

INVESTIGATION OF THE DIAGNOSIS BY IMAGE OF THE INVERTER GROUP - PROPELLER OF HYBRID VEHICLES.

INVESTIGACIÓN DEL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL GRUPO INVERSOR – PROPULSOR DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS.

Daniel Vélez Salazar¹ Leonel Caiza Caiza² Jonathan Vélez Salazar³

¹Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Latacunga, Ecuador
E-mail: bdvelez@espe.edu.ec

² Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Latacunga, Ecuador
E-mail: olcaiza@espe.edu.ec

³ Docente Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Latacunga, Ecuador
E-mail: jsvelez1@espe.edu.ec

RESUMEN

El motivo de la presente investigación se desarrolla debido al incremento de vehículos híbridos en la innovación del campo automotriz, la cual influirá en la implementación de un nuevo método de testeo para usarlo en el grupo inversor propulsor donde la aplicación de la electrónica automotriz para las nuevas tecnologías de diagnóstico enfoca su investigación sobre las figuras de Lissajous, logrando a través de este método una optimización en la solución de problemas en los sistemas del vehículo. Por lo que de acuerdo con esta problemática se estableció un proceso de diagnóstico de los elementos de control electrónico en el conjunto inversor -propulsor que permita al profesional de la industria automotriz verificar el estado de dichos elementos en base a la generación e interpretación de curvas características.

Palabras clave — Inversor; Propulsor; Lissajous; Imágenes; Diagnóstico

ABSTRACT

The reason for the present investigation is developed due to the increase of hybrid vehicles in the innovation of the automotive field, which will influence the implementation of a new testing method to be used in the propellant inverter group where the application of automotive electronics for new Diagnostic technologies focuses its research on Lissajous figures, achieving through this method an optimization in the solution of problems in vehicle systems. Therefore, according to this problem, a diagnostic process was established for the electronic control elements in the inverter-propeller assembly that allows the automotive industry professional to verify the status of said elements based on the generation and interpretation of characteristic curves.

Index terms— Inverter; Propeller; Lissajous; Images; Diagnostic.

1. INTRODUCCIÓN.

Uno de los objetivos más ambiciosos del actual régimen fue la transformación de la matriz energética de Ecuador, que busca disminuir el consumo de productos derivados de petróleo, tener un sistema eléctrico más limpio, eficiente, confiable, y a apuntalar el cambio de la matriz productiva del país [1].

Debido a la necesidad de reducción de emisiones contaminantes por parte de los vehículos y a los elevados costos que los combustibles convencionales han logrado alcanzar tecnologías alternativas, que permitan mejorar las condiciones de propulsión del vehículo reduciendo los contaminantes [2].

La base importante de un vehículo híbrido está dada por un motor de combustión interna que trabaja de forma alternada con un motor eléctrico, este motor puede ser también generador en algunas condiciones y todo el sistema utiliza una batería de alto voltaje para almacenar carga eléctrica. Esta tecnología es bastante avanzada y permite utilizar por ejemplo la cinética del frenado para convertir al motor en generador y restablecer la carga de la batería de alta tensión. Lógicamente todo este evento se logra por la electrónica incorporada en cada unidad de control de sistema [3].

2. ESTADO DEL ARTE.

2.1. Sistema inversor de un vehículo híbrido

Este componente es parte fundamental del vehículo híbrido, incorpora una gran cantidad de elementos electrónicos y eléctricos, pero toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema híbrido ECUHV, esta última se encarga de controlar al inversor y generar

cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos los DTC. El inversor se encarga de transformar y administrar el flujo de electricidad entre la batería y el motor eléctrico. Además, posee un 15 convertidor integrado que envía parte de la electricidad del sistema a la batería auxiliar de 12V [3].

2.2. Sistema propulsor de un vehículo híbrido

Toyota denomina a la transmisión utilizada en el Prius como "Power Split Device". Esta transmisión no tiene una caja de cambios convencional con distintos engranajes, ni una caja automática de variador continuo con correa. Este vehículo dispone de un "engranaje planetario" para transmitir el movimiento a las ruedas. No tener una caja de cambio normal aporta ventajas notables y especialmente necesarias en un coche como éste: menos peso, más espacio y menos pérdidas por rozamiento [4].

