



TIPOS DE ENCENDIDOS ELECTRÓNICOS

El solo hecho de escuchar la palabra electrónico, para muchos mecánicos se imagina complicado. Por esta razón, al tocar el tema debemos ser muy cuidadosos, debido a que podemos confundirnos con facilidad.

Hasta ahora ya debemos tener claro, que el distribuidor hace las veces de un interruptor de alta velocidad. Sin embargo pongamos esto en nuestra mente:

Lo electrónico sólo se encuentra en el circuito primario, ya que el secundario sigue siendo igual

que siempre. Y aunque ha habido cambios, el principio de funcionamiento del sistema es básicamente el mismo.

Recordemos que para obtener alto voltaje en la bobina, se requiere que por el circuito primario circule una corriente, y luego interrumpirla. En el sistema convencional, la interrupción se logra al abrir los platinos; en cambio, en el sistema de encendido electrónico, primeramente se permite que circule la corriente y que luego ésta sea cortada por un dispositivo electrónico.

En la actualidad, prácticamente todos los sistemas de encendido son de tipo "estático", es decir, no tiene piezas mecánicas. La misma computadora electrónica que gobierna el sistema de inyección determina cuando debe saltar la chispa. El sistema más perfeccionado es el llamado directo, que tiene una bobina para cada cilindro o para cada par de ellos. Una de las ventajas es que la pérdida de energía es mínima, ya que la bobina está en contacto con la bujía.

En este capítulo estudiaremos la evolución del sistema de encendido, hasta llegar a los modernos sistemas controlados por computadora.



Tipos de encendido

La nomenclatura utilizada para nombrar los diferentes tipos de sistemas de encendido, surge del fabricante alemán Bosch (al igual que sucede en la inyección) y según su funcionamiento, se podrían resumir como:

1ª. Generación

Sistemas convencionales

- » Encendido convencional con platinos

2ª. Generación

Sistemas con ayuda electrónica (sin contactos)

- » Encendido electrónico con bobina captadora
- » Encendido electrónico con sensor Hall
- » Encendido electrónico integral por efecto óptico

3ª. Generación

Sistemas integrales estáticos (sin distribuidor)

- » Encendido directo computarizado sin distribuidor. Reparto de chispa estático mediante el uso de doble bobina de encendido y controlado por la propia central de encendido.
- » Encendido directo computarizado con reparto de chispa mediante sistema de bobina-bujía. Se utilizan tantas bobinas de encendido como bujías lleve el motor, cada bobina se controla por separado mediante la propia central de encendido.

Los sistemas mencionados son algunos de los sistemas de encendido más importantes utilizados hasta hoy. A continuación estudiaremos las características de funcionamiento de los más comunes.

Ventajas del encendido electrónico

- 1 Mayor durabilidad, pues no existen partes mecánicas que tengan contacto -y, por supuesto, que estén sujetas a desgaste.
- 2 Mejor conducción de corriente, porque el transistor de poder puede conducir hasta 10 amperes y los platinos sólo 4 ó 5. Esto mejora considerablemente la potencia del sistema.
- 3 Mejor interrupción del circuito primario a cualquier velocidad. Los platinos tienden a producir un arco eléctrico que al paso del tiempo los quema y que además, al impedir una eficiente interrupción, produce disminución en el alto voltaje de salida.
- 4 Los desajustes en el tiempo de encendido se producen cuando se desgasta el bloque de fricción de los platinos, pues entonces éstos se cierran; y al tardar más tiempo para volver a abrirse, provocan que la chispa salte más tarde (es decir, con retraso). Con el encendido electrónico esto no sucede, porque no existen partes en fricción sujetas a desgaste.
- 5 Se conservan en mejor estado los bujes del distribuidor, pues el muelle de los platinos no ejerce presión sobre la flecha.
- 6 Mejor comportamiento a altas RPM. Y es que como en el sistema convencional los platinos tienden a rebotar, se afecta la eficiencia del mismo (lo cual, naturalmente, no sucede en el encendido electrónico).

Desventajas del encendido electrónico

- 1 Aunque los componentes son más caros, esto se compensa por su eficiencia a largo plazo.
- 2 Únicamente personal capacitado puede darle servicio.

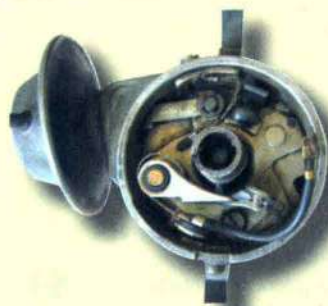
Similitudes

1ª Generación

2ª Gen

Sistemas convencionales

Sistemas con ayuda



Distribuidor

En este caso, la flecha tiene un engrane en la parte baja que conecta al árbol de levas. El engrane cuenta con ciertas deformaciones parecidas a las del árbol

de levas. Cuando da vueltas, estas deformaciones se encargan de abrir y cerrar los platinos.

En este sistema existen distribuidores que ya no utilizan el engrane en la parte baja, debido a que están diseñados con una muesca de posición fija, de tal ma-

Bobina

Se utiliza una bobina típica de forma cilíndrica.

En este sistema se utilizan bobinas cilíndricas y bobinas de alto encendido, algunas de ellas colocadas dentro del distribuidor. Estas bobinas, generan

Platinos (puntos de contacto)

Los platinos hacen el trabajo de un interruptor de alta velocidad. La función de abrir y cerrar, lo hace obedeciendo al número de jorobas que tiene la flecha o eje del distribuidor.

Cada vez que el platino se separa, corta la corriente en la bobina y se genera la contracción que origina la chispa de alto voltaje.

Pick coil

La bobina captadora es la encargada de captar los impulsos magnéticos en el momento que el reluctor o estrella alinea sus puntos con el magneto receptor. Esta señal es enviada hacia el módulo de encendido par-

Condensador

Cuando los platinos abren y cierran, cortan y conectan la corriente; el problema se origina debido a que este tipo de conexión genera un arco de

chispa que quema o pega los puntos de contacto de los platinos. El condensador, es el encargado de resistir o amortiguar el voltaje, evitando con esto dicho problema.

