

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA EL DIAGNÓSTICO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS USADOS EN EL ENCENDIDO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

EQUIPMENT DESIGN AND CONSTRUCTION FOR THE DIAGNOSIS OF ELECTRONIC DEVICES USED DURING THE IGNITION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Francisco Ernesto Cortez Reinos.

Técnico en Mecánica Automotriz.

Docente Investigador Escuela de Ingeniería Automotriz.

ITCA-FEPADE Sede Central Santa Tecla.

fcortez@itca.edu.sv

Kelmin Roberto Molina Salvador.

Técnico en Mecánica Automotriz.

Docente Co-Investigador Escuela de Ingeniería Automotriz.

ITCA-FEPADE Sede Central Santa Tecla.

kmolina@itca.edu.sv

Recibido: 18/05/2018 - Aceptado: 19/07/2018

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo mostrar el diseño y desarrollo de un equipo electrónico innovador, el cual permite diagnosticar el estado de los componentes principales del sistema de encendido del motor de combustión interna. Este equipo tiene la versatilidad de probar componentes de diversos fabricantes, modelos y marcas.

Es un equipo que tiene la ventaja de ser portátil y puede ser utilizado en el área académica, en talleres y salas de ventas de repuestos automotrices. El proyecto se desarrolló en asocio colaborativo y permitió el trabajo conjunto entre docentes y estudiantes de la Carrera de Técnico en Mecánica Automotriz de ITCA-FEPADE y técnicos que trabajan en la empresa privada del sector.

Palabras clave

Ingeniería mecánica, motores de combustión interna, tecnología eléctrica y electrónica, automóviles, motores de automóviles, bobinas eléctricas, transistores de potencia.

Abstract

The objective of this article is to show the design and development of an innovative electronic equipment, which allows to diagnose the status of the main components from the ignition system from an internal combustion engine. This equipment has the versatility to test components from various manufacturers, brands and model.

It is an equipment that has the advantage of being portable and can also be used in the academic area, in workshops and automotive parts stores. The project was developed in a collaborative partnership and allowed joint work between teachers and students from Técnico en Mecánica Automotriz at ITCA-FEPADE and technicians who work at the industry from the private sector.

Keyword

Mechanical engineering, internal combustion engines, electrical and electronic technology, automobiles, automobile engines, electric coils, power transistors.

Introducción

Los sistemas de encendido controlados electrónicamente que se aplican en los vehículos están diseñados para suministrar tecnología de punta en el control electrónico, con el fin de responder a las diferentes circunstancias externas más eficientemente que los sistemas de encendido convencionales. Como resultado hay menos emisiones de gases, reducción del consumo de combustible, aumento de la tensión de encendido, restricción del espacio en la unidad de accionamiento y el compartimento del motor. Las características del diseño de las bobinas de encendido actuales son más

exigentes; sin embargo, la función de los motores de encendido por chispa sigue siendo la misma, o sea que la mezcla de aire-combustible se debe encender en el momento adecuado con la energía de encendido óptima para que se produzca una combustión completa.

Para reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases, además de aumentar la eficiencia, las tecnologías de motores siguen desarrollándose constantemente y, a su vez, también lo hacen los sistemas de encendido electrónico desarrollados por las diferentes marcas

de repuestos electrónicos automotrices. De tal modo, los diferentes regímenes de trabajo y exigencias a los sistemas de encendido actuales en los vehículos con motores a gasolina que circulan en el amplio parque vehicular automotriz en El Salvador, hacen que también el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas auxiliares del motor de combustión interna

sea necesario, como parte de la garantía del óptimo funcionamiento de los componentes que intervienen en el sistema de encendido. Por lo cual se destacan todas las condiciones de trabajo del sistema de encendido necesarias para ser simuladas y así diseñar un equipo que pueda probar los componentes del sistema con similares exigencias.

El sistema de encendido del automóvil

Uno de los sistemas con mayores avances tecnológicos y controles electrónicos es el sistema de encendido [1]. Dichos controles y avances radican en que este sistema es el encargado de generar una alta tensión en la generación de una chispa fuerte y eficiente (kilo voltios) para hacer combustionar o quemar la relación de aire y gasolina (mezcla estequiométrica) independientemente del estado ambiental en que se encuentre. Resultado de este control es una alta eficiencia del motor de combustión interna, mejor economía y optimización del combustible y, sobre todo, la baja contaminación de gases producidos por la combustión aire-combustible.



Fig. 1. Diferentes bobinas de encendido automotrices.