2.3. Moto-generadores

Los moto-generadores son motores eléctricos trifásicos de imán permanente que trabajan con un voltaje nominal de 650 V y sus ventajas dentro del vehículo híbrido son su compacidad, su fácil refrigeración, su bajo mantenimiento, su baja sonoridad tal como lo indican los catálogos Toyota; también tienen desventajas como su posibilidad de desmagnetización, riesgo de averías en el inversor, su limitada entrega de par a alta velocidad y por supuesto su alto costo en caso de avería y requiera ser reemplazado, estos motores son parte fundamental para que el sistema híbrido del Toyota Prius funcione [5].

3. GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE CURVAS FUNDAMENTALES.

3.1. Figuras de Lissajous

Los osciloscopios analógicos permiten representar no sólo la evolución temporal de una señal sino también la evolución de una señal respecto a otra.

Para ello se aplica a un canal vertical la señal que se va a representar y a otro canal, designado como x (a veces un segundo canal vertical), se le aplica la señal de referencia. A la vez, esta señal de referencia se envía al sistema de desviación horizontal, en vez de enviar a éste la señal del generador de barrido. Si las dos señales son armónicas, se obtienen las denominadas figuras de Lissajous [6].

Si las dos ondas sinusoidales son de la misma frecuencia y fase, la figura de Lissajous será una línea diagonal. Si las ondas sinusoidales son de la misma frecuencia, pero están 90° fuera de fase, la figura será una elipse (si las amplitudes son iguales también, en lugar de la elipse se tendrá un círculo) [7].

La figura 1 muestra cómo se producen las figuras de Lissajous a partir de la entrada de dos ondas sinusoidales.

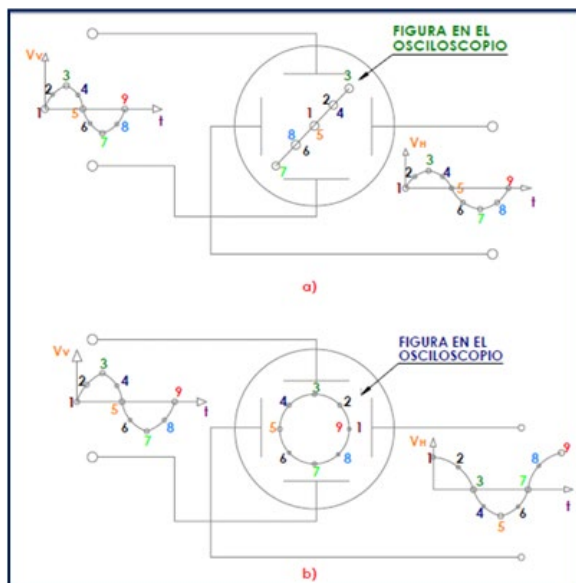


Figura 1: Generación de figuras de Lissajous.
Fuente: Stanley & Richard, 1992

Interpretación de la gráfica: a) ondas sinusoidales de igual frecuencia y fase aplicadas a las placas verticales y horizontales; b) ondas sinusoidales de igual frecuencia y amplitud, pero con una diferencia de fase de 90° aplicada a las placas verticales y horizontales.

3.2. Circuito Abierto.

El circuito abierto o también llamado resistencia infinita se muestra por medio de una traza horizontal que denota que la corriente tiene un valor de cero, se puede definir de igual manera cuando existe un componente o circuitería en estado defectuoso como se puede apreciar mediante la figura 2.

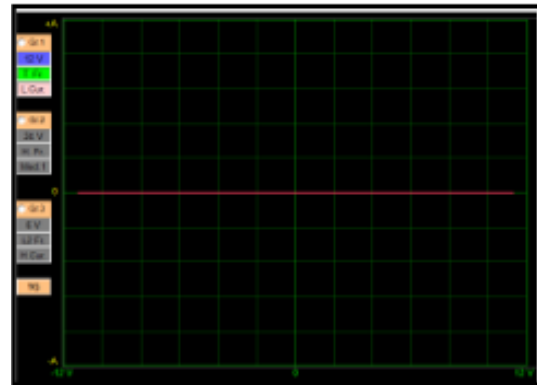


Figura 2: Figura de Lissajous circuito abierto.

