

HIBRIDOS I:

“Introducción al funcionamiento y diagnóstico de Vehículos Híbridos I”

Por Fernando Augeri

INDICE

Lección I.....	3
<i>Introducción al estudio de los vehículos híbridos</i>	3
Motor de Combustión Interna	5
Moto - Generadores	6
Sistema Inversor	8
Conjunto de la Batería de alta Tensión BATTERY HV.....	11
Sistema de Información de viaje (Display en Consola Central)	15
Resumen de funciones en elementos importantes de control.....	17
Control de la ECU de control HV.....	17
Control del ECM.....	18
Control del inversor del A/C	20
Control principal de MG1 y MG2.....	20
Control de la ECU de la batería.....	21
Durante el control de colisión.....	22
Control de la iluminación del indicador de advertencia y del indicador	23
Diagnósticos	23
Convertidor DC/DC.....	23
Unidad de engranaje planetario	24
Unidades de control Relacionadas-(ECUS)	24
ECM (Unidad de Control del Motor).....	25
BATTERY ECU (Unidad de control de la Batería de alta Tensión).....	25
HV ECU (Unidad de control del sistema Híbrido).....	26
SKID CONTROL ECU (Unidad de control del derrape).....	26
BRAKE ECU (Unidad de control del Frenado).....	27
Lección II.....	28
EXPLICACION DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIBRIDO	28
Modos de Operación.....	30
1-Vehículo detenido.....	30
2-Empezando a mover el vehículo	31
3. Conducción Normal.....	32
4. Condición de aceleración Fuerte y Velocidad Crucero	33
5. Deceleración y Frenado.....	33
6. Reversa	34
Monitoreo de Parámetros.....	35
ANALISIS DE LAS DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO	35
Motor parado y ignición colocada	35
Motor parado con motor a gasolina	36
Rodando con motor eléctrico.....	36
Rodando de manera mixta (2 motores)	36
Cargando la batería.....	36
En freno regenerativo.....	37
Rodando en retro	37

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Lección III.....	38
Batería alta tension	38
Monitoreo de los Voltajes de las celdas.....	40
Clavija o Jumper de Seguridad.....	42
Monitores de la Temperatura.....	44
Ecu de la batería.....	47
Sensor de corriente de la batería	48
Lección IV Operación del sistema inversor	50
Elevador de tensión (BOOSTER).....	51
Reactor	54
Modulo IPM.....	54
Operación IPM en la estrategia de carga de la Batería HV.....	57
Condensadores circuito INVERSOR	60
Generación de la corriente Alterna para el control de los Moto Generadores	63
Sistemas Adicionales del Inversor – Conversor DC – DC - Inversor DC – AC para Aire Acondicionado.....	67
CONVERSOR DC–DC.....	67
Circuito INVERSOR para el sistema de AIRE ACONDICIONADO.....	77
TRANSISTORES IGBT	81
Estudio de los moto generadores MG1 y MG2	84
Partes del motor giratorio:.....	85
Estator:.....	85
Núcleo Magnético:.....	85
Bobinado estatorico.....	85
Bornera.....	85
Rotor.....	86

Lección 1

Introducción al estudio de los vehículos híbridos

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 tecnologías alternativas, que permitan mejorar las condiciones de propulsión del vehículo reduciendo los contaminantes. Dentro de las más novedosas tecnologías se encuentra la de los vehículos híbridos, las cuales logran establecer cifras muy importantes de reducción de emisiones colocando esta tecnología en el nivel **PZEV** (Emisión Cero de forma parcial). Esto quiere decir que el vehículo por momentos genera emisiones cero, un logro muy importante puesto que en el momento que esta tecnología este de forma masiva existirán momentos de operación de los vehículos en los cuales no generan emisiones y esto reduce de forma importante los niveles de contaminación.

La base importante de un vehículo HÍBRIDO esta 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 reestablecer la carga de la batería de alta tensión. Lógicamente todo este evento se logra por la electrónica incorporada en cada unidad de control del sistema.

Dentro de las varias tecnologías HÍBRIDAS que se van incorporando en el mercado existe la opción de que el motor de combustión interna funcione con combustibles menos contaminantes como el Metano o Alcohol Carburante por ejemplo.

En el diseño de un automóvil híbrido, el motor térmico es la fuente de energía que se utiliza como última opción, y se dispone un sistema electrónico para determinar qué motor usar y cuándo hacerlo.

En el caso de híbridos gasolina-eléctricos, cuando el motor de combustión interna funciona, lo hace con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga la batería del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería.

En algunos es posible recuperar la energía cinética al frenar, que suele disiparse en forma de calor en los frenos, convirtiéndola en energía eléctrica. Este tipo de frenos se suele llamar "regenerativos".

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

Todos los coches eléctricos utilizan baterías cargadas por una fuente externa, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Esta queja habitual se evita con los coches híbridos.

Un vehículo HÍBRIDO puede tener diferentes configuraciones en este manual se trabaja sobre la base del vehículo HÍBRIDO mas comercial en el mercado TOYOTA PRIUS 2004 y Posterior.

Dentro de los elementos importantes de un vehículo Híbrido se encuentra el motor de combustión interna y los Motores Generadores. Para el sistema de los Motores Generadores se implementa una batería de alta tensión que permite proveer por momentos Potencia eléctrica que permita el movimiento del Motor Eléctrico.

En el esquema inferior se muestra una grafica de este mecanismo.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Motor de Combustión Interna

En este modelo esta incorporado un motor **1NZ** de 1.5 Litros, con sistema de encendido tipo COP, la distribución del vehiculo es variable tipo VVT-i y el sistema de mariposa es Motorizado, el régimen máximo de operación de este motor se encuentra alrededor de los 4500 RPM y ofrece una eficiencia muy importante ya que incorpora un ciclo tipo **ATKINSON** en el cual la duración del movimiento de compresión y del movimiento de expansión se puede fijar independientemente.

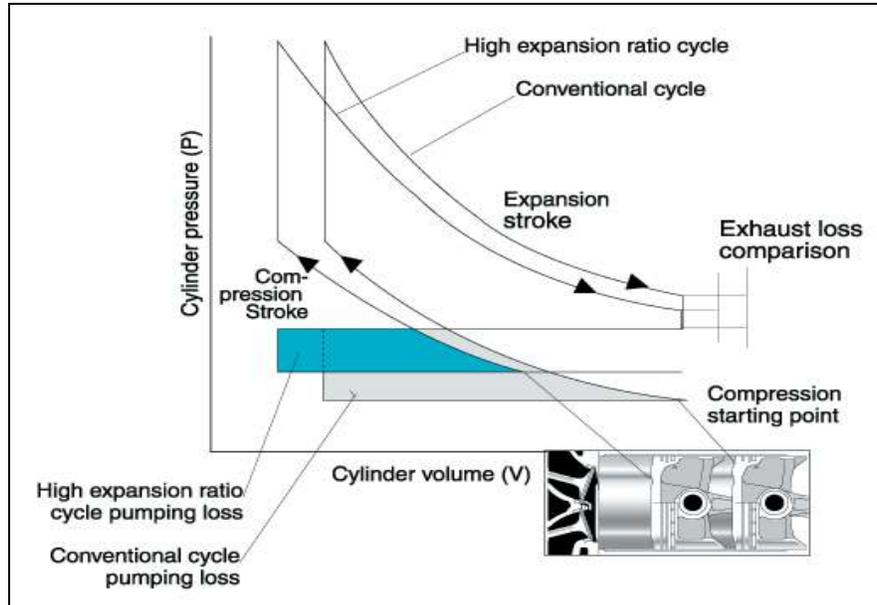
Los controles electrónicos del motor son semejantes a cualquier sistema convencional, incorporan elementos como catalizador, sistema de emisiones evaporativas y la recirculación de gases de escape EGR es controlada mediante el sistema de variación de la distribución VVT-i.

Algo interesante en el motor es que en este modelo el sistema puede controlar la posición de una válvula que manipula el líquido del refrigerante lo cual crea aun más eficiencia en el motor. En la imagen inferior se puede apreciar la vista del motor 1NZ y la grafica termodinámica del ciclo del motor, en esta grafica se evidencia la ganancia energética mencionada anteriormente



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



Moto - Generadores

En este sistema se encuentran dos Motores Generadores Trifásicos que trabajan en una tensión aproximada de 500 VCA, cada uno de estos motores cumple con una función específica y son denominados como MG1 y MG2.

La corriente Alterna es lograda gracias a la electrónica del INVERSOR, el caso de este modelo TOYOTA PRIUS, el moto generador 1 (MG1) se encarga de generar carga que se distribuye entre la batería y el moto generador 2 (MG2), y el moto generador 2 (MG2) se encarga de alternar con el motor de combustión interna el movimiento del vehiculo, en marcha hacia adelante y marcha hacia atrás (Reversa) , toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema Híbrido **ECU HV**.

Como estrategia importante por parte del motor MG2 esta la de funcionar como generador de corriente para reestablecer carga a la batería.