Módulo

El módulo de encendido es un componente, que reemplaza la función del condensador.

Rotor y tapa de distribuidor

El rotor acompaña a la flecha o eje en su rotación, distribuyendo la chispa entre los conectores de la tapa.

Rotor y t

La función es la misma.

Cables y bujías

Los cables y bujías son los encargados de trasladar la chispa hacia la cámara de combustión.

Aquí la función es la misma y no difieren gran cosa con relación a los del sistema de puntos.

y diferencias

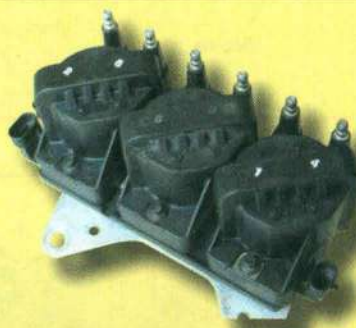
eración

3ª Generación

Electrónica (sin contactos)



Sistemas integrales estáticos (sin distribuidor)



Distribuidor

Sensor de posición del árbol de levas

nera que sólo encajan en la posición de encendido para el pistón número 1. En algunos casos la muesca es sustituida por un disco dentado que funciona por medios ópticos.

En estos sistemas no hay flecha y la señal de posición llega al módulo electrónicamente.

se instalaba anteriormente el distribuidor o a la altura del árbol de levas.

Este sensor se encuentra colocado, regularmente, en el mismo lugar donde

Bobina

Bobina

chispa con base en el trabajo de rotación del reluctor dentro del distribuidor.

Estas bobinas, por lo general, se mantienen entregando chispa, obedeciendo al sensor de posición del cigüeñal y árbol de levas.

Bobina captadora]

Sensor de posición de cigüeñal

generar la orden de corte de corriente, logrando con esto la contracción en la bobina de encendido. El pick coil está instalado en la base, o parte baja central del distribuidor.

Este sensor, ubicado cerca del cigüeñal, detecta la rotación del mismo. La señal es enviada al módulo de encendido para que desde ahí se administre el corte de corriente.

e encendido

Módulo de encendido

La función o trabajo que realiza, lo consigue con base en un sistema de componentes electrónicos instalados dentro del módulo.

En este caso, la función primaria es igual, la diferencia se encuentra en el programa instalado dentro de él.

Ya que en estos casos, la chispa es entregada en forma constante y además en algunos sistemas se utiliza una bobina por cilindro.

de distribuidor

No aplica

En este caso, no hay rotor ni tapa (no hay distribuidor) Las bobinas se conectan directamente hacia las bujías.

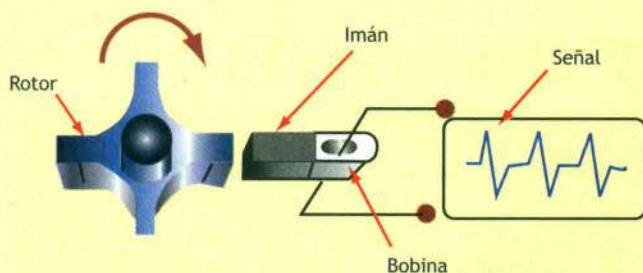
y bujías

Cables y bujías

La función es la misma en cuanto a trasladar la chispa, pero difieren en cuanto a la figura y diseño de cable, de-

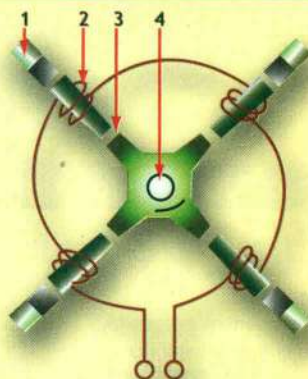
bido a que en algunos casos las bobinas vienen instaladas en los cables.

Sensor inductivo

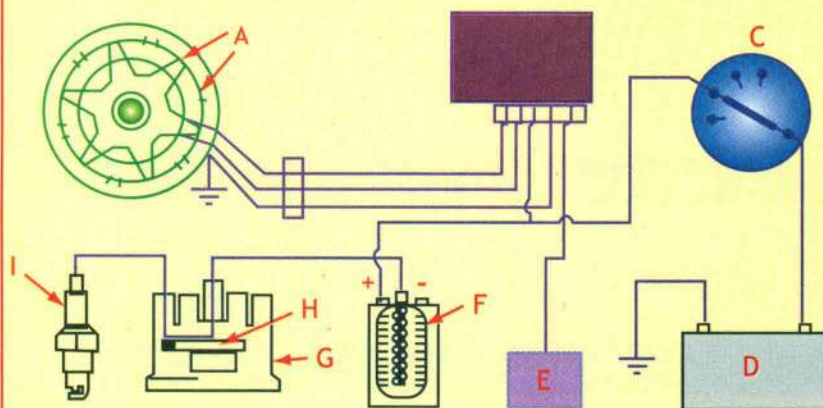


Generador de impulsos de inducción

- 1.- Imán permanente
- 2.- Bobinado de inducción con núcleo
- 3.- Entrehierro
- 4.- Rotor de acero magnético



Esquema de "encendido transistorizado sin contactos" con generador de inducción para un motor de 6 cilindros



- (A) Distribuidor con generador de impulsos de inducción
- (B) Unidad de control de encendido
- (C) Llave de contacto