3.3. Circuito en Corto.

La figura 3 muestra un circuito en corto o más conocido como cortocircuito debido a que la tensión de corriente es infinita, denotado con una línea vertical sobre el eje (Y) de corriente que en caso extremo y conciso puede representar continuidad con algunas uniones internas o externas de un circuito o componente.

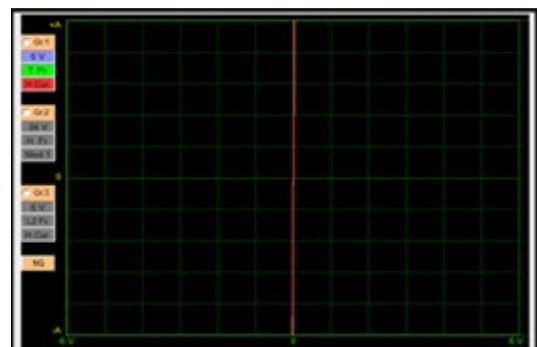


Figura 3: Figura de Lissajous circuito en corto.

3.4. Resistencia.

La imagen de una resistencia es denotada por una recta en un intervalo de inclinación relativa al valor de la resistencia debido a que la corriente de frecuencia es proporcional a la tensión aplicada y la

pendiente tiende a variar.

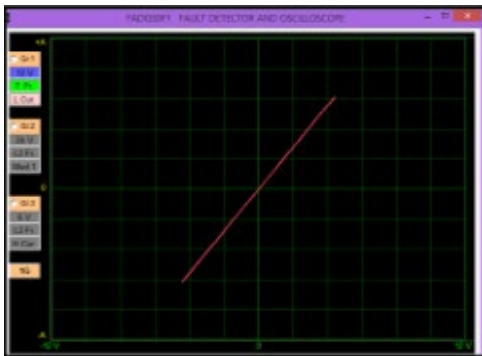


Figura 4: Curvas o firmas básicas de una resistencia.

3.5. Capacitor.

La imagen de un capacitor es identificada por una elipse, los condensadores con valores mínimos tienen un trazado elíptico aplanado y horizontal por otro lado los condensadores con valores elevados en capacitancia tienden a generar un trazo elíptico aplanado, pero en dirección vertical.

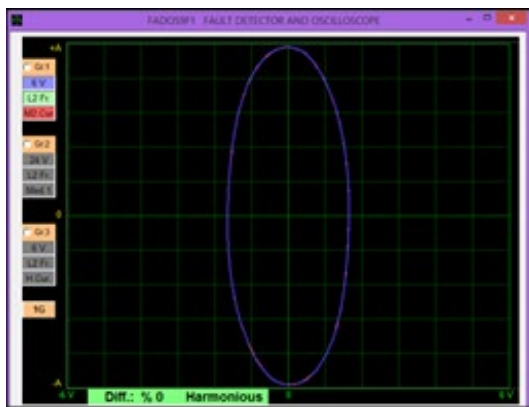


Figura 5: Curvas o firmas básicas de un capacitor.

3.6. Capacitor.

La firma básica de una bobina posee una curva similar a la elipse de un capacitor con respecto a los ejes de voltaje y corriente se puede observar una inclinación en el plano que puede ir variando, dependiendo la inductancia de la bobina que está expuesta bajo test.

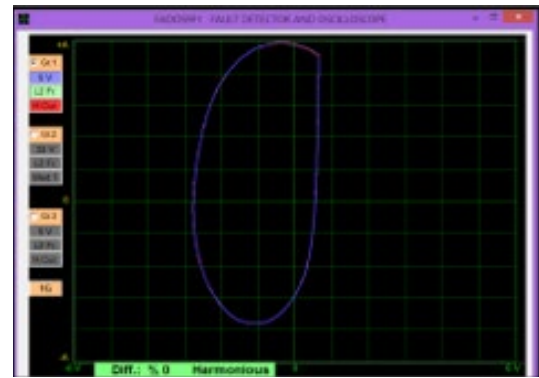


Figura 6: Curvas o firmas básicas de una bobina.