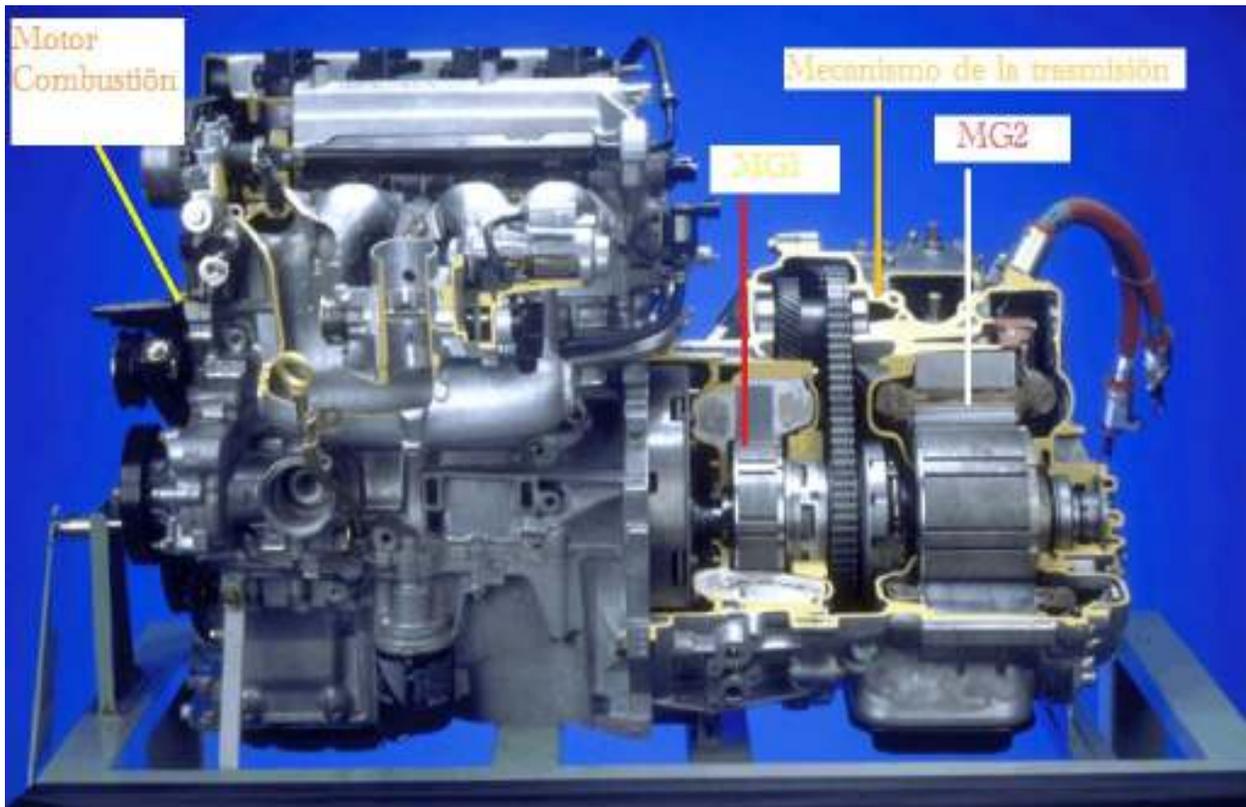
En el caso de MG2 solo lo realiza en el frenado lo que se le conoce como sistema de freno REGENERATIVO, es decir cuando el vehiculo comienza a bajar velocidad el motor generador MG2 toma energía cinética de la disminución de velocidad y la trasforma en energía eléctrica que luego mediante el sistema inversor va a la batería de alto voltaje HV.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Esto crea gran eficiencia al sistema puesto que esta energía que antes era perdida en fricción en las pastillas de freno es aprovechada como carga a la batería, de todas formas el vehículo cuenta con un sistema hidráulico de frenado que opera de forma paralela similar a cualquier vehículo con sistema ABS, solo que en este caso en particular también incorpora control electrónico de la presión de frenado EBD.

Para el arranque del motor de combustión interna existen varias estrategias que incorporan los Moto Generadores, puesto que no se cuenta con un motor de arranque convencional, en estado detenido el arranque lo maneja el Moto Generador 1, y en movimiento del vehículo se logra por una unión de los dos MG1 y MG2, todos los movimientos del vehículo son posibles por la acción de un sistema de transmisión continua que incorpora un eficiente sistema de Engranajes Planetarios que relaciona el movimiento del vehículo con el Motor de combustión interna y los Moto generadores MG1 y MG2. En la imagen inferior se puede observar un esquema del conjunto.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Sistema Inversor

Este componente es parte fundamental del vehículo Híbrido, incorpora gran cantidad de elementos electrónicos y eléctricos pero toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema Híbrido ECU HV, esta última se encarga de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos los DTC.



Dentro del conjunto que se conoce como INVERSOR podemos encontrar varias etapas o sistemas independientes, dentro de las funciones de este elemento se tienen por ejemplo.

- Permitir el control de los Moto Generadores MG1 – MG2 con un circuito constituido en su interior, que toma la tensión de la Batería de alto Voltaje HV la cual se encuentra en 220 VDC aproximadamente y mediante un circuito de potencia generar una corriente alterna en tres fases que permita el movimiento de los motores eléctricos.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

- Permitir mediante la tensión de la Batería de alto Voltaje HV generar una corriente alterna en tres fases que es utilizada para mover un motor eléctrico de frecuencia variable que acciona el mecanismo del Acondicionador de Aire puesto que el motor de combustión interna se apaga por momentos aunque el auto siga en movimiento.
- Permitir mediante la tensión de la batería de alto voltaje HV, convertir la tensión a 12 V para mantener la carga a una batería de 12V que funciona para accesorios y mecanismo de tensión convencional.
- Permitir la carga de la batería de alta Tensión mediante los Moto Generadores MG1 y MG2, esto con una electrónica basada en transistores IGBT y controlada por la unidad de control del sistema Híbrido ECU HV.
- Permitir el movimiento del Moto Generador 1 MG1 en condición de arranque para el motor de combustión interna, esto especialmente en el momento que se genere un consumo de la batería de alta tensión HV.

En la imagen inferior se puede apreciar parte de la electrónica que se encuentra en el interior de este componente.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Dadas las condiciones normales de operación en el vehículo este elemento requiere evacuar calor, para esto cuenta con un sistema independiente de refrigeración por agua con una bomba eléctrica adicional, todo esto para permitir que la electrónica cuente con la seguridad necesaria para su óptimo desempeño, en la imagen inferior se puede observar en desarme el interior de estos conductos en el inversor.



La conexión de alta tensión en el sistema se efectúa a través de conectores (de color Naranja). Su diámetro y conectores son especialmente diferentes a cualquier sistema convencional. Siempre que se trabaje en un sistema de este tipo se recomienda seguir detenidamente las especificaciones del fabricante, en la imagen inferior se puede observar uno de estos conectores, en este caso el que proviene de la batería de alta tensión HV y entra al conjunto del INVERSOR.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Conjunto de la Batería de alta Tensión BATTERY HV

Para el funcionamiento del vehículo es necesario que en momentos los Moto Generadores MG1 y MG2 sean accionados con carga almacenada, esta carga se encuentra en una batería denominada HV, la cual en carga nominal debe contener un mínimo de tensión de 201.6 V. Esta batería se encuentra en la parte posterior del automóvil y esta compuesta por 14 pequeños paquetes de batería de aprox. 14 a 15 V cada uno colocados en serie.

Todo este paquete suministra tensión al conjunto inversor y recibe carga de este en condiciones específicas como accionamiento de MG1 o mediante MG2 en el llamado freno Regenerativo.

El conjunto de la batería esta construido a base de Níquel – Metal, cada uno de los pequeños paquetes no es más que un par de baterías de 7V aproximadamente colocadas en serie.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Para seguridad del vehículo y procedimientos de reparación y diagnóstico el circuito interno de la batería está dividido en dos a través de un Jumper de seguridad, si este Jumper abre el circuito o se saca, la tensión no llega al INVERSOR y el vehículo no se moverá.

Otros elementos también están colocados en el conjunto de la batería como son tres relevadores especiales que operan tanto el positivo como el negativo de la Batería HV y un circuito especial a través de una resistencia para colocar carga de forma segura antes de colocar la carga directa del INVERSOR sobre la batería.



El conjunto de los relevadores está controlado por la ECU HV, la cual se encuentra en la parte delantera del vehículo, pero la BATERIA HV cuenta con su propia unidad de control que en todo momento evalúa su funcionamiento (Carga), controla un ventilador especial para su refrigeración y mide la temperatura de los paquetes en 4 puntos diferentes a esta unidad se le denomina ECU BATERIA HV, y funciona con tensión de 12 V tomados de la Batería de 12 V.

