

Estudio del mantenimiento en vehículos híbridos, y análisis de diferentes señales para el correcto funcionamiento del sistema híbrido

Por Fernando Augeri - faugeri@cise.com – Fecha de publicación 25-09-2009

Resumen—En el siguiente trabajo se presentan los diversos procedimientos a seguir para poder establecer una línea de diagnóstico claro y preciso ante situaciones de fallas que se puedan presentar en los sistemas que conforman un vehículo híbrido como son Inversor, transmisión - conjunto motopropulsor - y batería híbrida.

En este trabajo se propone el estudio y solución de fallas que se presentan en el funcionamiento del auto híbrido, así como el análisis de los componentes que intervienen el momento de estos inconvenientes. Por la cantidad de unidades vendidas y con el transcurso de los años muchos problemas se han presentado en el diagnóstico y solución de fallas de estos autos especialmente en la batería híbrida.

I. NOMENCLATURA

DC: Corriente Directa.
MG: Moto generador
VH: Vehículos Híbridos.

II. INTRODUCCIÓN

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 en los últimos tiempos se han comenzado a implementar desde hace varios años en los diferentes países tecnología alternativas, que permitan mejorar las condiciones de propulsión del vehículo reduciendo los contaminantes [2].

En la actualidad el mercado de Vehículos Híbridos se ha ido incrementando notablemente. En algunos países de Sudamérica inclusive se discute sobre la importación libre de impuestos de este tipo de tecnología, para contribuir con el cuidado del medio ambiente. El Prius del fabricante Toyota fue el primer modelo en ser introducido al mercado (2001) y posteriormente más marcas fueron lanzando al mercado sus modelos como es el caso de Lexus, Ford, GM, etc.

Esta tecnología es muy avanzada y permite utilizar por ejemplo la cinética del frenado para convertir al motor eléctrico en generador y establecer la carga de la batería de alta tensión. Lógicamente todo este evento se logra por la electrónica incorporada en la unidad de control del sistema [1].

III. DESARROLLO DEL PROYECTO.

El primer paso consiste en describir las normas de trabajo y protección que debemos considerar sobre vehículos híbridos.

Antes de proceder con el trabajo sobre un VH debemos tomar en cuenta las diferentes normas de seguridad a seguir para evitar algún tipo de accidente o descarga eléctrica para ellos tomamos en cuenta los siguientes puntos:

- Ponga el SW de potencia a OFF, y remueva la llave del área de detección del interior del sistema de entrada y arranque
- Desconecte el terminal negativo de la batería auxiliar figura 1.



Figura. 1. Ubicación de la batería auxiliar.

- Utilizar guantes aislados figura 2.



Figura. 2. Tipos de Guantes Aislados.

- Remover el Jumper de Servicio. Figura 3.

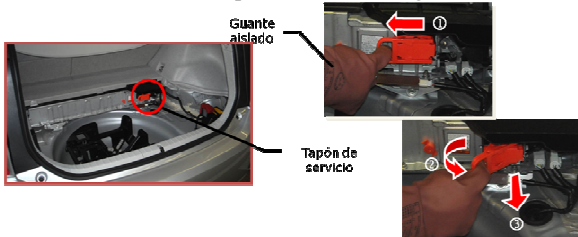


Figura. 3. Ubicación y extracción del Jumper de Servicio.

- Esperar por 10 minutos o más para que se descargue el capacitor de alto voltaje que está dentro del inversor figura 4.

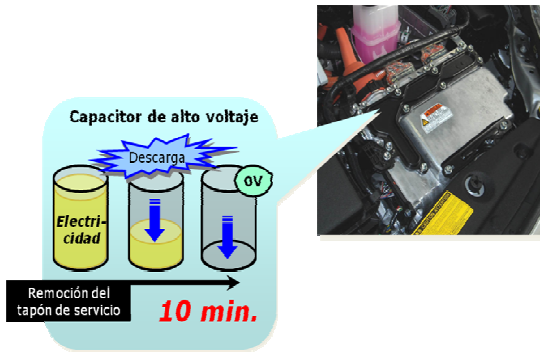


Figura 4. Ubicación del Capacitor de alto voltaje.

Si cumplimos con estas normas, podremos empezar a verificar cada uno de los sistemas que conforman el vehículo híbrido en tranquilidad y poder evitar algún contratiempo con alguna descarga directa.