3.7. Diodo.

La imagen generada por un semiconductor o diodo se denota por dos o más líneas rectas con respecto al plano dependiendo del valor del componente y la frecuencia a la que se encuentra si son de germanio o silicio se debe tomar en cuenta la caída de tensión, normalmente al someter al diodo bajo test de forma individual crea una figura que es semejante a un ángulo recto considerando si la polarización es inversa.



Figura 7: Curvas o firmas básicas de un Diodo.

3.8. Diodo Zener.

La figura que genera un diodo Zener es característica por conducir un diagrama en ambas direcciones, se puede denotar que tiene una similitud en el primer tramo de la imagen a la de un diodo normal, pero en el otro tramo es inverso por razón que la caída de tensión se fija por la zona de ruptura o zona Zener que este comprende al ser sometido al diagnóstico bajo test.



Figura 8: Curvas o firmas básicas de un Diodo Zener.

3.9. Transistores.

La firma de un transistor es producida por una imagen que es similar a la del diodo cuando se realiza una medición entre base - colector y base - emisor, si se realiza una prueba rápida entre colector y emisor la imagen sería de circuito abierto, la caída de tensión varía entre si el transistor es de tipo NPN o PNP donde la gráfica se denotara con respecto al cuadrante superior o inferior de los ejes voltaje - corriente.

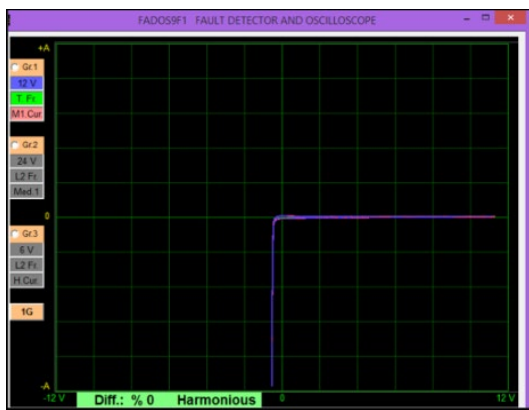


Figura 9: Curva obtenida entre el colector y emisor del transistor NPN.

4. ANÁLISIS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN EN COMPONENTES DE UN INVERSOR.

Para el funcionamiento de un vehículo híbrido es necesario un elemento fundamental que se encargue de las funciones vitales de este, el inversor de un híbrido viene a ser su corazón y el encargado de cuatro funciones controladas

siempre por una unidad de control electrónica las cuales se detallan a continuación. Elevar la tensión de la batería híbrida llevándola de los 200V a aproximadamente 500V, dicha elevación de tensión es realizada por un circuito llamado BOOSTER, Usando la tensión del BOOSTER, es decir con los 500V lograr generar una corriente que dé el movimiento de los motogeneradores de manera independiente, dicho movimiento será controlado por una unidad de control electrónico HV. Lograr controlar la situación de operación de los motogeneradores, para aprovecharlos como motores para el impulso, o como generadores para la carga. Cargar la batería de accesorios de 12V, reduciendo la tensión de la batería HV de 200V a una tensión apta para cargar la batería de 12V, esto a través de un conversor DC/DC, incorporado en el mismo conjunto inversor.

4.1. Descripción de FADOS9F1

FADOS9F1 conocido por ser un dispositivo que tiene la finalidad de test característico para diagnóstico de elementos electrónicos y placas de circuitería identificando pruebas de voltaje y análisis de corriente. Posee dos características fundamentales de funcionamiento, la primera es generar alimentación DC programable, ya que su voltaje de salida es variable entre 16 - 20 voltios a 1500mA máximos se forma claramente el gráfico DC voltaje - corriente de las placas eléctricas y sus componentes analizándolos bajo test producto de la generación de imágenes Lissajous y niveles de frecuencia. La segunda caracterización es funcionar como sonda de medición de temperaturas a distancia por una punta de prueba de infrarrojos IR, que a su vez es un sensor que detecta el estado de temperatura de componentes que se encuentran en funcionamiento continuo y que es posible que estén sobrecalentados por falta de disipación de calor.