Tipos de sistemas de encendido

Los sistemas de encendido se dividen en tres categorías básicas:

- Sistema de encendido convencional.
- Sistema de encendido electrónico.
- Sistema de encendido directo D.I.S. (sin distribuidor)

Producción de chispa de encendido

La bobina de encendido debe generar suficiente poder para producir la chispa que encienda la mezcla aire/combustible. Para producir este poder, se necesita un campo magnético muy fuerte. Este campo magnético es creado por una corriente eléctrica. Esta corriente

eléctrica siempre proviene de una fuente y fluye a través del circuito primario dentro de la bobina. El circuito primario de la bobina tiene una resistencia eléctrica muy baja (de 1 a 4 ohms, aproximadamente), lo cual permite el fácil flujo de corriente. Entre más corriente fluya, mayor será la fuerza del campo magnético dentro de la bobina. El transistor de poder dentro del módulo de encendido maneja una corriente alta requerida por el circuito primario de la bobina [2].

Otro requisito para producir altos voltajes es que el flujo de corriente en el embobinado primario se apague rápidamente. Cuando el transistor dentro del módulo se apaga, el flujo de corriente se detiene momentáneamente y entonces se dice que el campo magnético “se corta”.

A medida que el campo magnético se transporta rápidamente a través del embobinado secundario, se produce voltaje. Si se crea suficiente voltaje para superar la resistencia en el circuito secundario de la bobina, ocurrirá flujo de corriente eléctrica y se producirá una chispa.

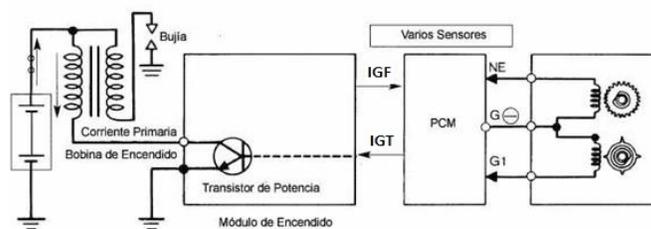


Fig. 2. Esquema eléctrico básico de encendido electrónico.

Línea de control de tiempo

El flujo de corriente eléctrica en el embobinado primario es controlado por la Unidad de Control Electrónico ECU, mediante la Línea de Control de Tiempo (IGT). La IGT es una señal de voltaje que apaga y enciende al transistor principal dentro del módulo de encendido. Cuando el voltaje de la señal IGT cae a cero voltios, el transistor dentro del módulo de encendido se apaga. Cuando la corriente dentro del embobinado primario se apaga, se dice que el campo magnético “induce” rápidamente un alto voltaje en el embobinado secundario. Se tendrá una chispa en la bujía sólo si

el voltaje es lo suficientemente alto para superar la resistencia del circuito secundario.

Circuito de Control de Encendido

En algunos sistemas de encendido electrónico, el circuito que transporta la corriente del embobinado primario se denomina Circuito de Control de Encendido (CCE). El CCE es activado y desactivado por el módulo de encendido con base en las órdenes provenientes de la señal IGT.

Módulo de Encendido

Sin importar el fabricante, tipo o modelo de automóvil, la tarea primaria del Módulo de Encendido en todos ellos es activar y desactivar el flujo de corriente en el embobinado primario, con base en la señal de tiempo de encendido IGT proveniente de la Unidad de Control Electrónico (ECU).

Dependiendo del fabricante, el Módulo de Encendido puede ser externo a la ECU o puede formar parte de ella. En ambos casos, dentro del Módulo de Encendido o en la ECU se desempeñan las siguientes funciones:

- a) Generación de Señal de Confirmación de Encendido (IGF).
- b) Control del Angulo de Contacto.
- c) Circuito de Prevención de Arresto.
- d) Circuito de Prevención de Sobrecargas de Voltaje.
- e) Circuito de Límite de Corriente.
- f) Señal del Tacómetro.

Sensores de los sistemas de encendido

Los sensores en los sistemas de encendido electrónico sirven para informarle a la computadora o a los módulos de encendido electrónico los ángulos del cigüeñal (Crank Position Sensor, CKP) o los ángulos del eje de levas (Camshaft Position Sensor, CMP). Estos, de acuerdo con su principio de funcionamiento, generan señales digitales o análogas dependiendo del fabricante.

Los tipos de sensores CKP o CMP pueden ser de los tipos siguientes: generador magnético (bobina captadora), por efecto Hall (sensor Hall) y tipo óptico (sensor óptico).

La bobina como actuador principal del sistema de encendido

Desde los inicios de la fabricación de motores, lograr un encendido óptimo de la mezcla comprimida de aire-combustible ha sido uno de los mayores desafíos para los diseñadores.