IV. COMPUTADORA DEL SISTEMA HÍBRIDO.

La ECU del sistema híbrido se encarga de controlar todo el sistema híbrido como por ejemplo el control de la activación de los relays de alta tensión que se ubican en el módulo de la batería para el paso del alto voltaje hacia el inversor, la activación de

MG1 y MG2, además se comunica con diversos módulos por Red CAN como son el modulo inmovilizador, control de anti derrape, airbag, transmisión, módulo de batería híbrida, módulo de control de motor, módulo del control de frenado, etc. Figura 5.



Figura 5. Computadora del sistema Híbrido..

De igual forma recibe señales de sensores que son importantes para el funcionamiento como son el sensor de posición del acelerador y sensor de posición de la palanca selectora.

La ECU del sistema híbrido es la encargada del control y supervisión de todos los sistemas. Como se puede observar en el esquema, la precisión y velocidad con la cual esta debe actuar sobre ciertos elementos como es el caso de los relays de alta tensión la logra con la utilización de una técnica conocida como PWM o modulación de ancho de pulso, técnica en la cual el pulso varía con respecto a su frecuencia. Figura 6.

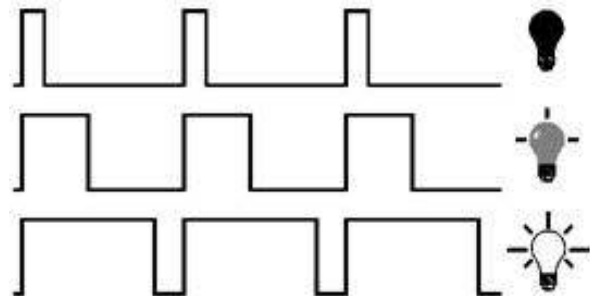


Fig.6. Técnica de PWM.

V. INVERSOR ESTUDIO DE COMPONENTES.

El inversor constituye el elemento principal para el funcionamiento del sistema híbrido, Cumple con las funciones de elevar la tensión eléctrica a 550 VDC a través del un módulo conocido como IPM y una bobina reactiva trabajada a alta frecuencia (10KHZ), para luego convertirle a trifásica alterna. Además posee un electrónica que permite realizar la carga de la batería auxiliar (12V) y la activación del compresor del aire acondicionado. Figura 7.

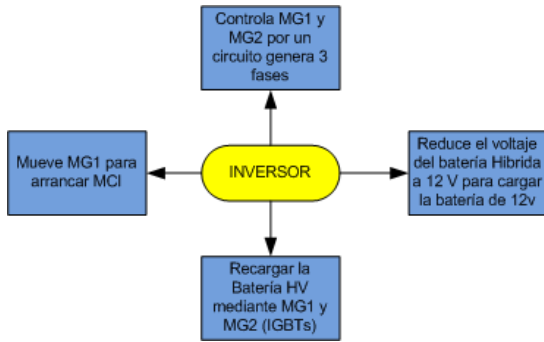


Fig. 7 Etapa de Identificación.

Si se presentase algún inconveniente en el inversor, el sistema híbrido inmediatamente coloca una señal de aviso notificando avería en el sistema híbrido y el automóvil puede dejar de funcionar. Para determinar el problema necesitamos la ayuda de un scanner que me muestre el flujo de datos del sistema híbrido, en donde se pueda revisar cada uno de los parámetros. Como por ejemplo los mas importantes vinculados a los moto generadores MG1y MG2 al igual que la supervisión de temperaturas y funcionamiento de los mismos.

Si los motogeneradores no trabajan lo primeros que se verifica es que si el fabricante colocó un boletín técnico de servicio o TSB, de tal forma nos indican la solución acertada y más rápida al problema.

VI. REVISIÓN DE SEÑALES EN EL INVERSOR.

Utilizando los pines de la ECU híbrida conectamos las puntas del osciloscopio tomando tres canales para las señales de MG1 y de MG2, el conector de la ECU es el H15 como se puede observar en la figura 8, donde tenemos que los pines 13,14,15.