4.2. Pruebas en componentes electrónicos bajo test FADOS9F1.

Los componentes bajo test que se pueden analizar de forma general son resistencias, capacitores, bobinas, diodos de uso general o Zener, transistores de tipo NPN, PNP, JFET, MOSFET, circuitos integrados, compuertas lógicas y micro controladores con circuitería externa. El FADOS9F1 posee un software y hardware exclusivos para pruebas bajo test en el cual se denotan el buen o mal funcionamiento de circuitería y elementos eléctricos que estén enmascarados por placas o capsulas de sellado, para referirnos al diagnóstico por imágenes es importante conocer las firmas básicas que generan los componentes principales o circuitos equivalentes que el programa identifica mediante el software.

4.3. Elevador de tensión (BOOSTER).

El elevador de tensión es el encargado de elevar los 200V que entrega la batería HV a unos 500V que ser entregados a los inversores de cada motogenerador. Para realizar dicha función el Booster cuenta con dos elementos principales incorporados, un reactor y un módulo denominado IPM el cual está compuesto por transistores IGBT, los mismos que se encargan de dos funciones específicamente. La primera es con el reactor crear una fuente que eleve la tensión la cual será enviada hacia el inversor que controla los motogeneradores, y la segunda es permitir que la tensión generada por los MGs llegue hacia la batería HV. El BOOSTER cuenta además con un circuito RC que significa resistencia-condensador el cual está encargado de estabilizar el sistema y además mantenerse descargado cuando el sistema sea desconectado de la fuente de energía.

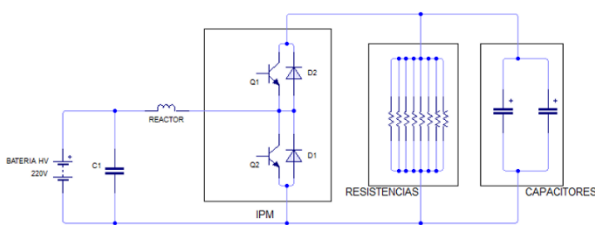


Figura 10: Circuito Booster.

Los condensadores en este circuito son 3, se encargan de almacenar los picos de voltaje para

luego entregarlo en valores altos de aproximadamente 500V, paralelamente a los capacitores se encuentra una resistencia conformada internamente por varios resistores para poder disipar de una mejor manera la potencia, A través de diagnóstico por imágenes se consiguió formar un circuito equivalente que representa al BOOSTER para así lograr determinar su funcionamiento en las diferentes situaciones y poder testear cada uno de sus componentes para llegar a una conclusión de buen o mal funcionamiento.

En la primera función del BOOSTER es decir la de llevar el voltaje elevado hacia el control de los motogeneradores, se activa el transistor Q2 cargando el reactor con la tensión de la batería híbrida, luego el transistor Q2 es desactivado generando una autoinducción del reactor generando un voltaje elevado a la salida del mismo, cabe recalcar que solamente uno de los dos transistores puede ser activado, en este caso Q1 esta desactivado, dejando pasar la corriente solamente el diodo D2 ya que el diodo D1 no logra ser polarizado.

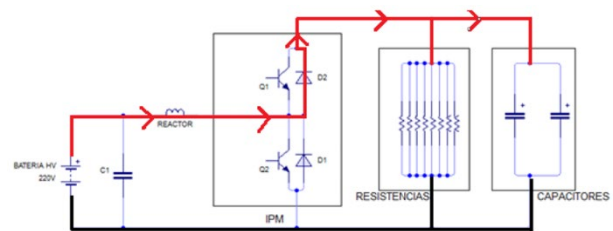


Figura 11: Circuito Booster enviando voltaje al inversor.

En la segunda función del BOOSTER es decir cuando trae el voltaje generado del motogenerador hacia la batería híbrida, se activa el transistor Q1, en este caso el que no se encuentra polarizado es el D2 por lo que no da paso a la tensión, pero al estar accionado Q1 la tensión pasa por este, para el cual el transistor Q2 esta desactivado, el voltaje pasa por el reactor que debido a su baja resistencia no genera gran caída de tensión y finalmente la tensión llega a la batería HV.

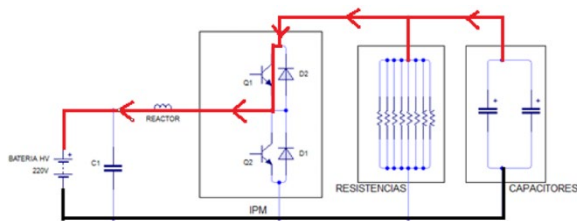


Figura 12: Circuito Booster recibiendo voltaje del inversor.