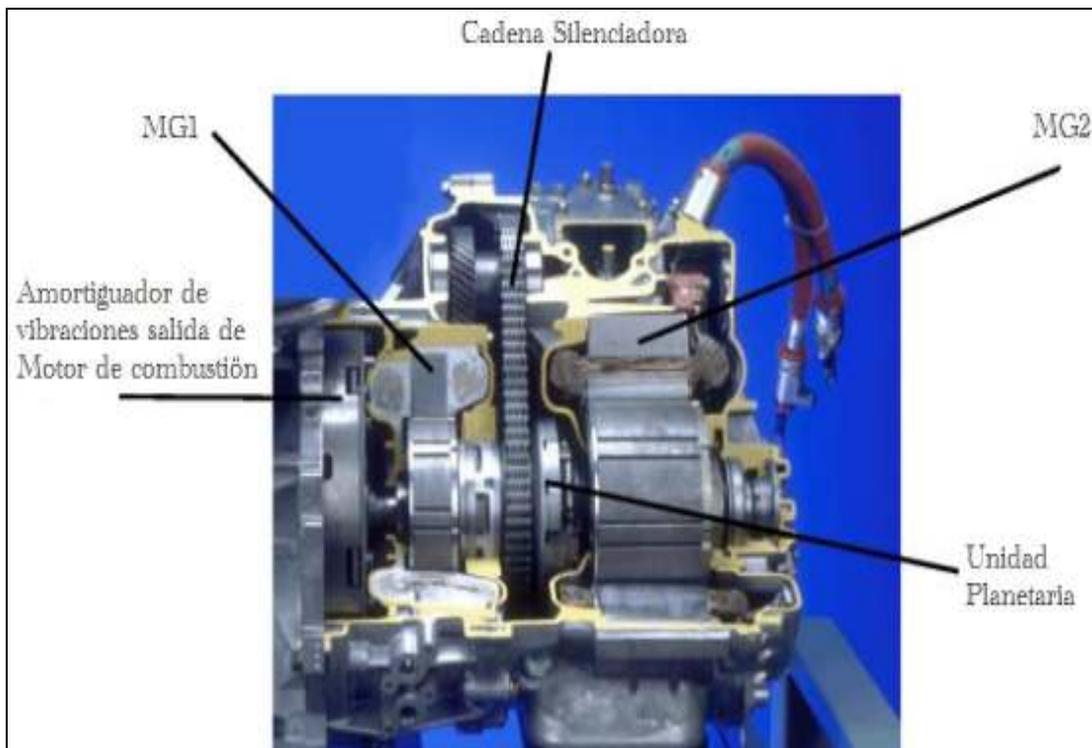


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Transmisión (Conjunto de Engranajes Planetarios)

El conjunto de la transmisión de este vehículo cuenta con un sistema de transmisión continua en el cual intervienen de manera alternada tanto el MG2 como el motor de combustión interna, este proceso es realizado a través de un engranaje planetario el cual tiene como centro del sistema a MG1 y a su salida a MG2, para la salida el movimiento pasa a través de una banda que reduce el ruido generado en el sistema.



Para el parqueo del vehículo se cuenta con un mecanismo que bloquea y desbloquea de forma directa el eje de salida, esto lo gestiona directamente una unidad de control denominada ECU TRANSMISSION.

Este sistema varía un poco de las transmisiones convencionales puesto que en el interior **no existen elementos multiplicadores que cambien de relación en los diferentes cambios**, en este conjunto a medida que el vehículo está aumentando de velocidad aumenta la rotación RPM del conjunto, por lo tanto existe mucha eficiencia puesto que hay menos componentes en donde se pierda energía como

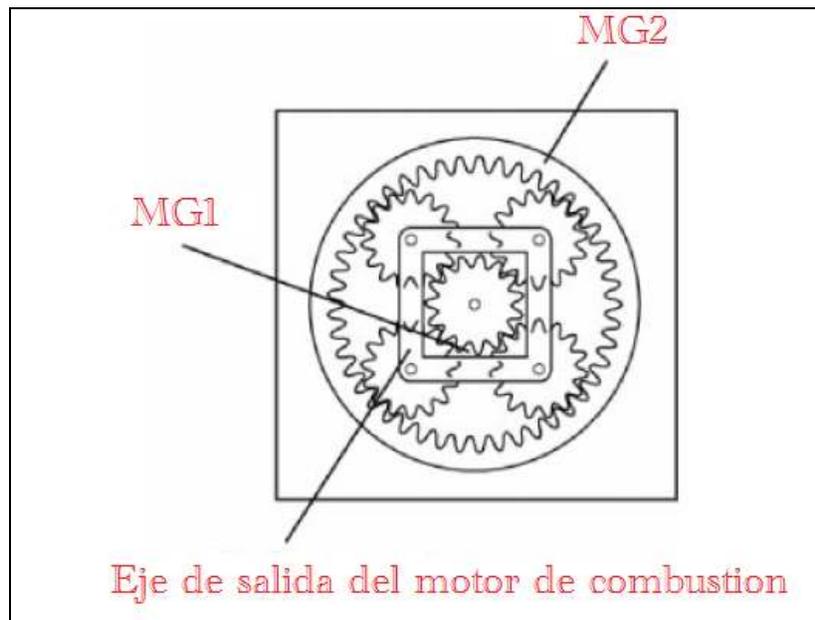
Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

ocurre con la fricción. En este conjunto la estrategia de operación del planetario esta dada hacia la intervención de MG1 – MG2 y el motor de combustión en el conjunto de engranajes, pero controlada en todo momento por la unidad de control del sistema hibrido ECU HV.

En la salida de potencia del motor de combustión existe un amortiguador de vibraciones que permite un acople muy suave en el normal de funcionamiento del vehiculo. El motor de combustión deberá encender y apagar en forma alternada de acuerdo a la conducción del vehiculo. Para brindar mayor suavidad en el mecanismo existe una cadena silenciadora desde el conjunto planetario hasta el eje de salida. Vale aclarar que es muy extraña la conducción puesto que por momentos el vehiculo genera movimiento con el motor de combustión detenido, lo cual permite una conducción muy silenciosa.

La gran potencia de salida del sistema debe pasar a través de un complejo sistema planetario el cual esta compuesto por tres partes.



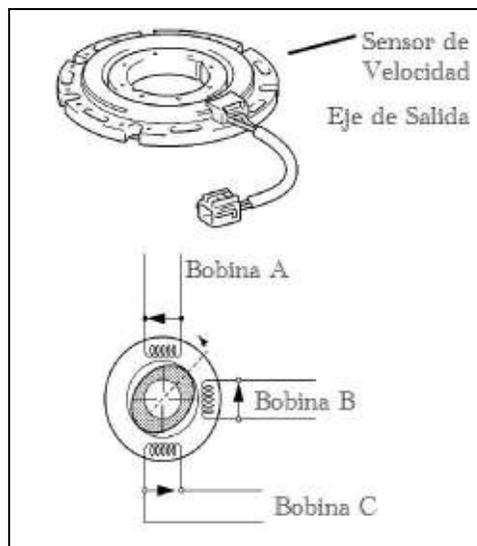
En este caso el centro de toda la operación es el Moto Generador 1, la salida esta dada a través de el aro exterior directamente colocado a MG2. Este movimiento viaja a través de los engranes intermedios y la banda silenciadora a las ruedas, es decir si el auto se mueve MG2 se mueve. El motor de combustión esta colocado en los portadores o engranes sueltos que son el acople entre el sol y el exterior, el funcionamiento propio para cada condición será explicado a detalle mas adelante.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Los ejes de salida del sistema, mueven otros componentes adicionales como son la bomba de aceite, la cual se encuentra al final de toda la cadena operativa del conjunto Planetario y permite la lubricación del motor.

Para poder evaluar y gestionar la operación del conjunto, la ECU HV cuenta con un conjunto de tres sensores que miden la velocidad del eje de salida, esta información la utiliza para calcular la operación y régimen de cada uno de los motores, el no tener alguno de estos tres sensores en buen estado generara un DTC correspondiente al componente afectado.



Sistema de Información de viaje (Display en Consola Central)

Para el monitoreo por parte del conductor este sistema cuenta con un menú a través de un display Touch Screen en el cual se puede observar las condiciones de energía del sistema. Es decir cuenta con un sistema que visualiza desde donde y hacia donde va la carga de los Moto Generadores y el estado de la Batería HV, también se puede apreciar si el motor de combustión esta generando potencia. Cualquier malfuncionamiento del sistema será reportado mediante un visual de alerta en la pantalla, en la imagen se puede apreciar esta pantalla en la cual el motor de combustión interna esta moviendo al motor eléctrico para disponer carga a la batería HV. Existen varias posibilidades de gestiones de carga, la

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

visualización es importante porque ayuda al conductor a tener completo monitoreo del estado de operación del vehículo, hay que aclarar que algunas conducciones por parte del cliente pueden hacer mucho mas ecológico este vehículo.

Todas las estrategias de carga están señaladas con una flecha, pero no solamente esta es la única función del Display, también puede funcionar como consola de Radio, o Aire Acondicionado, con solo un dedo se puede seleccionar las operaciones como en la fotografía inferior.



Aunque no tiene nada que ver con el funcionamiento Híbrido, la plataforma del display sirve para algunas novedades interesantes como es la instalación de una cámara que funciona en la MARCHA ATRÁS, aunque no hace parte de las estrategias del sistema Híbrido, esta utiliza una señal de la unidad de control de la transmisión para activarse, en la grafica inferior se puede apreciar esta aplicación.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Resumen de funciones en elementos importantes de control

El siguiente recuadro provee un resumen de funciones importantes en cada elemento de control, a manera de resumen específico de funciones.