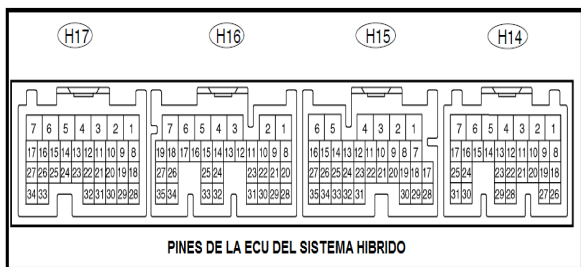


Figura 8. Pines de la computadora del sistema híbrido

Al hacer la medición observamos que inicialmente tendremos las tres ondas en fase, con la escala del osciloscopio en 100 usg/div. Que nos da 5 KHz, con esta alta frecuencia tenemos que cuando entra a trabajar MG1 se tiene un desfase entre las tres señales que permiten la

rotación del motor manteniendo una secuencia de activación a los IGBT del inversor en el siguiente orden: La frecuencia de trabajo de estas señales de control es denominada portador o carrier frequency (5 o 10 KHZ)

Los pulsos que van a los IGBT desde el IPM son para el IGBT superior, el de carga, se lo puede apreciar cuando gira el motor MCI que además de ayudar al movimiento mueve a MG1 para que cargue la batería.

Los pulsos para MG2 es apreciable en conducción y se presentan cuando el moto generador necesita voltaje alto para su funcionamiento, o sea los 500V, entonces se puede apreciar que MG2 no siempre necesita trabajar a 500 V, puede hacerlo al voltaje de la batería, por ejemplo cuando el auto esta embancado para pruebas se puede mirar esto, y cuando rueda a bajo régimen si vamos midiendo con el osciloscopio la señal para dicho IGBT que sale del IPM y es posible tomarla en la ECU híbrida.

Cuando se tiene una fuerte aceleración como requiero de mayor potencia, la ECU híbrida envía pulsos al IGBT interno del IPM para que este pueda excitar y quitar la excitación a la bobina reactiva para que se genere alto voltaje por la fuente switch cumpliendo así el requerimiento de potencia.

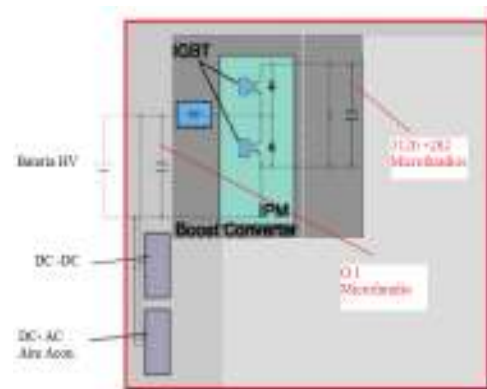


Figura 9. Activación del Módulo IPM.

Estos pulsos para cualquiera de los dos casos, son pulsos de muy alta frecuencia de alrededor de los 5 KHz, y lógicamente se presentan a destiempo pues cuando se requiere que se cargue la batería no tiene lógica que al mismo tiempo genere alto voltaje, o cuando se está en freno regenerativo tampoco requiere dicho voltaje, de la misma forma cuando se está en un alto régimen, no necesariamente se quiere que se cargue la batería, pues momentáneamente estará el movimiento siendo apoyado por MCI y por MG2 y adicional por MG1 en muy alto régimen pues es alimentado también en paralelo.

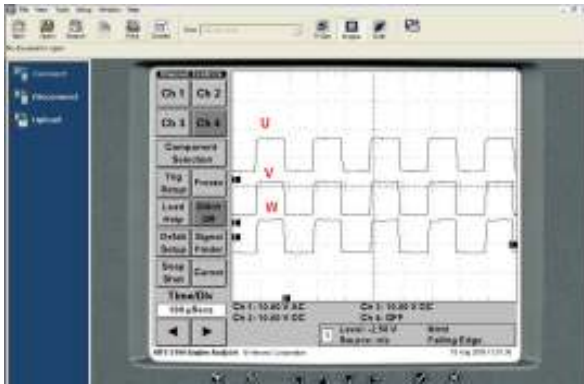


Figura 10. Señales en Fase.

Cuando empieza a trabajar MG1 se nota el desfase entre fase y fase.

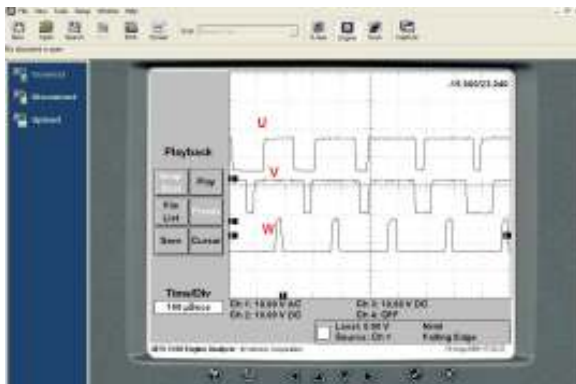


Figura 9. Señales en Desfase

Esta podría constituirse en una prueba eficiente y muy fácil para poder diagnosticar cuando no están trabajando los MG, si por ahí también no se observan dichas señales el problema también podría estar en la electrónica del módulo híbrido que es el encargado de colocar las señales de alta frecuencia para la activación de los IGBTs

VII. ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE LAS TEMPERATURAS.

El sistema híbrido es controlado por su ECU la cual recibe constante información de los cambios de temperatura de los diferentes elementos como son:

- Temperatura de MG1.
- Temperatura de MG2.
- Temperatura del Inversor.
- Temperatura de Booster.