A continuación, se detalla los elementos que componen el BOOSTER y sus figuras de Lissajous:

4.3.1. Reactor.

El reactor viene a ser una bobina que se encuentra conectada en serie con la batería de alta tensión, sus conexiones son con chapas y tornillos fuertes debido a que aquí no debe existir ninguna caída de tensión que afecte al circuito.



Figura 13: Reactor Toyota Prius.

En la Figura 14 se puede observar la imagen obtenida del reactor se tiene una resistencia con un valor no fijo, esto se debe al fuerte aislamiento al que se encuentra sometido.

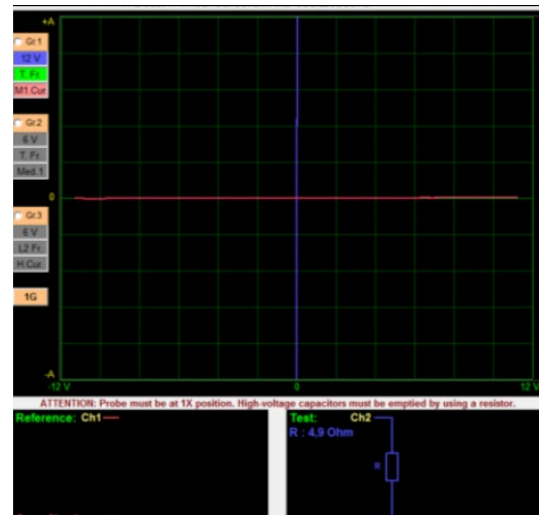


Figura 14: Imagen obtenida del reactor.

Las figuras de Lissajous del reactor son las más complicadas de obtener, debido a que este se encuentra bajo un riguroso aislamiento para evitar fugas de tensión.

4.3.2. Condensador (paralelo a la batería HV).

Este capacitor ayuda al filmado y estabilización del voltaje en el instante en que el MG funciona como generador, estos pueden estar constituidos por un solo cuerpo con capacitores conectados internamente o por capacitores individuales depende del inversor.



Figura 15: Capacitor Paralelo a la Batería HV - Toyota Prius.

En la Figura 16 se puede observar que se tiene un capacitor de 0,5 uF.

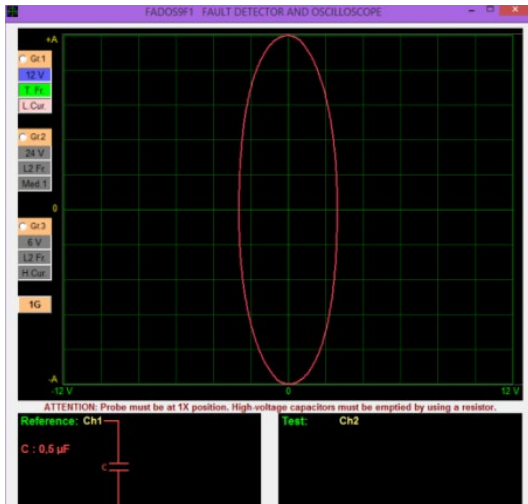


Figura 16: Imagen obtenida del capacitor.

Con las figuras de Lissajous obtenidas con los condensadores se concluye que se encuentran en perfecto estado debido a que la capacitancia medida es similar a la descrita por el fabricante.

4.3.3. Resistencia.

La resistencia en el circuito BOOSTER sirve para descargar el capacitor en caso de desenergizar el sistema.



Figura 17: Resistencia Toyota Prius.

Mediante la figura 18 se puede observar que se obtuvo una resistencia de 140 Kohm.

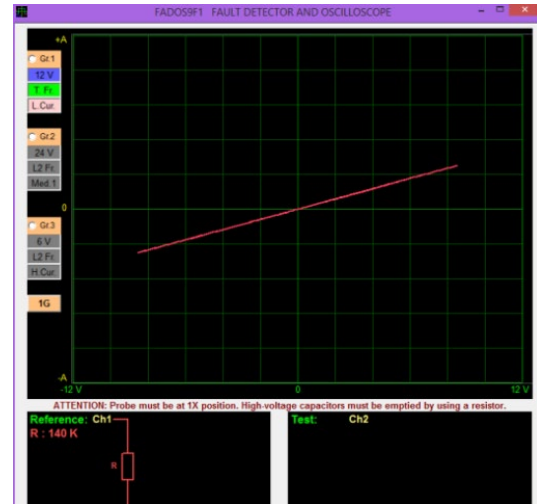


Figura 18: Imagen obtenida de la resistencia.