- (D) Batería
- (E) Contador de revoluciones (RPM)
- (F) Bobina de encendido

- (G) Tapa del distribuidor
- (H) Rotor del distribuidor
- (I) Bujía

Encendido electrónico con bobina captadora

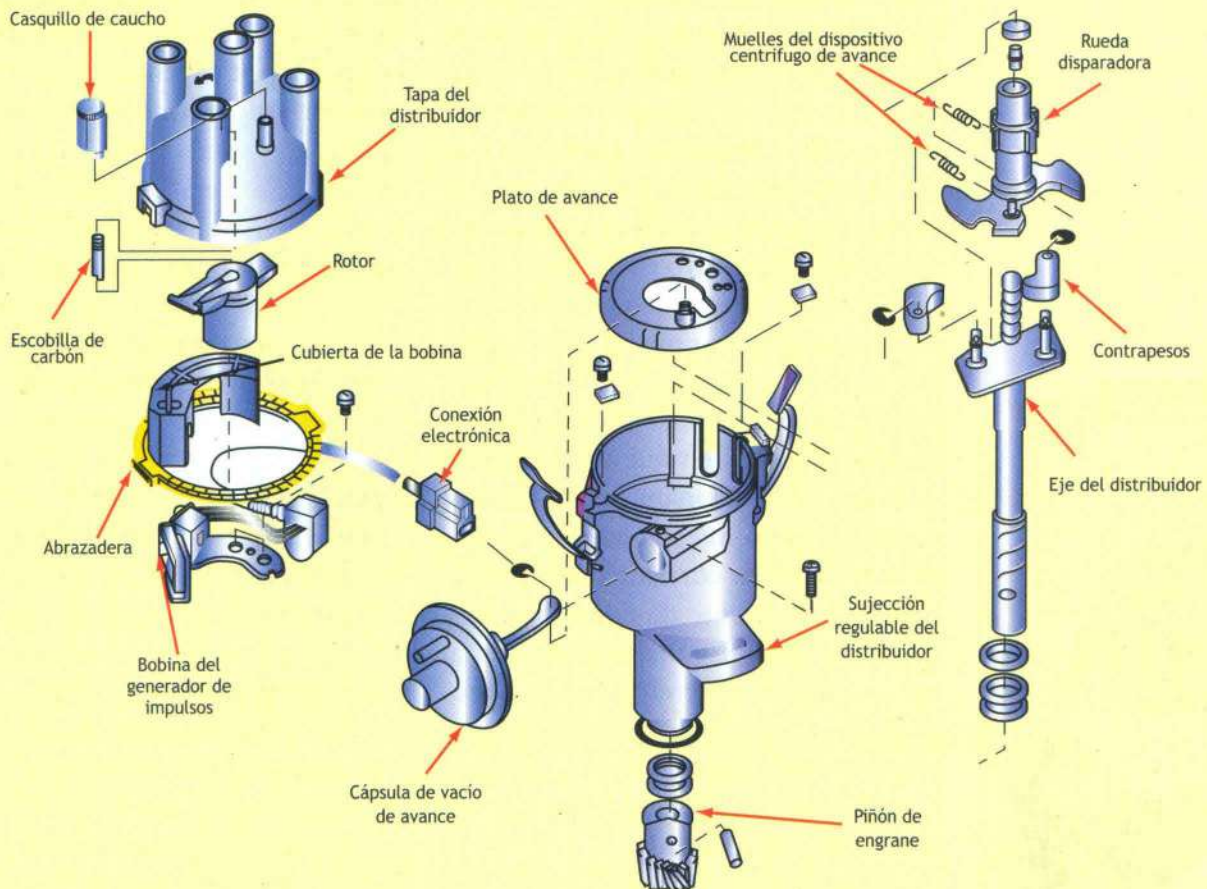
Es uno de los sistemas más utilizados. Su principal característica es el uso de un generador de impulsos instalado en la cabeza del distribuidor sustituyendo al ruptor (figura 2.1).

El generador de impulsos está integrado por una **rueda de aspas** llamada "rotor", de acero magnético, que produce durante su rotación una variación del flujo magnético e induciendo de esta manera una tensión en la bobina que se envía posteriormente a la unidad electrónica.

La rueda tiene tantas aspas como cilindros tiene el motor y a medida que se acerca cada una de ellas a la bobina de inducción, la tensión va subiendo cada vez con más rapidez hasta alcanzar su valor máximo cuando la bobina y el aspa esté frente a frente. Al alejarse el aspa siguiendo el giro, la tensión cambia muy rápidamente y alcanza su valor negativo máximo.

El valor de la tensión depende de la velocidad de giro del motor: aproximadamente 0,5 V a bajas revoluciones y cerca de 10 V a altas revoluciones. En este cambio de tensión se produce el encendido y el impulso así originado en el distribuidor se hace llegar a la unidad electrónica. Cuando las aspas de la rueda no están enfrentadas a la bobina de inducción no se produce el encendido.

Figura 2.1

Esquema de un distribuidor con generador de impulsos inductivo de rueda disparadora (*Trigger wheel*)

La unidad de control

Recibe los impulsos eléctricos que le envía el generador de impulsos desde el distribuidor (figura 2.2), esta unidad de control está dividida en tres etapas fundamentales:

» Modulador de impulsos

El modulador de impulsos transforma la señal de tensión alterna que le llega del generador de inducción, en una señal de onda cuadrada de *longitud e intensidad* adecuadas para el control de la corriente primaria y el instante de corte de la misma. Estas magnitu-

des (longitud e intensidad de impulsos), son independientes de la velocidad de rotación del motor.

» Mando de ángulo de cierre

El mando del ángulo de cierre varia la duración de los impulsos de la señal de onda cuadrada en función de la velocidad de rotación del motor.

» Estabilizador

El estabilizador tiene la misión de mantener la tensión de alimentación lo más constante posible.

Figura 2.2

Unidad de control fijada al distribuidor



Encendido electrónico con sensor Hall

Este sistema de encendido se basa en las propiedades técnicas de los semiconductores, que cuentan con una polarización o energía de trabajo constante. Y cuando dicha energía se encuentra con un campo magnético variable, éste es cortado o interrumpido en ángulo recto con un dispositivo metálico.