Estos elementos tienen en su interior unos termistores del tipo NTC, los cuales están variando constantemente de manera inversa al aumento de la temperatura, generalmente son termistores del orden de los 5 K que se encuentran conectadas en serie con una resistencia de valor fijo de 2 K. que va dentro de la ECU. Esto le permite al sistema aplicar un divisor de tensión para ver los cambios de voltaje y determinar de esta manera los aumentos de temperatura y

mantener un rango estable adoptando ciertas estrategias en caso de percibir un aumento o disminución que salga del umbral predeterminado.

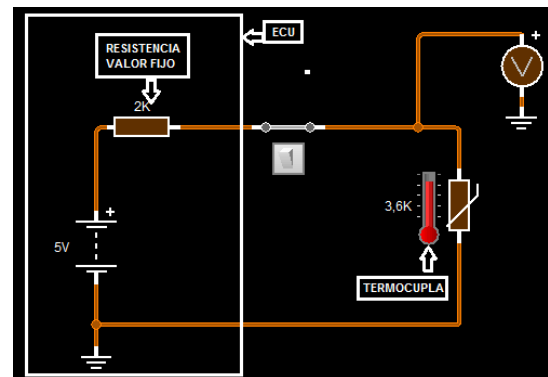


Fig.12 Circuito Simulado de la Termocupla

En la pantalla del escáner figura 13, se puede apreciar los valores de las diferentes temperaturas del convertidor, MG1, MG2, Inversor para MG1 e Inversor para MG2.

Las temperaturas de motor se toman directamente de los Moto generadores MG1 y MG2 que van dispuestos en el los pines 29 y 30 para MG2 y pines 18 y 28 para MG1 del conector H17 de la ECU Híbrida.



Figura 13. Obtención de temperaturas en el scanner

VII. TEMPERATURA EN LOS MOTO GENERADORES.

Los motogeneradores adquieren temperaturas altas en su funcionamiento normal la cual es monitoreada constantemente, estos a su vez son enfriados por el sistema de refrigeración por agua y refrigerante.

Para MG2 se realizan varias pruebas de aumento de temperatura para determinar el momento en que esta genera un código de falla debido a su incremento encontrándose los siguientes valores de voltaje medidos directamente en el pin de ingreso a la ECU (pin H17 – 19), el código de falla dependerá también del tipo de escáner que se utilice, pero el código estará referido a los rangos de incremento de dicho valor (Motor Electronics Coolant Temperature Sensor Circuit).

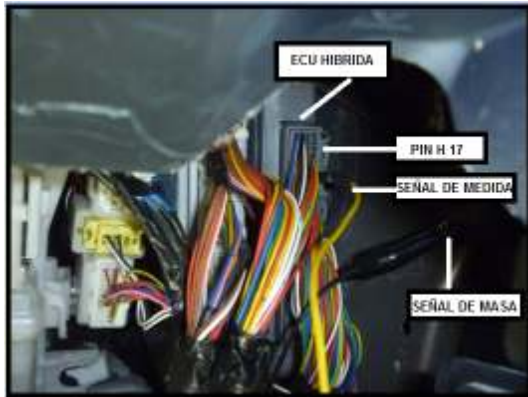


Figura 13. Conexión para verificación de temperatura

En el momento en que la temperatura llega a un valor de 90 grados el voltaje estará alrededor de 1,58 V. que recibe la ECU híbrida, en este momento el sistema determina que hay un incremento importante de temperatura generando el respectivo código de falla referido e este desfase.

IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Quando el sistema detecta valores de temperatura cercanos a los 100 grados centígrados, trata de enfriar el Inversor para lo cual activa la bomba y el electro ventilador recordemos que le inversor posee ductos de ventilación por líquido, al activar la bomba el líquido refrigerante comienza a circular produciendo un intercambio de calor en la parte baja del Inversor para bajar la temperatura del mismo y adicionalmente al accionar el electro ventilador ayuda al enfriamiento del líquido al pasar por el radiador.