Según las imágenes y las especificaciones de las resistencias se concluye que están en perfecto estado.

4.3.4. Capacitor (A la salida del BOOSTER).

Es el encargado de mantener la tensión de 500V con su carga al recibir los picos de tensión generados por el reactor, además de filtrar la tensión que se envía hacia el control de los motogeneradores

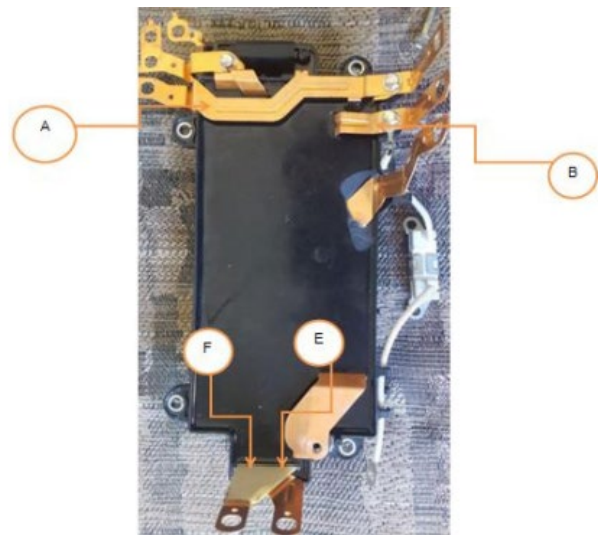


Figura 19: Capacitores a la salida del Booster - Toyota Prius.

La figura 20 nos muestra el valor que se obtiene entre A y F en donde se traza la curva de un capacitor cuyo valor es de 156 uF.

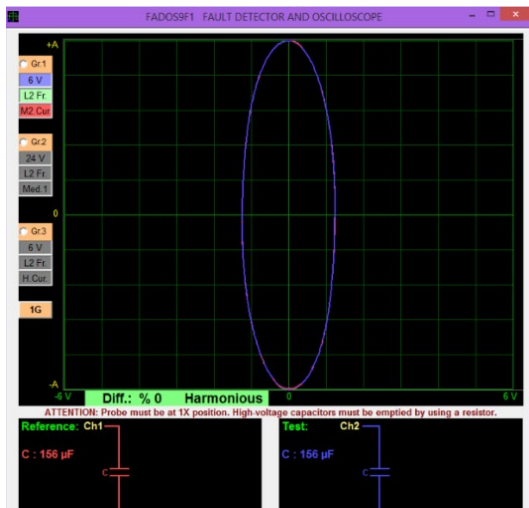


Figura 20: Imagen obtenida del capacitor entre los pines A y F.

La figura 21 nos muestra el valor que se obtiene entre A y E en donde se traza la curva de un capacitor cuyo valor es de 115 uF.

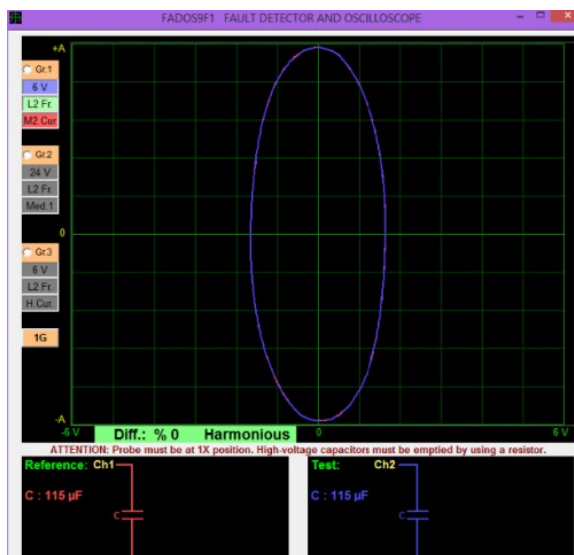


Figura 21: Imagen obtenida del capacitor entre los pines A y E.