El campo magnético es cortado de manera similar, por medio del reluctor. El número de dientes de este dispositivo (figura 2.3) depende del tipo de cilindraje o motor en que se encuentra; y tal como mencionamos, con ellos se corta el campo magnético y se produce entonces una corriente variable que obliga al transistor de conmutación a generar pulsos de voltaje variables; a su vez, estos pulsos son enviados a un módulo electrónico, para que los controle; y este módulo excita al borne negativo de la bobina de ignición, para que genere la chispa adecuada.

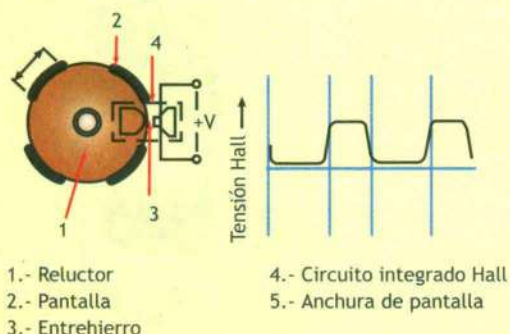
El encendido por efecto Hall, que sustituye a los platinos, al condensador y a la leva, se utiliza en algunos vehículos fabricados por Volkswagen (Sedán) y Chrysler (Spirit y Shadow).

Figura 2.3A

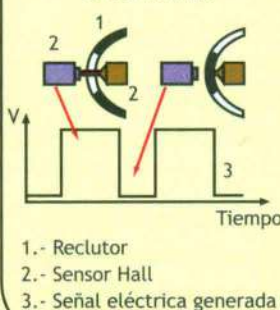


Figura 2.4

Estructura básica del sensor Hall



Principio del funcionamiento del sensor Hall



Módulo electrónico de efecto Hall

La unidad de control tiene la misión de hacer conducir o interrumpir el paso de corriente por el transistor de potencia o lo que es lo mismo dar paso o cortar la corriente a través del primario de la bobina de encendido (figura 2.4). Para funcionar adecuadamente, el módulo de efecto Hall debe tener su voltaje de alimentación (12 voltios) y su respectiva tierra; pero además también efectúa otras funciones sobre la señal del primario de la bobina como son:

Limitación de corriente

Debido a que este tipo de encendidos utilizan una bobina con una resistencia del arrollamiento primario muy bajo (valores inferiores a 1 ohmio) que permite que el tiempo de carga y descarga de la bobina sea muy reducido: pero presentando el inconveniente de que a bajos regímenes la corriente puede llegar hasta 15A lo cual podría dañar la bobina. Para evitar esto la unidad de control incorpora un circuito que se encarga de controlar la intensidad del primario a un máximo de 6A.