<p>Control de la ECU de control HV</p>	<ul style="list-style-type: none">• La ECU de control HV controla el estado de carga de la batería HV, MG1, MG2, motor y control de freno regenerativo. Estos factores se determinan por la posición del cambio, la posición del pedal del acelerador y la velocidad del vehículo.• La ECU de control HV supervisa el estado de carga y la temperatura de la batería HV, MG1 y MG2 para optimizar el control de estos elementos.• Cuando la posición de cambio es N, la ECU de control HV detiene el control para detener eléctricamente el MG1 y MG2.• Si no hay tracción en las ruedas motrices, la ECU de control HV activa la función de control de la tracción del motor que limita la rotación de MG2 para proteger la unidad del engranaje planetario y evitar que MG1 genere demasiada electricidad.• Para proteger el circuito de las altas tensiones y asegurar la fiabilidad del cierre, la ECU de control HV realiza un control SMR con 3 relés para conectar y cerrar el circuito de alta tensión.
--	---

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

<p>Control del ECM</p>	<p>El ECM recibe el valor de solicitud de alimentación y las revoluciones deseadas de la ECU de control HV; además, controla el sistema ETCS-i, el volumen de inyección de combustible, el ajuste del encendido y el sistema VVT-i.</p>
------------------------	---

<p>Control del inversor</p>	<ul style="list-style-type: none">• De acuerdo con las señales recibidas de la ECU de control HV, el inversor convierte la corriente continua (batería HV) en corriente alterna (MG1 y MG2) o viceversa. Además, el inversor suministra AC (MG1) al AC (MG2). Sin embargo, cuando el MG1 suministra electricidad al MG2, ésta se convierte en DC dentro del inversor.• La ECU de control HV envía la señal al transistor de potencia dentro del inversor para cambiar la fase U, V y W del MG1 y MG2 y así activarlos.• La ECU de control HV se cierra si se produce un recalentamiento, una sobrecarga de corriente o una señal de tensión defectuosa en el inversor.
-----------------------------	--

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

<p>Control del convertidor elevador</p>	<ul style="list-style-type: none">• De acuerdo con las señales que emite la ECU de control HV, el convertidor elevador aumenta la tensión nominal de DC en 201.6 V (para batería HV) hasta una tensión máxima de DC de 500 V.• El inversor convierte la tensión máxima AC de 500 V generada por MG1 y MG2 en corriente continua y el convertidor elevador reduce la corriente continua a 201.6 V DC (para batería HV) según las señales de la ECU de control HV.
---	---

<p>Control del convertidor</p>	<ul style="list-style-type: none">• El convertidor DC/DC reduce la tensión nominal de 201.6 V DC hasta 12 V DC para suministrar electricidad a los componentes eléctricos de la carrocería, así como para recargar la batería auxiliar (12 V DC).• El convertidor mantiene una tensión constante en los terminales de la batería auxiliar.
--------------------------------	---

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

<p>Control del inversor del A/C</p>	<p>El inversor de A/C convierte la tensión nominal de la batería HV de 201.6 DC a 201.6 V AC y suministra electricidad al compresor eléctrico del sistema de A/C.</p>
-------------------------------------	---

<p>Control principal de MG1 y MG2</p>	<ul style="list-style-type: none">• MG1, girado por el motor, genera electricidad de alta tensión (máximo de 500 V AC) para accionar el MG2 y cargar la batería HV. De la misma manera, actúa como motor de arranque para encender el motor.• MG2 proporciona principalmente electricidad adicional al motor para aumentar la fuerza motriz en conjunto. Durante el frenado, o cuando el pedal del acelerador no está pisado, genera electricidad para recargar la batería HV (sistema de freno regenerativo).• Los sensores de velocidad detectan la velocidad y la posición de MG1 y MG2; además, envían los datos a la ECU de control HV.• El MG2 cuenta con un sensor de temperatura integrado que detecta la temperatura del MG2 y envía la información a la ECU de control HV.
---------------------------------------	---

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

<p>Control de la ECU de control de derrape</p>	<p>Durante la frenada, la ECU de control de derrape calcula la fuerza de frenada total y transmite una solicitud de fuerza de frenado regenerativa a la ECU de control HV. Cuando recibe la señal, la ECU de control HV calcula la cantidad de fuerza de frenada regenerativa necesaria y la transmite a la ECU de control de derrape. Basándose en esta información, la ECU de control de derrape calcula y ejecuta la fuerza de frenado de presión hidráulica necesaria.</p>
--	--

<p>Control de la ECU de la batería</p>	<p>La ECU de la batería supervisa el estado de la batería HV y controla el ventilador de refrigeración para mantener la batería HV a una temperatura determinada anteriormente. En consecuencia, se optimiza el control de estos componentes.</p>
--	---

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

<p>Control de cambio</p>	<ul style="list-style-type: none">• La ECU de control HV detecta la posición del cambio (P, R, N, D o B) según la señal que recibe del sensor de posición del cambio y controla el MG1, MG2 y el motor para crear unas condiciones de conducción que se adecuan a la posición de cambio seleccionada.• El conjunto de la ECU de control de la transmisión detecta que el conductor ha seleccionado la posición P mediante una señal que recibe de la ECU de control HV. Entonces, el conjunto de la ECU de control de la transmisión acciona el actuador de control del cambio para bloquear mecánicamente el transeje.
<p>Durante el control de colisión</p>	<p>Cuando se produce una colisión, si la ECU de control HV recibe una señal de despliegue del airbag del sensor del airbag central o una señal de activación del sensor del disyuntor de circuitos situado en el inversor, apaga el SMR y el interruptor de encendido para cortar completamente el suministro de energía.</p>

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Control del funcionamiento del sistema de control de la velocidad de cruceo	Cuando la ECU de control de la velocidad de cruceo integrada en la ECU de control HV recibe una señal de control de la velocidad de cruceo, calcula el valor de solicitud de control de la velocidad de cruceo y las fuerzas motrices del motor, MG1 y MG2 para alcanzar una combinación óptima.
Control de la iluminación del indicador de advertencia y del indicador	Ilumina o hace parpadear las luces para informar al conductor sobre el estado del vehículo o acerca de una avería del sistema.
Diagnósticos	Cuando la ECU de control HV detecta una avería, diagnostica y almacena los valores referentes al fallo.
Función a prueba de fallos	Cuando la ECU de control HV detecta una avería, detiene o controla el actuador y las ECU según los datos que tenía almacenados en la memoria.
Convertidor DC/DC	Disminuye la tensión nominal de 201.6 V DC hasta 12 V DC para suministrar alimentación eléctrica a los componentes eléctricos de la carrocería, así como para recargar la batería auxiliar (12 V DC).

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Inversor del A/C	Convierte la tensión nominal de la batería HV de 201.6 V DC a 201.6 V AC y suministra electricidad al compresor del inversor eléctrico del sistema de A/C.
SMR (relé principal del sistema)	Conecta y desconecta el circuito de alta tensión entre la batería y el conjunto del inversor mediante la utilización de una señal proveniente de la ECU de control de HV.
Unidad de engranaje planetario	Distribuye la energía motriz del motor según sea necesario para accionar directamente tanto el vehículo como el generador.

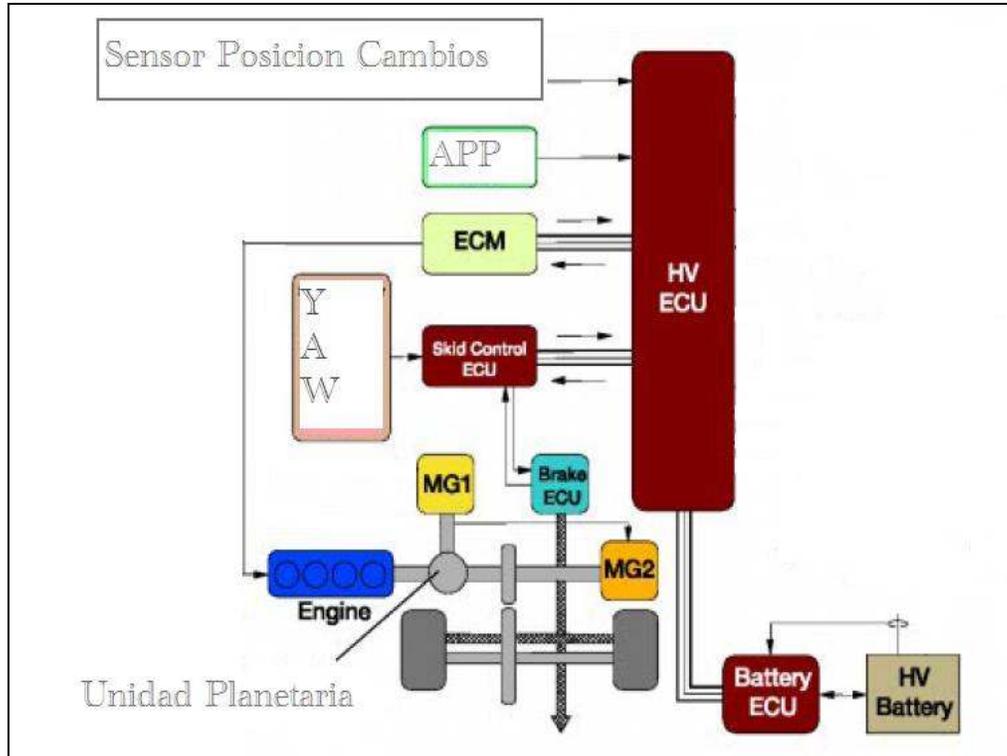
Unidades de control Relacionadas-(ECUS)

Este vehículo cuenta con un complejo mecanismo de funcionamiento en el cual alterna las operaciones de Motores Eléctricos y el motor de combustión interna, para que todo este revolucionario sistema opere de forma segura y fiable debe medir y controlar gran número de variables de forma independiente, como por ejemplo la Temperatura de la batería o la temperatura de los Inversores entre otras, para esto el sistema debe ser descentralizado teniendo unidades de control independiente, pero relacionándolas todas a través del BUS DE DATOS, es decir aunque una unidad de control no reciba directamente la información de un componente si la va a tener todo el tiempo disponible ya que esta información viajara permanentemente por el bus.

En la grafica se puede apreciar las principales unidades de control que están relacionadas para el funcionamiento Híbrido.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



ECM (Unidad de Control del Motor)

Permite el funcionamiento del motor a los diferentes regímenes, dentro de su programación esta apagar y encender el motor de combustión cuando la unidad HV lo requiera, tiene las condiciones similares de operación de cualquier ECM convencional, la única diferencia en cuanto a sensores es que no toma la señal del APP (Sensor de Posición del Acelerador), solo recibe el mensaje a través del Bus de Datos.