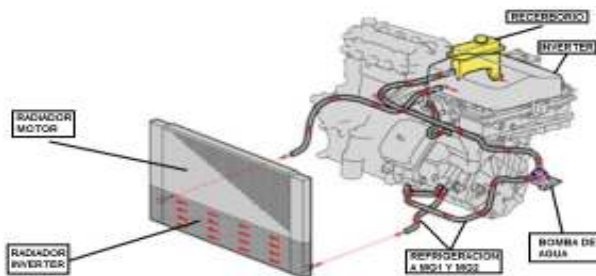


Figura 14. Esquema del sistema refrigerante.

Con motor en Ignición se puede tomar los siguientes valores de temperatura que tendrán refrigeración por sistema del Inverter figura 15.

INVERT TEMP-MG1.	40° C
INVERT TEMP-MG2.	38° C
MG1 TEMP.	40° C
MG2 TEMP.	34° C

Figura 15. Datos de temperatura con el motor a ignición.

En términos generales los valores de voltaje que entrega a la ECU con los incrementos de temperatura son similares pues manejan elementos del mismo tipo, la diferencia radica en que en el caso de MG1 considera como falla de temperatura cuando llega a valor de 160 grados con voltaje que baja a 0,38V, en este momento el sistema crea un código de falla referido igual al de MG2.

Una diferencia muy importante a tomarse en cuenta en el caso de aumento de temperatura en MG1 es que como el sistema tiene un sobrecalentamiento la ECU Híbrida determina no hacer trabajar a MG1 como generador y por lo tanto no carga la batería de alta tensión pudiendo llevar la misma a un umbral bajo de carga que no permitiría luego poner en funcionamiento (Ready) el sistema en general requiriéndose en este caso de un servicio técnico que conlleve a una carga externa de la batería de alta.

Es importante recalcar que si existe problemas en la instalación como falsos contactos, unión de cables, cables de señal a masa, son valores resistivos que se colocaran en paralelo a la termocupla generando bajas del valor de resistencia y por tanto bajara la caída de tensión recibiendo de esta forma la ECU información de bajo voltaje traducido como incremento de temperatura que para el caso de MG1 podría no cargar las baterías de alta aun que para este caso el sistema dará un código referido al circuito fuera de rango (Generador Temperature Sensor Circuit Range Performance) y adicionalmente indicara la falla en el tablero de instrumentos para indicación al conductor.



Fig. 16 Ejemplo de fallas en el sistema.

X. CONCLUSIONES.

La idea principal al realizar este proyecto es el de incentivar al estudio en energías renovables y aplicarlas a medios de transporte diarios como es el caso de vehículos y así contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Los resultados obtenidos son los esperados ya que permite tomar en cuenta todas estas recomendaciones generadas para poder llevar un ciclo de mantenimiento y reparación estructurada.

Los problemas que generan la variación de la temperatura son críticos. En la mayor cantidad de estos inconvenientes el auto no se puede conducir debiendo en primera instancia resolver el inconveniente para dar la solución acertada.

Se deja en claro que este trabajo se lo desarrolla en base a un Vehículo Híbrido Real. Este trabaja con motores trifásicos que generan potencias y voltajes de recarga de gran magnitud y que debemos considerar todos las normas de mantenimiento expuestas en este trabajo.

Se requiere contar con equipos o escáner original o semejante para el diagnóstico preciso y en caso que se requiera algún tipo de reprogramación.

XI. REFERENCIAS.

Reportes Técnicos:

[1] Fernando Augeri CISE Electrónica "Introducción a los Vehículos Híbridos 2008".

[2] FITSA "Tecnologías de Propulsión Híbridas 2007"

Libros:

[3] Chee Mun Ong, Dynamic Simulation of Electric Machine Using Matlab Simulink Indiana 1998 Pag 373.

[4] Mohan/Undeland/Robbins, Power Electronics Converts Applications and Design, John Wiley and Sons, 1989.

[5] Ruiz Juna, Técnicas de mantenimiento híbrido Hella motors 2009.

Papers:

Power Electronics and Motor Drivers Laboratory Hybrid and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Research at Illinois Institute of Technology.

R. Apter , M. Prätaler Regeneration of Power in Hybrid Vehicles

K. Sasaki, "Toyota's newly developed electric gasoline engine hybrid powertrain", EVS 14, 1998.

S Ayasun DC Motor Speed Control Methods Using MATLAB/ Simulink and Their Integration into Undergraduate Electric Machinery Courses