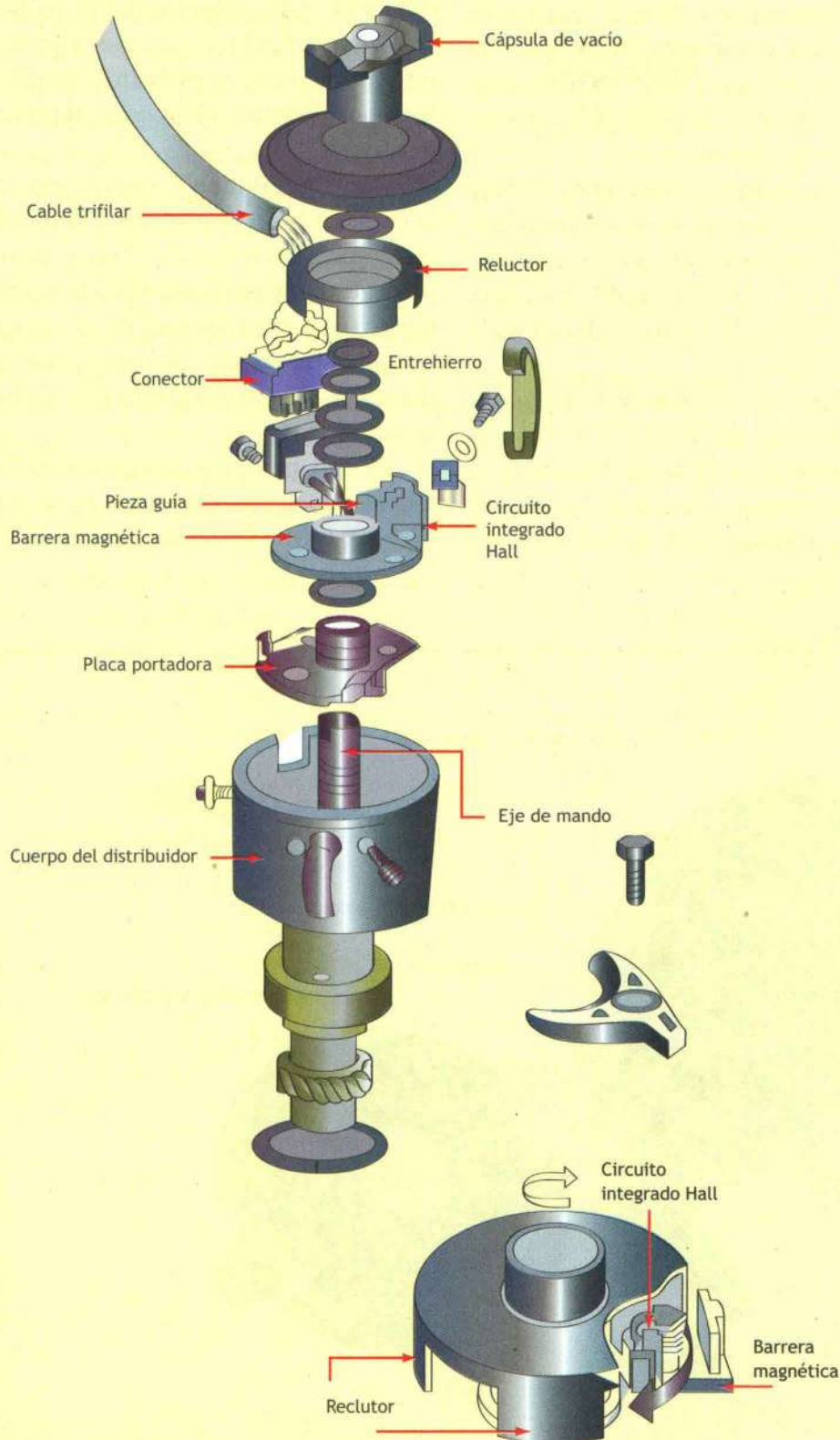
Regulación del tiempo de cierre

La gran variación de tiempo entre dos chispas sucesivas a altas y bajas revoluciones hace que los tiempos de carga sean a la vez muy dispares produciendo tiempos de saturación de la bobina de encendido excesivos en algunos casos y energía insuficiente en otros.

Para evitar esto el módulo incorpora un circuito de control que actúa en base a la saturación del transistor Darlington para ajustar el tiempo de cierre el régimen del motor.

Figura 2.3B

Estructura interna de un distribuidor con generador de impulsos de "efecto Hall"



Comentario del especialista

Para distinguir si un distribuidor lleva un generador de impulsos "inductivo" o de "efecto Hall" solo tendremos que fijarnos en el número de cables que salen del distribuidor a la unidad electrónica. Si lleva sólo dos cables se trata de un distribuidor con generador de impulsos "inductivo", en caso de que lleve tres cables se tratará de un distribuidor con generador de impulsos de "efecto Hall".

Encendido electrónico por efecto óptico

El funcionamiento de este sistema se basa en dos componentes básicos: un emisor de luz, que puede ser infrarroja (invisible para el ojo humano), y un receptor de la misma.

Generalmente, el elemento emisor de luz es un fotodiodo o un fototransistor; y otro fotodiodo o fototransistor recibe la luz, a la cual amplifica y envía a un módulo de control electrónico (figura 2.5).

Además de este par de componentes, se utiliza una rueda o disco con perforaciones (se le llama “reluctora”), las cuales sirven para indicar los grados de giro o avance del motor y el ini-

cio de ciclo de encendido del mismo (figura 2.6).

Dicha luz se envía también al módulo electrónico, para que sea modulada y modificada; y para que a su vez, este módulo excite de forma similar a la bobina de encendido en su terminal negativa.

Otro componente importante es la cubierta protectora entre el disco de sincronización y el rotor. Esta cubierta protege al sistema original de la contaminación y evita errores de actuación causados por ruido eléctrico o por inducción electromagnética o polos contaminantes.

El sistema óptico de encendido se emplea en algunos modelos de Nissan (Tsuru), GM y Chrysler.

Figura 2.5



Ranuras de ángulo del cigüeñal

También se conocen como ranuras de alta velocidad de datos. Se encuentran ubicadas en la orilla externa de la placa y están colocadas a cada dos grados de avance del cigüeñal. Estas ranuras reencargan de generar una señal que se utiliza para aumentar la exactitud de la sincronización de la ignición a velocidades de hasta 1,000 rpm.

Ranuras sensoras de PMS

Las ranuras interiores de la placa están vinculadas con el ángulo de PMS del cigüeñal en cada cilindro y proporcionan una señal de baja velocidad de datos. Esta señal dispara el sistema de inyección de combustible, controla la velocidad de marca mínima y da señales de sincronización de ignición a velocidades mayores que 1,200 rpm.

Figura 2.6A

Esquema de funcionamiento de las ranuras sensoras

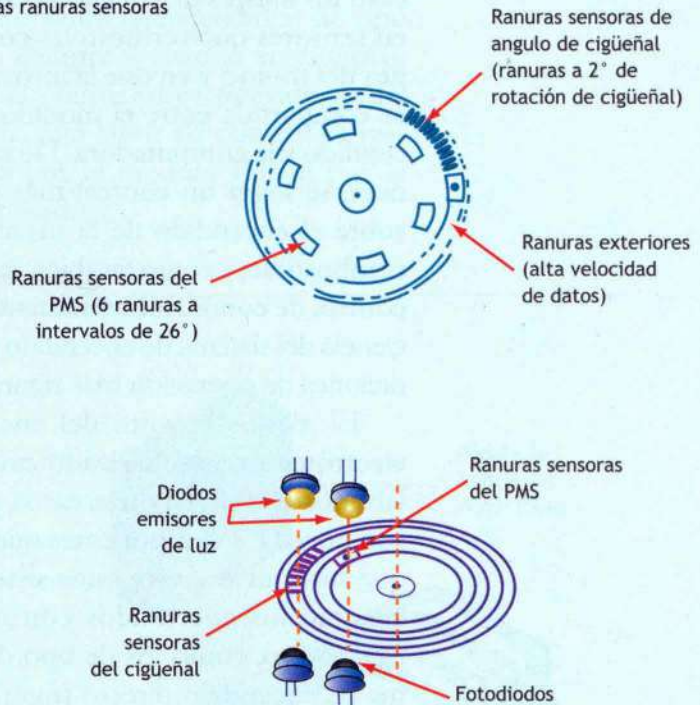
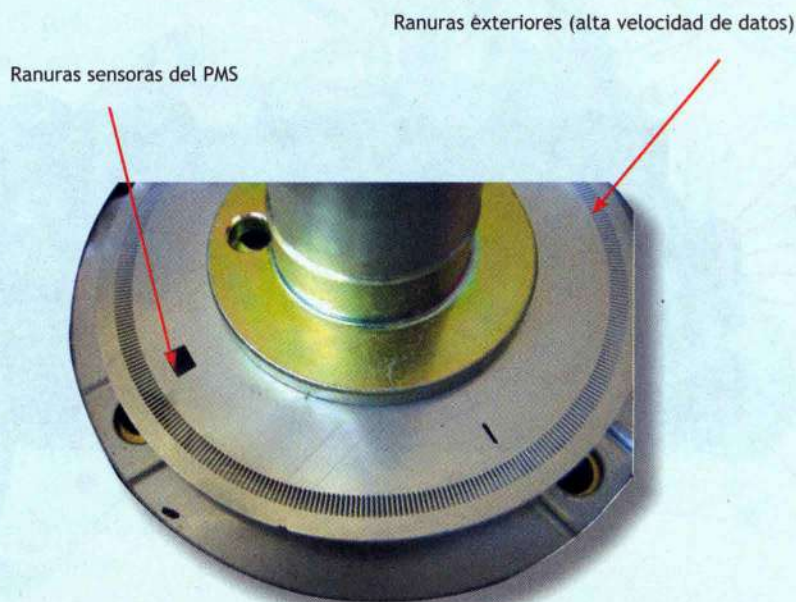