BATTERY ECU (Unidad de control de la Batería de alta Tensión)

Esta unidad controla todo lo relacionado con la batería, se encuentra al lado de ella en ubicación y esta todo el tiempo monitoreando la operación de la misma, dentro de sus funciones esta medir paquetes dentro de la Batería para su monitoreo, también esta controlando la temperatura interna del paquete, y en la medida de lo necesario accionara un electro ventilador con el cual la llevara a temperatura optima, es importante conocer que el negativo de la batería HV no es el mismo que la batería auxiliar de 12V, por lo tanto esta unidad maneja los dos

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

niveles de referencia , pero su electrónica de funcionamiento interna (Fuente y Procesamiento de datos) , trabaja con la referencia de 12 V. Este modulo tiene adicionalmente la característica de medir la corriente que entra o sale de la batería HV, esto lo realiza mediante la ubicación de un sensor de corriente el cual se encuentra ubicado en el conjunto de la batería HV en la parte posterior del Vehiculo.

HV ECU (Unidad de control del sistema Hibrido)

Es el centro de la operación hibrida, tiene el control total de la operación, comunica con todos los módulos importantes del sistema Hibrido, y controla de forma directa la electrónica del INVERTER, también recibe sensores como el APP (Sensor de Posición del Acelerador), y señales correspondientes al seleccionador de Marchas por parte de la unidad de la transmisión.

Esta unidad controla en que momento se debe accionar y desconectar el motor de inyección al igual que la operación de los Moto Generadores, es importante saber que esta ECU no controla los actuadores del motor de combustión, como tampoco interviene directamente en la manipulación (POTENCIA) de los Moto generadores, solo se encarga de la gestión.

SKID CONTROL ECU (Unidad de control del derrape)

Tiene la función de controlar aspectos relacionados con el control del frenado y el sistema EBD (Distribución de la presión de frenado) , dentro de sus funciones esta la de medir los movimientos del centro de gravedad del vehiculo para una mejor operación de la secuencia del frenado , esto asociado a la unidad del sistema de frenos, esta en juego en este sistema , puesto que se cuenta con un mecanismo de frenos Regenerativos , en ese momento el sistema SKID adopta estrategias diferentes a las usadas en un vehiculo convencional , el sensor YAW mide el giro respecto al centro de gravedad del automóvil , y envía esta señal al modulo SKID que luego intercambia información a través de bus de datos con el Modulo HV.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

BRAKE ECU (Unidad de control del Frenado)

Tiene como función principal gestionar el frenado del vehiculo, (ABS), su funcionamiento es similar a cualquier sistemas ABS, pero en este caso varia puesto que por momentos el frenado no lo realiza completamente la hidráulica si no que interviene el Moto Generador 2 MG2, otro avance importante en este modelo es que en el frenado existe una regulación de la presión de frenado , que funciona porque esta dispuesto en la hidráulica unos sensores que miden la presión de cada circuito , y una gran bomba hidráulica dentro de la unidad de presión generara la presión requerida en cada rueda. Toda esta unidad se comunica a través del BUS de Datos con las demás unidades de control.

NOTAS:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

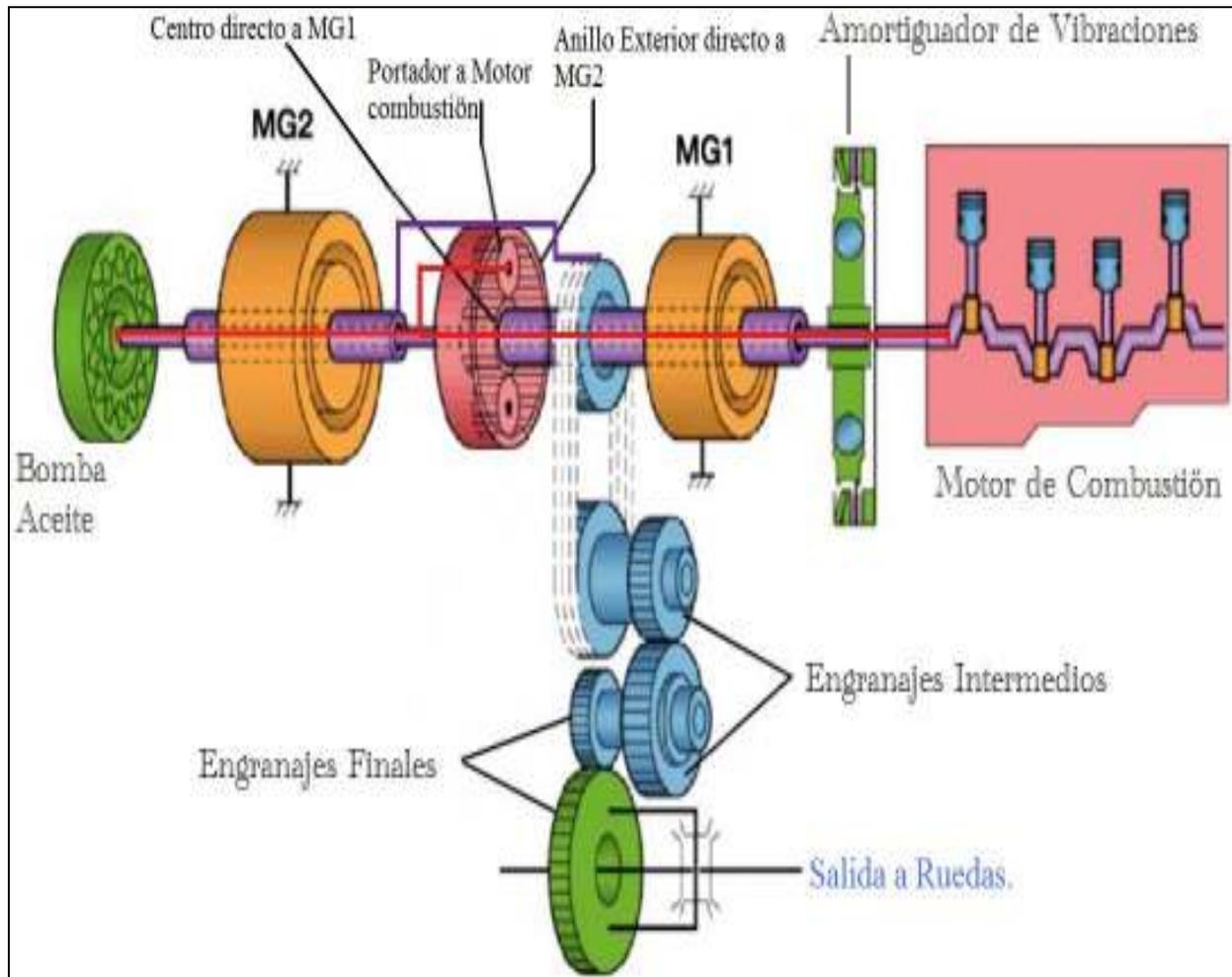
Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Lección II

EXPLICACION DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIBRIDO

La operación del sistema Híbrido requiere que gran numero de condiciones estén establecidas antes que las Unidad HV comience la estrategia de operación del motor de combustión y los Motores Generadores. Como se comento anteriormente el conjunto esta formado por los dos Moto Generadores y el motor de combustión, todo unido a través del conjunto sistema planetario, este ultimo permite el aporte de potencia de cada uno de los elementos. En la grafica inferior se observa como están relacionados mecánicamente.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

En la grafica se puede observar los dos Moto generadores y el motor de Combustión, el motor de combustión va directo al portador (Conjunto de portadores), a través del eje mas delgado sombreado en rojo en la figura y finaliza en la bomba de aceite, el acople entre el eje del motor y los portadores se presenta a través de rodamientos en su interior, MG1 esta conectado al engrane centro.

Si el motor de combustión se mueve no necesariamente existe movimiento en las ruedas puesto que al moverse el motor de combustión, y estar frenado el aro exterior que esta solidario al MG2 (Línea violeta), la única posibilidad de movimiento es para MG1. Es decir si el eje de salida esta bloqueado (Posición PARQUEO) y el motor de combustión esta encendido (movimiento de los portadores), MG1 tendría necesariamente que moverse por reacción de esta forma se convertiría en generador para cargar la batería HV.

La misma situación anterior se puede analizar, pero suponiendo en este caso que el motor de combustión esta apagado y el automóvil detenido en parqueo, la única forma de hacer girar el motor de combustión es que se accione el MG1, en ese momento al accionarse y estar frenado el aro exterior, la única posibilidad es que el conjunto de los portadores se muevan y como están conectados directamente al motor de combustión este tendrá que moverse y así arrancar.

MG2 va directo al aro exterior (Línea violeta) y por consiguiente al movimiento de las ruedas, si el eje de salida no esta bloqueado y MG2 se mueve el auto se moverá , de esta forma comienza a moverse el vehiculo , si MG2 gira de forma contraria, el auto debería moverse en marcha atrás, un ejemplo de este acople es que si el automóvil se coloca en NEUTRAL y alguien lo mueve de forma externa (jalado por ejemplo), MG2 se tiene que mover de forma obligada porque esta directo a la salida.

En esta misma idea si MG2 esta en movimiento (Por ejemplo vehiculo en movimiento), y MG1 coloca resistencia, se moverá todo el conjunto como un solo elemento aportando potencia MG2 y el motor de combustión y MG1 seria arrastrado generando energía al sistema.

