

ENCENDIDO ELECTRÓNICO DE FABRICACIÓN NACIONAL EN MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA

Andrés Valderrama Romero - Adler Chirinos Porras

Facultad de Ingeniería Mecánica - Universidad Nacional de Ingeniería

RESUMEN

Se presenta la modificación del sistema de encendido convencional por ruptor, adaptado y construido a partir de los sistemas de encendido inductivo Bosch y Delco Remy; obteniéndose el sistema de encendido electrónico. Las pruebas experimentales se efectuaron en el motor Ford de cuatro cilindros ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería, trabajando en régimen de vacío y de variación de la carga; obteniéndose incremento de la potencia disminución del consumo de combustible y disminución de las emisiones tóxicas.

ABSTRACT

The modification of the conventional ignition system by ruptor and its transformation in a electronic ignition system is presented. This was done by the adaptation and redesigned of the Bosch and Delco Remy inductive ignition systems. The experimental tests were carried out in a four cylinders Ford motor of the Combustion Engine Laboratory at the Universidad Nacional de Ingeniería. By working in a vacuum regime and with variation of the load, and increase of the power, fuel saving and a decrease of the toxic emissions was obtained.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, el encendido de la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión de un motor encendido por chispa (MECH), se efectúa mediante una chispa eléctrica que se produce entre los electrodos de la bujía, con la cual se inicia el proceso de combustión; el voltaje entre los electrodos debe ser como mínimo de 10.000 voltios para ionizar la mezcla presurizada e iniciar la combustión /1/. Pero normalmente se emplea voltajes por encima de los 15.000 voltios para garantizar un buen encendido, en un amplio margen de operación del motor. La tendencia actual es a usar tensiones más altas, que a su vez permiten aumentar la longitud del arco eléctrico, el cuál está determinado por la distancia entre los electrodos de la bujía. Se ha comprobado que en mezclas pobres hay un mejor encendido con tensiones más altas; debido a ello los fabricantes han incidido en dotar a sus sistemas de un mayor voltaje, logrando crear equipos de alta energía /7/; otro factor importante es la energía de encendido, denominado sistema de alto voltaje y alta energía.

En este trabajo se demuestra la modificación del sistema de encendido convencional de primera generación, con avances mecánicos introduciendo componentes de los sistemas de encendido electrónico Bosch y Delco Remy, logrando sustituir al sistema convencional de encendido por ruptor.

FUNDAMENTO TEORICO

Las constantes investigaciones en motores, sistemas de control, etc. para vehículos permite entre otras cosas reemplazar el encendido por ruptor por el encendido electrónico /4/, logrando niveles de perfección que antes no se podía lograr. La electrónica ha hecho más flexible las soluciones y nos ofrece una amplia variedad de posibilidades entre las cuales podemos mencionar:

- Encendido electrónico de alta potencia
- Encendido electrónico con avance de carga (por vacío) y velocidad, totalmente electrónico (el distribuidor solo lleva rotor y tapa de distribuidor de alta tensión), siendo estas funciones asumidas por una computadora.

- Encendido electrónico con dos bujías por cilindro.
- Encendido electrónico con una bobina para cada dos cilindros, elimina la posibilidad de usar rotor y tapa de distribuidor.
- Encendido con una bobina para cada bujía, elimina la necesidad de emplear cables de encendido de alta tensión

Estos dos últimos casos, la distribución secuencial del encendido (1-3-4-2, 1-2-4-3), se hace en baja tensión, es decir, controlando la corriente primaria electrónicamente /3/.

Desventajas del sistema tradicional de encendido por ruptor /2/.

1. Limitada producción de voltaje y potencia, los contactos no pueden manejar más de 4,5 A sin dañarse, por lo que la potencia de la bobina queda limitada a este rango.
2. Se alteran los reglajes al gastarse las levas del eje del distribuidor, originando que no sea uniforme la luz entre platinos. También se altera el ángulo de contacto al gastarse los contactos del platino y el seguidor de fibra del ruptor.
3. El sistema mecánico de interrupción de la corriente mediante contactos, accionado por una leva, necesita mantenimiento periódico, debido al desgaste en los contactos y en la fibra del seguidor alterando las condiciones de operación.
4. La precisión del disparo de la chispa se altera con el tiempo a consecuencia de los desgastes.
5. Para obtener una adecuada chispa en los arranques, la corriente del primario está limitada al voltaje de la fuente disponible de tensión, ya que el tiempo de contacto depende del reglaje fijo del ruptor, entonces en el arranque, el voltaje de la batería baja hasta 10 Voltios, la bobina no dispone de suficiente corriente de carga para producir una chispa potente.
6. Imposibilidad de controlar sus parámetros con más flexibilidad; por ejemplo, el punto de encendido.