Figura 2.6B

Vista física de las ranuras sensoras



Encendido directo computarizado

La diferencia entre un encendido electrónico y un encendido electrónico computarizado, es que en este último caso los ajustes de encendido se basan en sensores que verifican las condiciones del motor; y en que la información es compartida entre el módulo de encendido y la computadora. De esta manera, se logra un control más preciso sobre el encendido de la mezcla aire-combustible; y como también mejora el control de combustible, aumenta la eficiencia del sistema de encendido en condiciones de operación más rigurosas.

El mantenimiento del encendido electrónico computarizado no es tan laborioso como en otros casos, porque son pocos los componentes que tienen que sustituirse. Entre estos sistemas se cuentan los encendidos con módulo electrónico, como los de tipo de sistema de encendido directo (figura 2.7) y

los sistemas de encendido directo con bobinas-bujías.

Sistema DIS

Este tipo de encendido es uno de los más modernos que se emplean en la actualidad ya que reportan unos beneficios importantes sobre el rendimiento y mantenimiento del sistema.

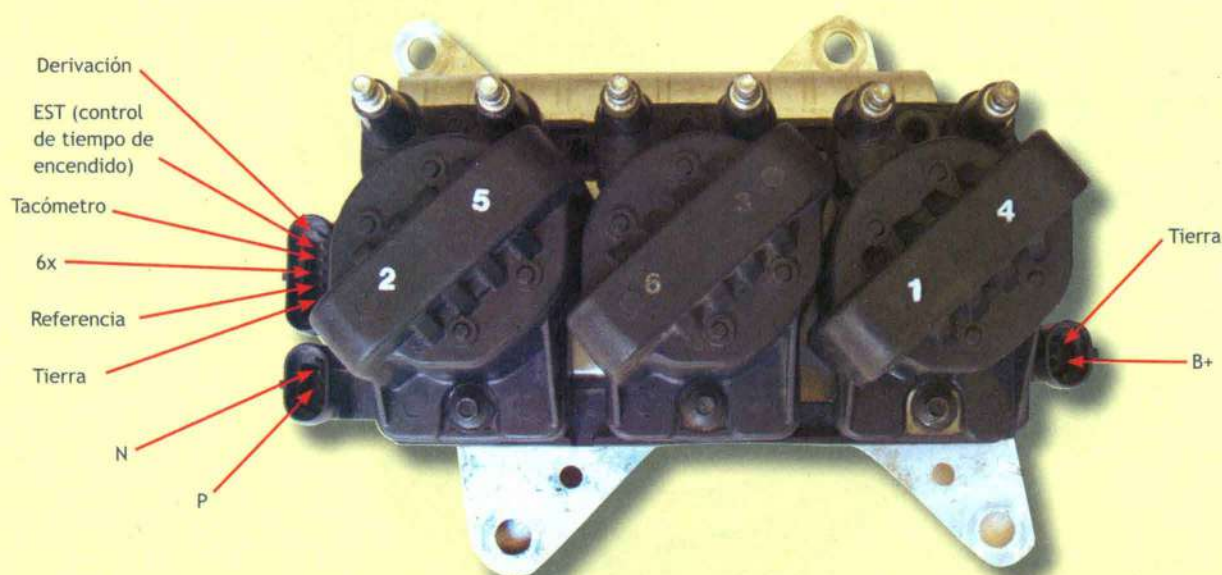
La ventaja principal de estos sistemas es que permiten eliminar por completo el último elemento mecánico del encendido: el distribuidor.

El sistema DIS no varía demasiado respecto a un encendido electrónico en lo que se refiere a la parte de sensores de información. La diferencia fundamental la encontramos en la bobina de encendido.

Chispa perdida

El sistema de encendido directo emplea el concepto de “sistema de encendido por chispa perdida o desperdiciada”; es decir, el encendido se basa en el apareamiento

Figura 2.7



miento o funcionamiento en pares de los cilindros. Esto significa que la chispa ocurre simultáneamente en el cilindro que está en su carrera de compresión y en el cilindro que se encuentra en su carrera de escape. Y como sabemos, este último cilindro requiere de muy poca energía para disparar la chispa en la bujía; y la energía restante, se usa como lo requiere el cilindro que está en la carrera de compresión. El mismo proceso es ejecutado, cuando los cilindros invierten su ciclo de trabajo.

Sensor del cigüeñal

En este tipo de encendido, la coordinación de la chispa o la generación del ciclo de encendido están a cargo del sensor del cigüeñal, que se encuentra en el monobloque (a la altura del propio cigüeñal) y que se complementa con un reluctor (que es un corte del cigüeñal) o con una polea dentada (llamada "reluctor") que tiene relación directa con el movimiento del cigüeñal (figura 2.8).