En el caso de los motores de encendido por chispa, el encendido se produce de forma convencional por una chispa eléctrica de la bujía tras el ciclo de compresión. De esta forma, la tensión puede saltar entre los electrodos; en primer lugar, se debe acumular una carga en el sistema eléctrico de baja tensión de los vehículos, a continuación, almacenará y finalmente se descargará con la bujía en el momento del encendido. Esta es la función de la bobina de encendido como parte integral del sistema; de no ser así, las fallas en el motor serían perceptibles por el propietario del automóvil, ya que en consecuencia, aumenta el consumo de combustible, se genera una pérdida de fuerza del motor y aumentan drásticamente las emisiones de gases.

Exigencias de las bobinas de encendido actuales

Las bobinas que se utilizan en los sistemas de encendido de los automóviles actuales generan tensiones de hasta 45,000 voltios. Por tanto, es crucial evitar fallos de encendido y, como consecuencia, una combustión incompleta. No se trata únicamente de evitar el daño del catalizador de los vehículos, sino que la combustión incompleta también aumenta las emisiones y, a su vez, la contaminación medioambiental.

Las bobinas de encendido son componentes sometidos a tensiones eléctricas, mecánicas y químicas muy elevadas independientemente del sistema (distribución estática de alta tensión, distribución giratoria de alta tensión, bobina de chispa doble, bobina de chispa simple) de los motores de encendido por chispa. Deben funcionar sin errores en una amplia variedad de condiciones de montaje (en el cuerpo, el bloque motor o directamente en la bujía de encendido de la culata) durante una larga vida útil.

Requisitos electroquímicos, térmicos, mecánicos y eléctricos de las bobinas de encendido.

- Intervalo de temperatura de -40°C a +180 °C.
- Tensión secundaria de hasta 40,000 voltios.

- Corriente primaria de 6 a 20 Amperios.
- Energía de la chispa de 10 miliJoules a aproximadamente 100 miliJoules (en la actualidad) 200 miliJoules (a futuro)
- Resistencia a la gasolina, aceite y solución de frenos.

Cantidad de chispas necesarias para encender un motor

$$\text{Número de chispas } F = \frac{\text{rpm} \times \text{número de cilindros}}{2}$$

Ejemplo:

Motor de 4 cilindros y 4 carreras a una velocidad de 3,000 rpm

$$\text{Número de chispas} = \frac{3,000 \times 4}{2} = 6,000 \text{ chispas/min.}$$

En un recorrido de 30,000 km, a un régimen de motor promedio de 3,000 rpm y una velocidad media de 60 km/h, se calculan 45,000,000 chispas por cada bujía de encendido.

Tabla 1. Características de las bobinas de encendido.

Especificaciones y características de las bobinas de encendido		
I_1	Corriente primaria	6 a 20 A
T_1	Tiempo de carga	1,5 a 4,5 ms
U_2	Tensión secundaria	25 a 45 kV
T_{FU}	Duración de la chispa	1,3 a 2,0 ,s
W_{FU}	Energía de la chispa	10 a 60 mJ para motores «normales» y hasta 140 mJ para motores «DI»
I_{FU}	Corriente de la chispa	80 a 115 mA
R_1	Bobinado de resistencia primario	0,3 a 0,6 ohmios
R_2	Bobinado de resistencia secundario	5 a 20 kohmios
N_1	Número de vueltas de bobinado primario	100 a 250
N_2	Número de vueltas en el bobinado secundario	10,000 a 25,000

Unidad de gestión electrónica

La unidad de gestión electrónica comúnmente conocida como “computadora” es la encargada de suministrar el potencial necesario a los módulos de encendido

electrónicos en los momentos según las señales de los sensores CKP y CMP (revoluciones del cigüeñal y árbol de levas respectivamente).

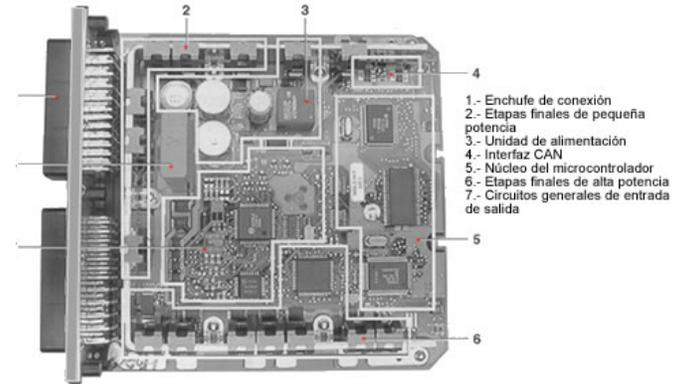


Fig. 3. Estructura interna de Unidad de Control Electrónica.