Sistema de encendido electrónico por alta energía Delco Remy (H.E.I)

Es un sistema sin puntos de ruptura (sin platinos) por disparo de pulsos, controlado por transistores y descarga inductiva. El conjunto del captador electromagnético, colocado dentro del distribuidor, contiene un imán permanente, una pieza polar con dientes internos y una bobina captadora. Cuando los dientes del núcleo sincronizador giratorio y la pieza polar quedan alineadas, el voltaje inducido en la bobina captadora envía una señal al módulo electrónico para abrir el circuito primario de la bobina /7/.

Al disminuir bruscamente la corriente del primario se induce un alto voltaje en los devanados del secundario de la bobina de encendido, que es conducido a través del rotor y los cables de alto voltaje produciendo la chispa en las bujías. El período de ángulo de cierre está controlado automáticamente por el módulo electrónico y es mayor al aumentar la velocidad del motor /5/.

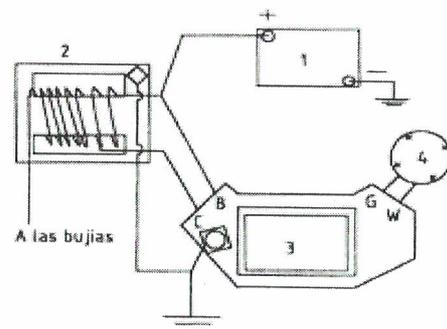


Fig. 1 Sistema de encendido electrónico DelcoRemy: 1, batería; 2, bobina; 3, amplificador de impulsos; 4, generador de impulsos magnéticos.

Este sistema se caracteriza por una mayor duración de la chispa que ayuda a encender el gas de escape recirculante (E.G.R), presente en mezclas pobres de aire y combustible. El condensador situado dentro del distribuidor H.E.I. tiene como único objeto la supresión de ruidos y no es un componente que se deba cambiar regularmente en el sistema de encendido. El sistema de encendido es de tipo transistorizado, accionado por una unidad de impulsos magnéticos que puede ser utilizado en motores de 4, 6 y 8 cilindros; no tiene resistencia autoregulatora. Posee bobinas especiales en motores de 8 cilindros (bobina integral con tapa de distribuidor); los motores de 4 y 6 cilin-

ros utilizan bobina externa con resistencias en el primario de 0,4 a 1 ohmio; y en el secundario de 6.000 a 30.000 ohmios /2/, /3/ y /6/. Asimismo posee un entrehierro no ajustable, una resistencia de bobina captadora de 500 a 1.500 ohmios; tapa de distribuidor y rotor de tipo especial debido a los niveles de tensión.

Sistema electrónico de encendido electrónico Bosch /7/.

Es un sistema sin contactos mecánicos para producir la chispa, consta de un sensor inductivo para generar la señal de mando que gobierna al módulo de control, éste a su vez corta la corriente en el bobinado. En este módulo se utilizan transistores de conmutación electrónicos y se obtienen circuitos de corriente primaria superiores de hasta aproximadamente 9 A, sin pérdidas ni desgastes y, por consiguiente, se tiene una tensión secundaria en todo el rango de revoluciones.

La corriente primaria fluye desde la batería (1) atravesando el conmutador de encendido y arranque (2) y el devanado primario de la bobina de encendido (3), y regresa pasando por el bloque electrónico (4). El transmisor (5) del distribuidor de encendido (6) realiza el corte de la corriente primaria por el bloque electrónico. En el instante de corte de la corriente primaria se induce una alta tensión en el devanado secundario de la bobina que es conducido hacia las bujías (7).

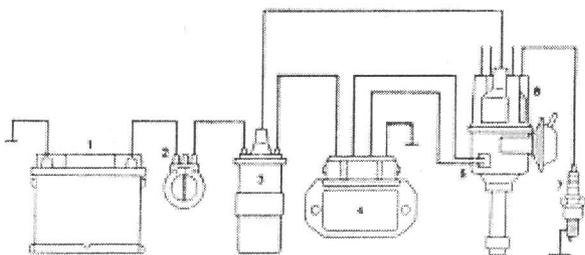


Fig. 2. Esquema general del sistema de encendido electrónico Bosch.