Si el sensor del cigüeñal no funciona, el motor no encenderá; y si en vez de este sensor no funciona el sensor del árbol de levas, se alterará el funcionamiento del motor (presentará explosiones, cabeceo e inestabilidad).

Señales típicas de los módulos DIS

» Señal de referencia DIS

El sensor del cigüeñal genera una señal que es enviada al módulo de encendido.

» Tierra de referencia

Esta tierra se encuentra conectada al módulo DIS y a la computadora.

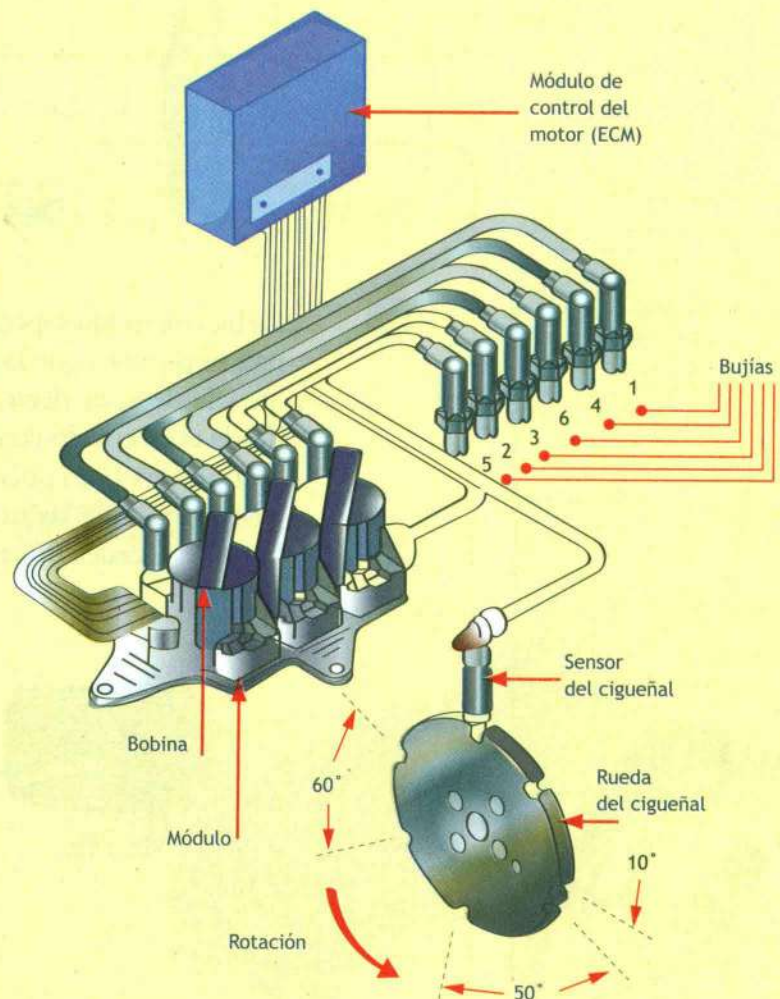
» By pass superior a 450 RPM

En este caso, el ECM aplica un voltaje para cambiar el control de encendido del módulo DIS.

» EST

Es el control del tiempo de encendido. En algunos encendidos de tipo DIS, siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones operativas del motor, esta labor de control es realizada por el módulo DIS o por la computadora.

Figura 2.8



Ventajas

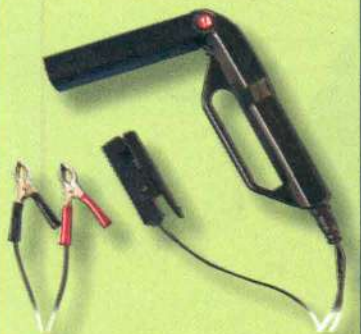


La ventaja principal de los sistemas DIS es la eliminación de cualquier elemento mecánico sujeto a desgaste (excepto las bujías), por lo que el mantenimiento del sistema es casi nulo. Por otro lado, la forma interna de las bobinas DIS proporciona una potencia de encendido muy elevada (recordemos que deben saltar dos chispas a la vez).

También hay que resaltar que los DIS son muy sencillos en cuanto a instalación eléctrica, ya que la única diferencia con un sistema convencional se encuentra en el funcionamiento de la bobina.

Comentario del especialista

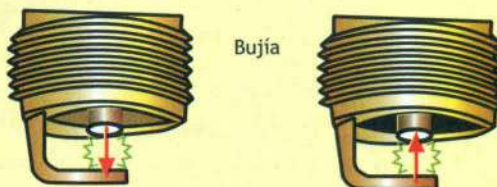
Otra característica importante del sistema de encendido DIS, es que como carece de distribuidor, el ajuste de tiempo no puede hacerse de forma manual. La Unidad Electrónica de Control coordina, vigila y ajusta el tiempo de encendido, con lo cual genera una señal EST (tiempo de encendido electrónico). Esto significa que ni el técnico ni el operador de la unidad automotriz, pueden ajustar el tiempo de encendido; solamente se puede observar con una lámpara estroboscópica.



Desventajas



Debido al modo especial de funcionamiento de las bobinas, se provoca que la chispa no salte por igual en todos los cilindros, es decir, en un cilindro el salto se realiza desde el electrodo central a masa y en la otra bujía justo al contrario. Esto puede provocar que dos bujías se desgasten más que las otras, por lo que se deben emplear bujías especiales (normalmente de platino).



Encendido directo computarizado con reparto de chispa

Hasta este punto hemos visto la evolución de los principales sistemas de encendido electrónico y podemos concluir que dicha evolución busca lograr una mejora de rendimiento y una mayor sencillez de funcionamiento, la prueba es que un sistema DIS necesita menos elementos que un sistema convencional, por ejemplo, y sin embargo el rendimiento del DIS es muy superior.