Algo interesante sucede si el vehiculo esta en movimiento y se quiere frenar, para disminuir la velocidad MG2 se convierte en generador, tomando energía cinética del movimiento y transformándola en energía eléctrica que mediante el inversor pasara a las baterías, esto se conoce como freno regenerativo.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

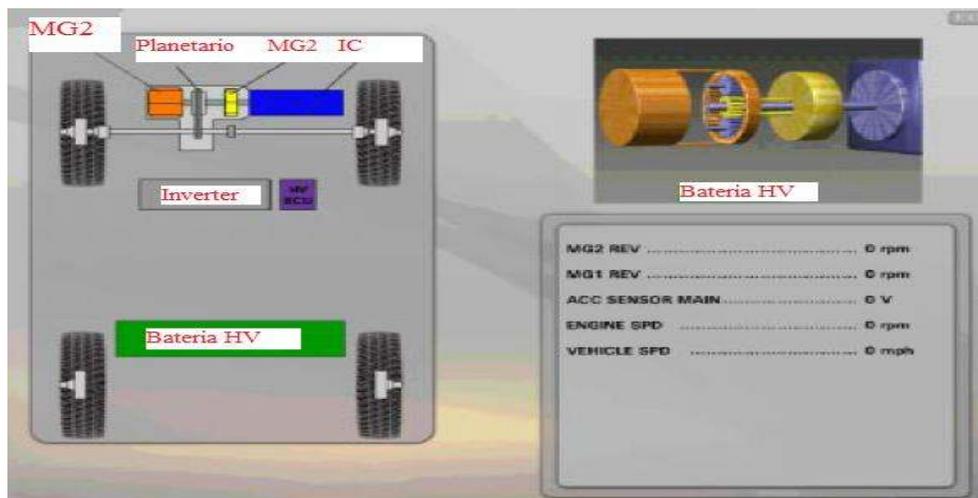
La secuencia de operaciones para el accionamiento de los Moto Generadores y el motor de combustión es el secreto para crear esta nueva tecnología, no tiene sentido que el motor de combustión actúe la mayor parte del tiempo, y tampoco se podría presentar que MG2 este todo el tiempo trabajando puesto que se descargaría la batería. Es entonces que se tiene que tener una secuencia lógica de procesos para poder tener el motor de combustión lo menos encendido posible y la carga de la batería siempre de forma optima.

Modos de Operación

A continuación se explicara cada una de las estrategias que debe tener el sistema para poder operar cada una de las marchas, todas las estrategias son comandadas por la unidad HV.

1-Vehiculo detenido.

Si el vehiculo esta detenido y la carga de la batería se encuentra en condición alta, el motor de combustión estará apagado, y arrancara automáticamente solo si la carga de la batería comienza a bajar. En este modelo de TOYOTA THS -II (2004 y posterior), para disponer de aire acondicionado o asistencia a la dirección, no es necesario encender el motor de combustión si el vehiculo esta detenido, puesto que el mecanismo compresor del aire acondicionado y la dirección del vehiculo son eléctricos. En el caso del AC se utiliza un motor trifásico de frecuencia variable , y en el caso de la dirección se emplea un motor DC, eventualmente la unidad del sistema Híbrido seleccionara si o no encender el motor de combustión.

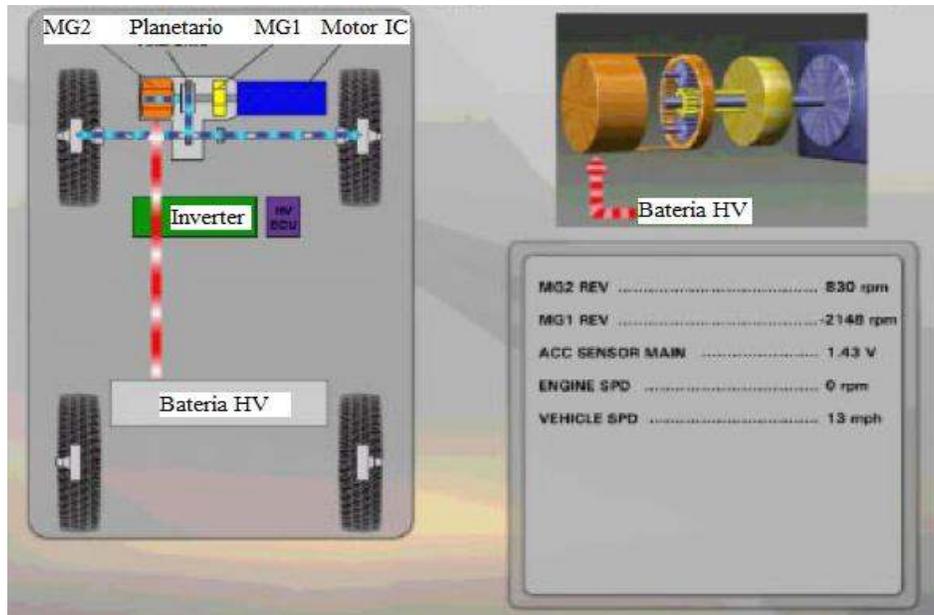


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

2-Empezando a mover el vehiculo

Cuando el vehiculo comienza a moverse inicialmente y la carga a la cual esta sometido es baja, funciona con el accionamiento del Moto Generador MG2, en este momento el motor de combustión interna esta apagado, si la carga sobre el vehiculo comienza a aumentar entrara en funcionamiento el Motor de combustión. También esta estrategia depende del nivel de carga del sistema HV. Para calcular la carga es muy importante la posición del pedal del acelerador (APP), el cual va directamente a la ECU HV y no al ECM, la energía para el movimiento del vehiculo en la condición menciona es tomada de la batería HV, esta operación de comienzo de movimiento genera un arranque muy silencioso.

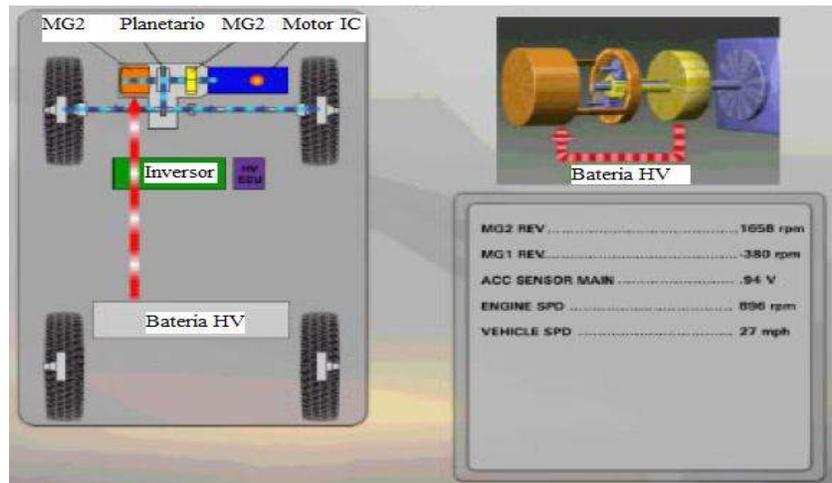


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

3. Conducción Normal

En esta condición cuando el vehículo se mueve a velocidad normal a bajas velocidades entre 30 y 70 Km. /h, el motor arranca y genera potencia, en momentos MG2 se acciona y provee una asistencia eléctrica como ayuda mecánica al motor de combustión, en este caso MG1 gira al mismo sentido que MG2 y se convierte en un generador que provee carga eléctrica al sistema, usada principalmente en MG2, es decir con el movimiento MG1 genera carga que MG2 se mueva, y MG2 ayuda al motor de combustión a mover el vehículo.

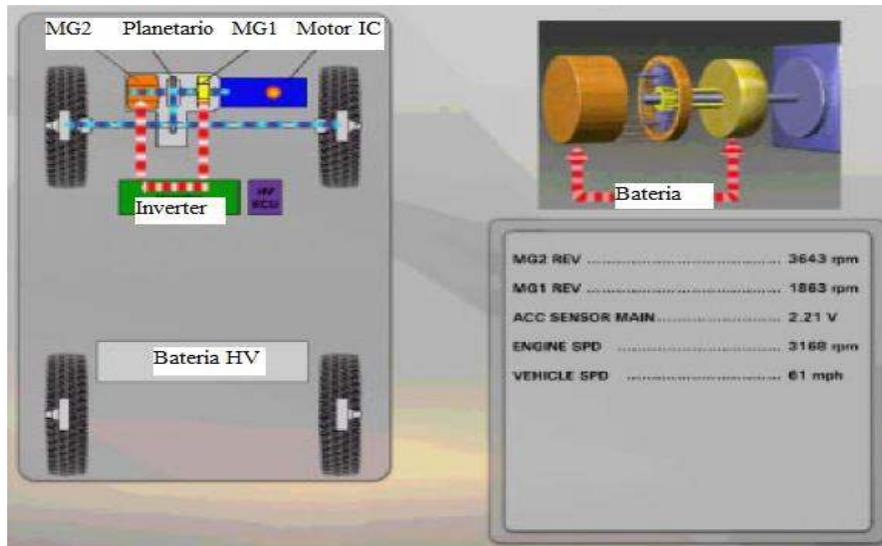


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

4. Condición de aceleración Fuerte y Velocidad Crucero

Para aceleraciones fuertes o altas velocidades (Aproximadas a 200 Km. /h) , MG2 genera potencia para ayudar al motor de combustión, la batería suministra electricidad para el movimiento de MG2, en este caso MG1 también recibe electricidad de la batería para girar en reversa esto crea un radio de Overdrive (Sobre marcha) , para generar la máxima velocidad.