El captador electromagnético colocado dentro del distribuidor contiene un imán permanente (1) en forma de anillo, una bobina (2) unida solidariamente al imán

y una pieza polar con dientes internos, que en conjunto forman el estator; unido al eje va el rotor del generador de impulsos que tiene tantos dientes como cilindros tenga el motor.

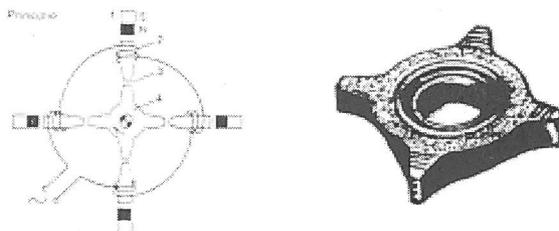


Fig. 3. Descripción del sistema de encendido electrónico Bosch; a) Esquema del mando inductivo de encendido; b) rotor del generador de impulsos de inducción.

MODIFICACIONES EFECTUADAS AL DISTRIBUIDOR DEL MOTOR FORD

- Eliminar los alojamientos (mesa portaplátino y condensador) del distribuidor original, y en su lugar se construye, mediante mecanizado, un alojamiento especial para soportar el bloque generador de impulsos tomado del sistema Bosch, que consta de un cuerpo fijo (con un imán) y la bobina captadora, con los mecanismos del avance por vacío.
- Eliminar las levas del eje distribuidor Lucas, para ubicar la bobina captadora unida al cuerpo del distribuidor y permitir la existencia del entrehierro entre el eje y las masas polares que están debajo de la bobina captadora.
- Eliminar el avance de vacío Lucas y adaptar el avance del encendido electrónico Bosch, (distribuidor del motor Ford gira en sentido contrario al sistema Bosch).
- Adaptar el eje rotatorio a los piñones originales tipo Ford, para que puedan engranar en el eje de levas.
- Se construye un disipador de calor para el módulo de control electrónico de encendido, porque no se puede alojar en el cuerpo del distribuidor.

· La bobina de encendido es la misma del encendido convencional del motor Ford, aunque se podría cambiar por una bobina de mayor tensión de salida.

La bobina que requiere el módulo Delco Remy, de 4 pines, es la especificada por el fabricante y tiene de 0,4 a 10 ohmios en el primario, y de 6.000 a 30.000 ohmios en el secundario. Al utilizar la bobina convencional de encendido por ruptor, la corriente primaria crece hasta un valor de 5 A, debido al mayor ángulo de cierre que posee el módulo Delco Remy, por lo cual, al no estar especificado para trabajar con dicha corriente sufre recalentamiento y puede dañarse. Para limitar esta corriente se usa una resistencia exterior conectada a la bobina.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EXPERIMENTALES

Los ensayos se realizaron en el banco de pruebas con motor Ford de encendido por chispa, 4 cilindros, ($V_n = 997 \text{ cm}^3$), que se encuentra ubicado en la Facultad de Ingeniería Mecánica - UNI; se determinaron las características de vacío, carga y velocidad, siguiendo la secuencia siguiente:

- Ensayos con el sistema convencional de encendido por ruptor y
- Ensayos con el sistema de encendido electrónico propuesto.

Características de vacío sin encendido electrónico, y con encendido electrónico

Consumo horario de combustible.- Con el encendido electrónico se observa menor consumo horario de combustible, acentuándose la diferencia a medida que aumenta la velocidad del motor. La velocidad del motor en ralentí aumenta con el sistema de encendido electrónico, en 50 rpm. Entonces se debe regular el tope de la mariposa del carburador y el tornillo de ingreso de combustible, para así bajar la velocidad de ralentí; es decir, que para lograr la misma velocidad de ralentí requerimos de menor cantidad de combustible usando el sistema de encendido electrónico.

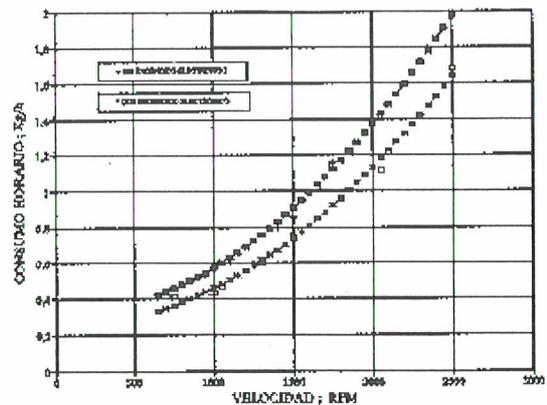


Fig.4. Características de vacío, consumo horario de combustible con y sin encendido electrónico, en función de la velocidad del motor.