Diseño de equipo de diagnóstico

El equipo diseñado realiza las mismas operaciones de un sistema de encendido de un automóvil. Este alimenta a las bobinas y módulos de encendido con voltaje de 12V; de igual forma realiza simulación de aceleración y temperaturas similares a las del automóvil. Se le aplica calor únicamente a una pequeña sección de la bobina para verificar su comportamiento en esas etapas de funcionamiento. Cuando las alimentaciones y señales llegan a la ECU, la computadora activa y desactiva al módulo de encendido y de esa forma se prueban los módulos y las bobinas. Con respecto a la diversidad de terminales eléctricos de los módulos, se diseñó un arnés estándar para que se puedan instalar la diversidad de conectores de módulos y bobinas según los arneses de los módulos a probar.

Adecuación de componentes eléctricos, mecánicos y electrónicos

En esta etapa se diseñó un maletín especial de aluminio, con características de portabilidad, en el cual se acomodaron todos los componentes del equipo para el diagnóstico de dispositivos electrónicos. Esta característica, a diferencia de los probadores existentes en el mercado resulta ser una innovación tecnológica del proyecto.

Factores claves a considerar para las simulaciones del equipo.

Este equipo tiene la ventaja de simular diferentes condiciones de trabajo del motor tales como:

- 1) Condición de marcha mínima, 850 RPM.
- 2) Condición de aceleración hasta 3,000 RPM.
- 3) Temperatura de exposición en el compartimiento del motor de las bobinas de encendido tipo DIS directo.

Bajo estas condiciones se complementan factores de funcionamiento tales como: voltaje de trabajo de los componentes del sistema de encendido, amperaje consumido según las exigencias de trabajo y capacidad del alto voltaje generado por las bobinas de encendido, factores importantes para determinar el óptimo funcionamiento y eficiencia del sistema de encendido.

Este equipo de diagnóstico de dispositivos electrónicos usados en el sistema de encendido de motores de combustión interna, tiene la versatilidad de probar diferentes componentes y de diversos fabricantes.



Fig. 4. Equipo de diagnóstico finalizado.

Conclusiones

La Escuela de Ingeniería Automotriz de ITCA-FEPADE ha desarrollado una herramienta tecnológica que genera mayor confianza para el diagnóstico de los componentes de los sistemas de encendido convencional y electrónico.

El desarrollo de este equipo novedoso permite a los estudiantes de la carrera Técnico en Ingeniería Automotriz utilizar equipos tecnológicos que cambian la manera tradicional de realizar los trabajos de diagnóstico.

Este proyecto permitió desarrollar un equipo innovador en asocio colaborativo con una empresa privada de la industria automotriz. El equipo de diagnóstico podrá ser utilizado en el área académica, en talleres de servicio y salas de venta del sector para probar diferentes componentes de sistemas de encendido convencional y electrónico.

A medida que la electrónica se va implementando en el control del automóvil, se mejora la capacidad de operación de los diferentes sistemas, el rendimiento y eficiencia de cada uno de los componentes del

sistema de encendido. El tipo de control más utilizado es el control electrónico, microprocesadores y micro controladores, por lo que se recomienda desarrollar equipos digitales y de control por traspaso de datos (códigos binarios CAN Bus) entre otros; esta es la tendencia hacia el futuro.

Con el empleo de este equipo novedoso y de fácil utilización, se resuelve el problema de invertir mayor cantidad de tiempo en diagnósticos. La utilización de estos equipos requiere mantener actualizados los conocimientos y habilidades de las personas que trabajan en el área automotriz, particularmente en sistemas de encendido electrónico del motor de combustión interna.

El equipo diseñado para el diagnóstico de componentes de encendido electrónico, muestra una gran aceptación por parte de la población estudiantil en los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Considerando los avances tecnológicos de esta industria, la Escuela de Ingeniería Automotriz tiene el compromiso de seguir innovando y desarrollando equipos automotrices para fortalecer competencias en el área académica.

Recomendaciones

- Previo al uso del equipo de diagnóstico, se debe capacitar a los técnicos automotrices en la adecuada utilización del equipo en el área de trabajo, tales como talleres de servicio, laboratorios y salas de venta.
- Se debe utilizar información técnica de acuerdo al fabricante al momento de verificar la conexión eléctrica de la bobina o componentes de encendido a diagnosticar.
- Para realizar la prueba de los componentes de sistemas de encendido, habrá que respetar las normas de higiene y seguridad ocupacional del área automotriz.
- Se deberá tener precaución al momento de utilizar el circuito calentador de bobinas de encendido tipo DIS directo, ya que trabaja a 110 voltios de corriente alterna.
- El maletín deberá ser manipulado cuidadosamente considerando el diseño de éste y los elementos que contiene. Podría ser mejorado considerando las exigencias de trabajo a las cuales se somete el equipo de prueba.

Referencias

- [1] B. Watson, Manual de encendido electrónico: instalación, afinación y modificación. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1996.
- [2] Albert Martí Perera. Electrónica básica en automoción. Barcelona: Marcombo, 1992.