاحمل فقط.
  - ب. تعمل على إغناء الخليط في الأحمال الجزئية وسرعة اللاحمل.
  - ج. تعمل على إغناء الخليط في الحمل الكامل والأحمال الجزئية.
  - د. جميع الإجابات صحيحة.
- ٩- يتم التحكم في توقيت الإشعال الإلكتروني بناءً على الإشارة القادمة من:
- أ. حساس درجة حرارة المحرك.
  - ب. حساس كتلة تدفق الهواء إلى المحرك.
  - ج. حساس سرعة المحرك.
  - د. جميع الإجابات السابقة صحيحة.

### ثانياً : ضع علامة ( ✓ ) أمام العبارة الصحيحة وعلامة ( X ) أمام العبارة غير الصحيحة :

- ١- تعمل منظومة التسخين والمحرك بارد وتستمر في العمل إلى إن يتوقف المحرك عن العمل ( )
- ٢- تعمل منظومة التحكم في نسب الخليط في سرعة اللاحمل و في السرعات العالية لتقليل معدل استهلاك الوقود ( )
- ٢- يتم التحكم بزاوية تقديم الشرارة (توقيت الإشعال) بناءً على سرعة المحرك ( )
- ٣- يتم التحكم بزاوية تقديم الشرارة (توقيت الإشعال) بناءً على مقدار الخلخلة في مجمع السحب ( )
- ٤- يتم التحكم الإلكتروني بزاوية السكون في نظام الإشعال الإلكتروني بواسطة التحكم في التيار الكهربائي في ملف الإشعال الابتدائي ( )
- ٥- يتم إغناء الخليط عند التعجيل بناءً على الإشارة القادمة من سرعة المحرك ( )
- ٦- يتم إغناء الخليط عند التعجيل بناءً على الإشارة القادمة من حساس وضع الخانق بشكل أساسي ( )
- ٧- عند حدوث صفع في المحرك تقوم وحدة التحكم الإلكترونية في المحرك بخفض سرعة المحرك ( )
- ٨- عند حدوث صفع في المحرك تقوم وحدة التحكم الإلكترونية في المحرك بالتحكم في توقيت الإشعال ( )

## إجابة الامتحان الذاتي رقم (١)

### أولاً :

- أ -١
- ب -٢
- ب -٣
- أ -٤
- أ -٥
- ج -٦
- أ -٧
- ج -٨
- ج -٩

### ثانياً :

- X -١
- X -٢
- √ -٣
- X -٤
- X -٥
- X -٦
- √ -٧
- X -٨