La figura 22 nos muestra el valor que se obtiene entre E y F en donde se traza la curva de un capacitor cuyo valor es de 440 uF.

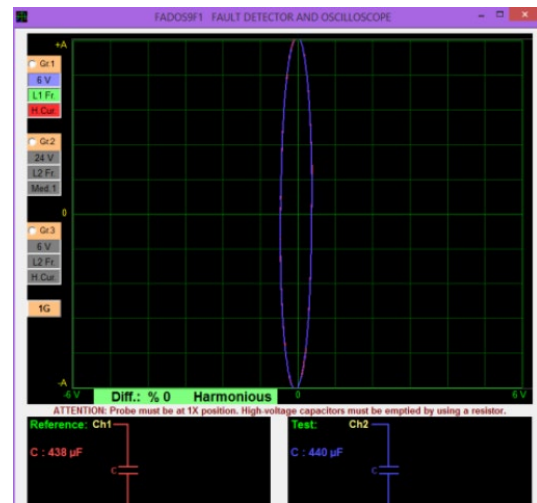


Figura 22: Imagen obtenida del capacitor entre los pines E y F.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

El diagnóstico por imágenes tiene como finalidad la realización de pruebas bajo test para determinar el estado de los componentes eléctricos mediante firmas básicas como resistencias, capacitores, diodos, bobinas, circuito abierto y cerrado mediante la combinación de las curvas voltaje - corriente analizando su óptimo o defectuoso funcionamiento.

Debido a que el FADOS9F1 transmite tensión y frecuencia, el diagnóstico por imágenes se convierte en uno de los métodos de testeo más seguros para el usuario y los componentes electrónicos ya que estos serán medidos sin estar energizados.

Mediante el diagnóstico por imágenes se consigue formar los circuitos equivalentes de los diferentes subsistemas integrados en el conjunto inversor para así lograr determinar su funcionamiento en las diferentes situaciones y poder testear cada uno de sus componentes, se comprobó el funcionamiento del circuito de alta y de baja tensión mediante el análisis de circuitos realizados en LiveWire

La obtención de las figuras de Lissajous del reactor

del inversor del Toyota Prius son las más complicadas de ser analizadas, debido a que este se encuentra bajo un riguroso aislamiento para evitar fugas de tensión. Para ello es necesario realizar un pequeño desprendimiento del aislante para obtener la imagen a una frecuencia pequeña de señal por parte del FADOS9F1.

Al analizar el funcionamiento de los componentes internos por medio del diagnóstico por imágenes, se puede economizar el mantenimiento correctivo de los inversores al reemplazar un componente en específico.

5.2. Recomendaciones.

Para un seguro desarmado del conjunto inversor de cualquier vehículo híbrido se debe asegurar que los capacitores se encuentren totalmente descargados.

Para el mejor uso del software FADOS9F1 el ordenador o PC debe incluir el Windows 8 como sistema operativo.

Para empezar a realizar mediciones con el trazador es necesario desactivar la energía de los componentes a los que se les vaya a realizar el diagnóstico.

Dani. (2014). Aficionados a la mecánica. Obtenido d <http://www.aficionadosalamecanica.net/hibridos-prius.htm>

Gordillo, H. S. (2014). Análisis de fallas frecuentes de un vehículo híbrido con el estudio de correcciones y realización de una guía para prácticas sobre un toyota prius. Latacunga.

Pallas, R. (2006). Instrumentos electrónicos básicos. España: Marcombo S.A.

Stanley, W., & Richard, S. (1992). Guía para Mediciones Electrónicas y Practicas de Laboratorio. México D.F.: Pearson Educación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abril, L. (15 de Enero de 2016). El Cambio de la matriz energética y la rehabilitación de la red vial marcan un antes y un después en el Ecuador 2007. Quito, Pichincha, Ecuador.

Augeri, F. (2010). Batería de Alta Tensión en el Toyota Prius Híbrido. Buenos Aires.

Calle. (2012). Evaluación técnica del desempeño y prestaciones del vehículo TOYOTA PRIUS III generación en la ciudad de Cuenca. 53.