En la pirámide de los sistemas de encendido podríamos situar en la cumbre a los sistemas de o encendidos directos bobina-bujía que pertenecen a la serie más avanzada de encendido disponible en la actualidad.

Una de las características básicas de este tipo de sistemas, es que prescinde del módulo de encendido electrónico; en vez de éste, se emplea un encendido controlado por computadora y bobinas-bujía (figura 2.9), que también se controlan directamente por medio de la computadora; por su parte, los cables de bujías desaparecen del encendido (las bobinas se montan en cada bujía).

Como podemos ver en la figura 2.10, en realidad se trata de mini-bobinas diseñadas para ser conectadas directamente sobre la bujía. Con este sistema se puede prescindir por completo de los cables de alto voltaje, evitando también las pérdidas de potencia e interferencias que éstos causan. Por este motivo, los encendidos de este tipo son los que más potencia de encendido pueden generar. Este tipo de encendido se utiliza en los vehículos Nissan de la serie Platina.

Figura 2.8

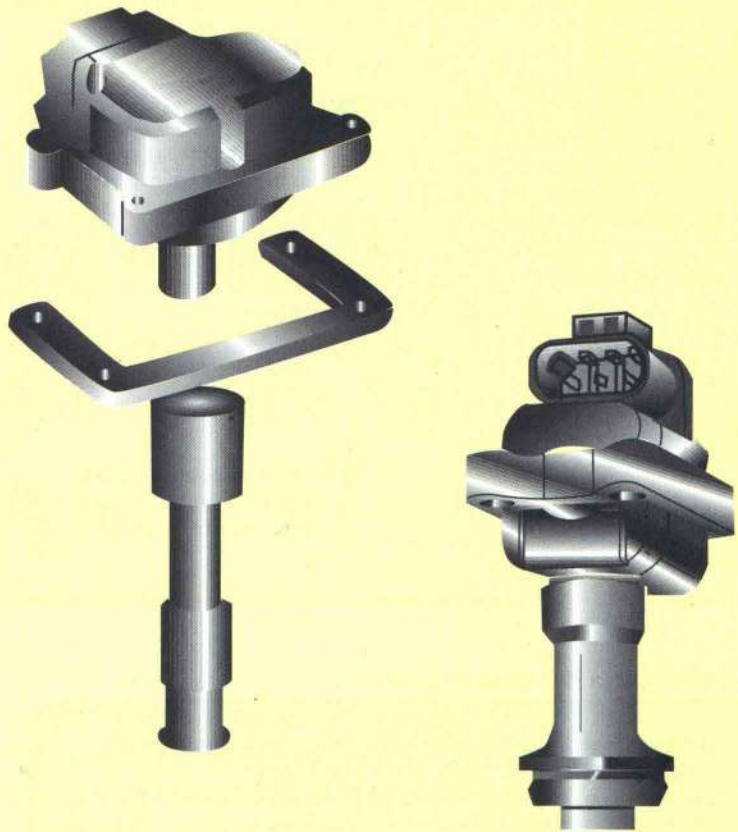
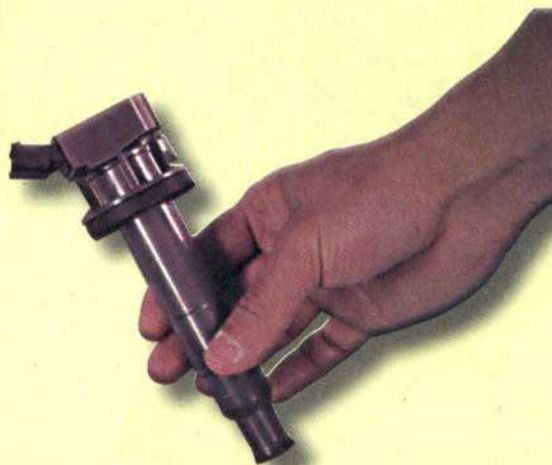


Figura 2.9



Ventajas

- 1 El control de tiempo de encendido está a cargo de la ECU, que recibe información proveniente de diferentes sensores (entre ellos, sensor de cigüeñal, MAP, ECT, IAT, MAF, sensor de oxígeno, sensor de golpeteo).
- 2 Tiene menos partes en movimiento.
- 3 Requiere de poco mantenimiento, ya que las bujías tienen que ser revisadas y sustituidas sólo cuando sea absolutamente necesario o cuando lo indique la carta de servicio del motor.
- 4 No es necesario cambiar cables de bujías, porque simplemente no existen.

Comentario del especialista

Normalmente el sensor CAM o de árbol de levas es un sensor de tipo inductivo y detecta una leva especial en el árbol de levas que le indica el tiempo de comienzo de compresión del cilindro 1. El tiempo de funcionamiento del resto de cilindros lo deduce la central de control a partir de la señal de giro y posición angular y el orden de encendido. Así, por ejemplo, para un motor de cuatro cilindros con orden de encendido 1-3-4-2, cuando detecte la compresión del cilindro 1 sabrá que media vuelta de cigüeñal después vendrá el cilindro 3, y luego en el 4 y así sucesivamente.



Sensor CAM

Para que el sistema funcione hacen falta tres señales principales:

» Revoluciones

Al igual que en cualquier otro sistema integral, es necesaria esta señal para efectuar las correcciones de avance. Se utilizan sensores inductivos o de tipo Hall.

» Posición angular del cigüeñal

Para poder aplicar los avances de encendido determinados por la central.

» Estado de funcionamiento de un cilindro

Esto es, saber qué cilindro se encuentra en la fase de compresión para aplicar el corte de encendido a su bobina correspondiente. Recordemos que en el DIS esto no era necesario ya que se aplicaban dos chispas a una pareja de cilindros, sin embargo en el encendido computarizado se debe provocar la chispa en el cilindro que la pueda aprovechar, lógicamente. Para la detección del estado de funcionamiento del cilindro utiliza un sensor CAM o de árbol de levas.