Característica externa de velocidad sin encendido electrónico, y con encendido electrónico

Consumo específico de combustible.- El motor con el sistema de encendido electrónico disminuye el consumo específico de combustible en todo el rango de velocidad; a 900 rpm disminuye 16% a 2700 rpm disminuye 12,5% y a 3.100 disminuye 10,4%.

Potencia efectiva.- El motor al emplear encendido electrónico incrementa su potencia en 6% a 900 rpm, 4,5% a 2700 rpm (velocidad donde se logra el momento efectivo máximo) y 4% a 3100 rpm.

Se evaluó el ahorro de combustible horario a un determinado régimen de velocidad, considerando el costo de US\$2,00/galón de gasolina; se puede lograr un ahorro de US\$0,15 /h cuando el motor gira a 1000 rpm y de US\$0,35/h cuando trabaja a 3000 rpm.

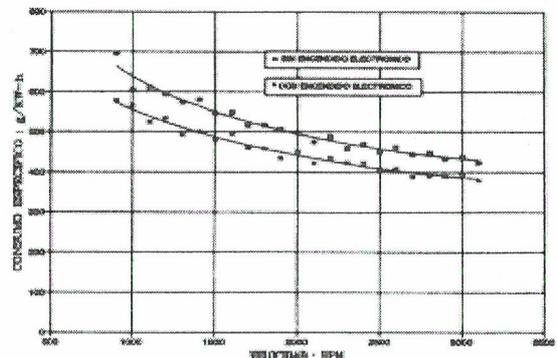


Fig. 5. Variación del consumo específico de combustible en función de la velocidad.

Característica de carga sin encendido electrónico, y con encendido electrónico

Consumo específico de combustible.- Es menor para el motor con encendido electrónico en todo el rango de variación de carga, lográndose una diferencia de 11,6 % en el rango de baja potencia cuando entrega 3 kW; y 10,6% en el rango de alta potencia cuando entrega 15 kW.

CONCLUSIONES

1. En el régimen de vacío se logra un ahorro sustantivo del consumo de combustible del orden del 20%.
2. Se logra un ahorro de combustible en todo el régimen de operación del motor, en promedio del 10%.
3. Se logra un ahorro sustantivo de dinero, debido al mínimo mantenimiento (afinamiento) del sistema de encendido (la puesta a punto se mantiene durante mucho más tiempo).
4. Se comprueba indirectamente que mejora el proceso de combustión a pesar de las condiciones desfavorables de formación de la mezcla (mezcla pobre), haciendo la combustión más completa debido a la presencia de una chispa más vigorosa y extensa que permite disminuir el tiempo en el proceso de combustión.
5. El combustible se quema con mayor eficiencia y como consecuencia de ello, se logra disminuir la

producción de emisiones tóxicas que salen en los gases de escape.

6. Todo motor equipado con el sistema de encendido tradicional se puede reconvertir y adaptar el sistema de encendido electrónico propuesto.

Palabras claves

Bobina, encendido, bloque, bujía, ruptor, ralentí, carburador, vacío, chispa, mezcla, contactos, platino.

REFERENCIAS

1. **JOVAJ, M. S.;** Motores de automóvil, Editorial MIR, Moscú 1982.
2. **DE CASTRO, M.;** *La Electrónica en el Automóvil;* Editorial CEAC, Barcelona, 1988.
3. **WATSON, B.;** *Manual de Fuel Injection Ford* Volúmenes 1 y 2, Editorial Prentice-Hall Hispano América, S.A, México, 1991.
4. **MOROSOV, S.** y otros; *Soluciones de los problemas de desarrollo de los motores de combustión interna* - UNI, Lima - Perú, 1988.
5. **CROUSE, W.;** *Equipo eléctrico y electrónico del automóvil* Editorial Marcombo, México 1991.
6. **OBERT, E.;** *Motores de combustión interna;* Editorial Continental, S.A, México, 1992.
7. **BOSCH;** *Manual de la técnica del automóvil;* Editorial Reverte, Barcelona- España 1992.