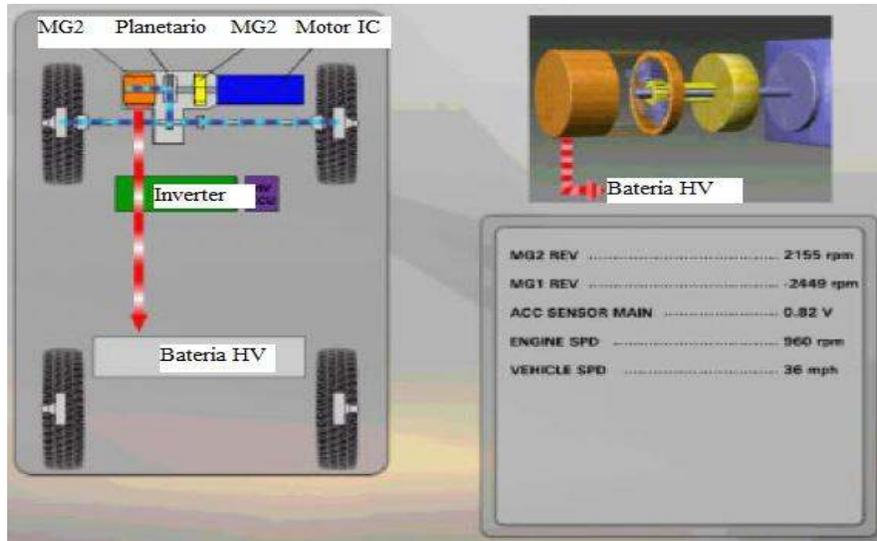
5. Deceleración y Frenado

La estrategia comienza cuando el conductor levanta el pedal del acelerador y el vehículo está en velocidad, en ese momento MG2 se convierte en GENERADOR y con el movimiento del vehículo comienza a cargar la Batería HV, de esta forma a medida que toma energía cinética disminuye la velocidad del vehículo, aunque en todo momento los frenos están en paralelo controlando la situación de forma hidráulica, al proceso se le denomina Frenos Regenerativos.

En este momento el motor de combustión interna se apaga, y MG1 gira al contrario para crear el radio de giro, toda la carga es gestionada por la unidad HV pero permitida en potencia a través del INVERSOR.

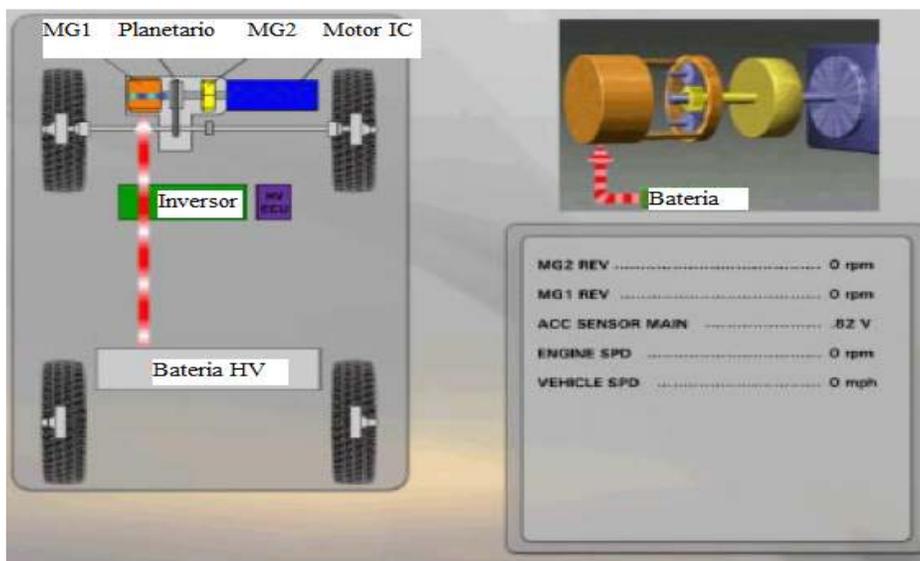
Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



6. Reversa

Cuando el vehiculo se mueve en reversa, MG2 trabaja como motor tomando energía de la batería HV pero girando en sentido contrario, esto permite que el vehiculo gire de forma reversa, en este caso MG1 gira en la misma dirección de forma libre, esto no genera electricidad.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Monitoreo de Parámetros

Es posible observar en la línea de datos del escáner el funcionamiento de los motores MG1 y MG2 e interpretar las estrategias comentadas anteriormente, el estudio de estos diagnósticos se realizara en el capítulo correspondiente.

La siguiente tabla muestran unas condiciones reales evaluadas con el scanner para la operación de los Moto Generadores, en el capítulo correspondiente a sistemas planetarios se estudiara a detalle este comportamiento.

CONDICION	MG 1 (RPM)	MG 2 (RPM)
MOTOR PARADO EN CONTACTO	0	0
MOTOR PARADO CON MOTOR GASOLINA ENCENDIDO	9000	0
RODANDO CON MOTOR ELECTRICO	-440	170
RODANDO MANERA MIXTA (2 MOTORES)	4700	500
CARGANDO BATERIAS	2500	900
EN FRENO REGENERATIVO	-4000	2000
RODANDO EN RETRO	690	-268
RODANDO EN NEUTRO	-2700	1000

A continuación se va a realizar una explicación de las condiciones capturadas con el escanner en una prueba de ruta.

ANALISIS DE LAS DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO

Motor parado y ignición colocada

En este momento solo se encuentra colocada la ignición o bien puede estar el motor prendido con la batería cargada, en cuyo caso en el tablero aparecerá la palabra READY indicándonos que el auto está listo para ser usado, las rpm de MG1 y MG2 serán cero porque no tengo movimiento para ver RPM en MG2 ni necesito cargar la batería para ver movimiento en MG1.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Motor parado con motor a gasoline

En esta condición el motor esta en parking, se encuentra encendido, pero se detecto que la batería estaba un poco baja y que requiere carga, entonces MG1 tendrá rpm positivas (entre 7000 y 9000 RPM) para poder encender al motor de gasolina y que este ahora convierta al motor MG1 en generador para cargar la batería, en esta condición como no hay movimiento de las ruedas, MG2 se encuentra quieto con cero RPM.

Rodando con motor eléctrico

Cuando el auto comienza a rodar y encuentra una buena carga de batería y que además no hay una exigencia alta en la aceleración, puede ser movido únicamente por MG2, entonces tendremos rpm positivas en MG2 que nos indica que el auto esta en movimiento por acción de este, en tanto que MG1 presentara rpm negativas ya que debe rodar en sentido contrario para que no haga encender el motor térmico.

Rodando de manera mixta (2 motores)

En este caso, el conductor hace una exigencia mayor de aceleración, por ejemplo para rebasar, al detectar esto el sistema veremos que MG2 ya venía con rpm positivas para mover al auto, pero adicional ahora se debe conectar MG1 con rpm positivas también para poder encender el motor de gasolina y que este a su vez aporte al movimiento y cumpla con el requerimiento de potencia, una vez encendido el motor térmico queda aportando al movimiento junto con MG2 y MG1 vuelve a tomar valor negativo de rpm si es que no requiere carga la batería o valores positivos para aportar con carga a MG2 y si le sobra energía cargar la batería.

Cargando la batería

En esta condición, se requiere que se encienda el motor térmico para que convierta la acción del motor en generador, entonces MG2 seguirá con rpm positivas por la acción del movimiento y MG1 tomara ahora un valor también positivo para poder encender el motor térmico y comenzar la generación.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

En freno regenerativo

En la acción de frenado regenerativo no requiero que el motor térmico este prendido pues para cargar la batería pues utilizo el movimiento del mismo auto, por lo tanto el motor MG1 estará con valor de rpm negativo para no encender al motor térmico y MG2 con un valor de rpm positivo del movimiento que esta vez servirá de carga a la batería así como de freno eléctrico.

Rodando en retro

Esta es en la única condición en la que el motor MG2 adquiere un valor de RPM negativo ya que el sentido de giro del auto es contrario, por el contrario MG1 toma ahora un valor positivo sin que este cargando la batería ni que este queriendo encender al motor térmico, su valor de rpm es solo por el movimiento mecánico.

Rodando en neutro: En la condición de neutro el auto no carga a la batería, pues por seguridad se requiere que este en parking cuando está detenido ya que tendrá así un bloqueo eléctrico al movimiento, pero si rodamos en posición neutro tendremos un valor de rpm negativo para MG1 y positivo por el movimiento para MG2, valores que no tienen ninguna relación eléctrico y están dados solo por la inercia del movimiento.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

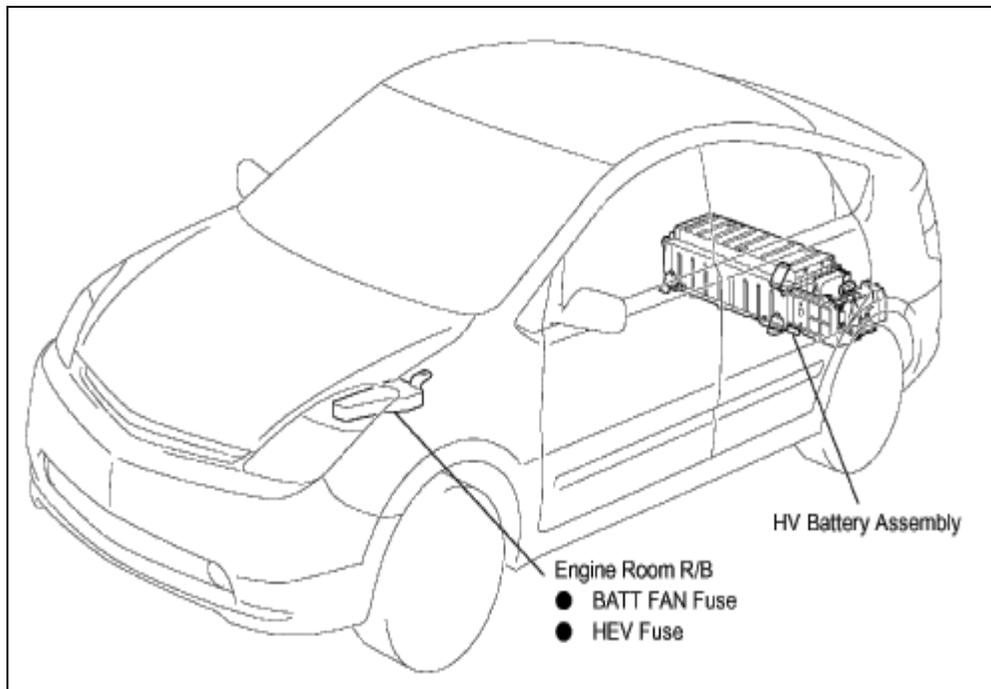
Lección III

Batería alta tensión

Vehículo ejemplo: Toyota Prius

La batería de alta tensión provee un voltaje de 220 V en las versiones más modernas, y voltajes mayores para versiones anteriores del Prius, y lógicamente estos valores cambian dependiendo del fabricante, este voltaje en el caso del Prius proviene de un paquete de 14 baterías en serie dispuestos así:

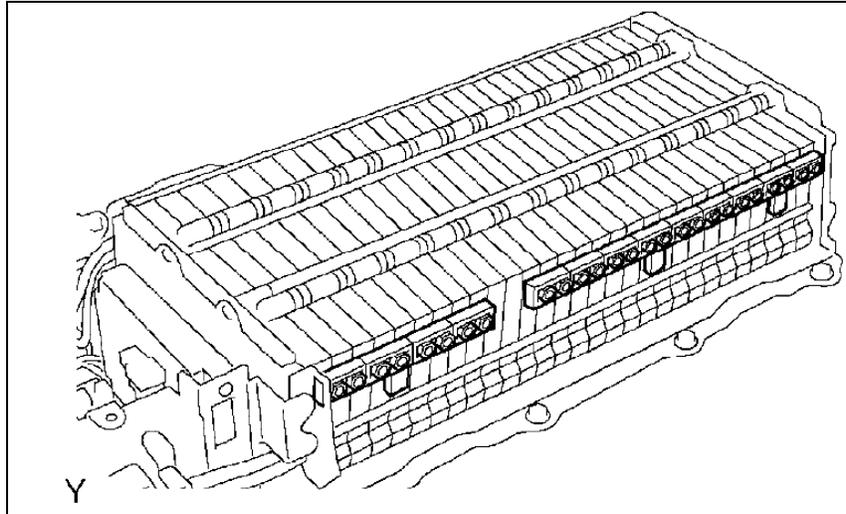
Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 V cada una y están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 paquetes de baterías de 15,78V cada una y a su vez están conectadas todos estos 14 paquetes en serie para generar un total de 220 Voltios.



UBICACIÓN DE LA BATERIA DE ALTA TENSION

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



BLOQUE DE LA BATERIA DE ALTA TENSION

VISTA CONEXIONES EN SERIE

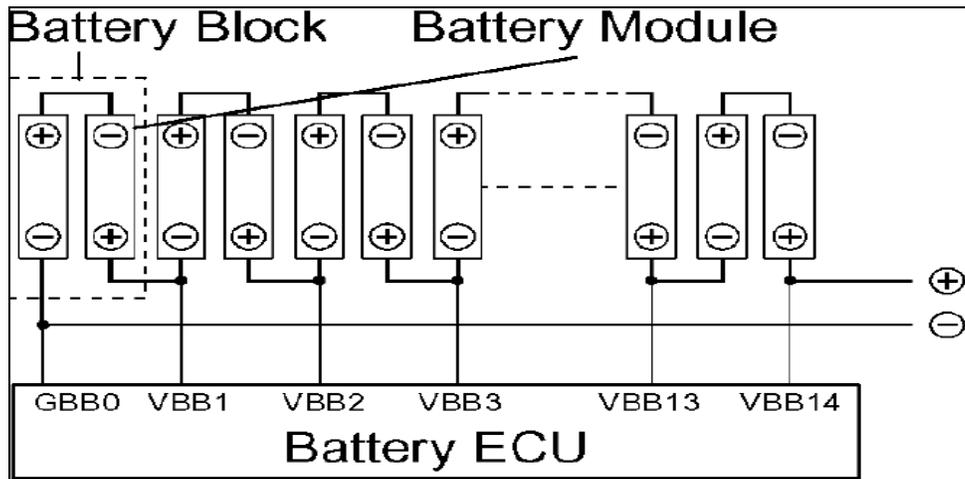


Este voltaje es entonces el que a continuación será utilizado en los motores trifásicos que son el motogenerador MG1, el motogenerador MG2 y el motor del aire acondicionado. Todos estos serán explicados detalladamente más adelante, pero este voltaje requiere ser también restablecido y monitoreado constantemente por la ECU de la batería, adicionalmente la batería debe mantenerse a temperatura que no ocasione problemas.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Monitoreo de los Voltajes de las celdas



Cada paquete de 15, 78 V tiene un monitoreo de voltaje que va a la ECU de la Batería, cada monitoreo toma progresivamente la suma de los paquetes, de tal forma que el monitoreo del paquete 1 (VB1) deberá medir 15,78 V y ser luego progresivos así:

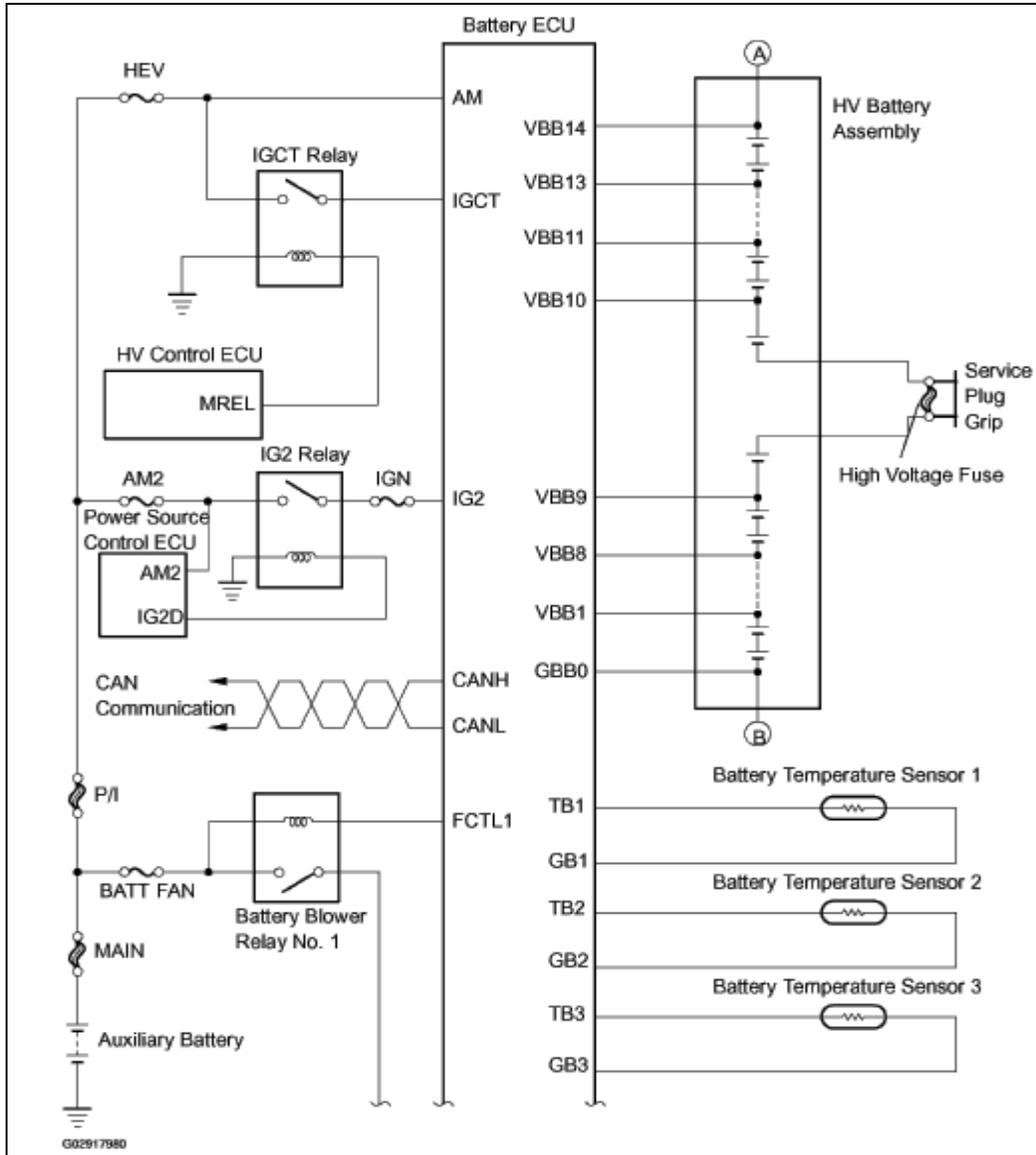
VB1= 15,78V, VB2=31,42V; VB3=47,20VVB14= 220V

De esta forma si por algún motivo es interrumpida alguna serie o una serie está en corto la ECU de la Batería no verá el incremento de voltaje deseado y generará el respectivo código.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

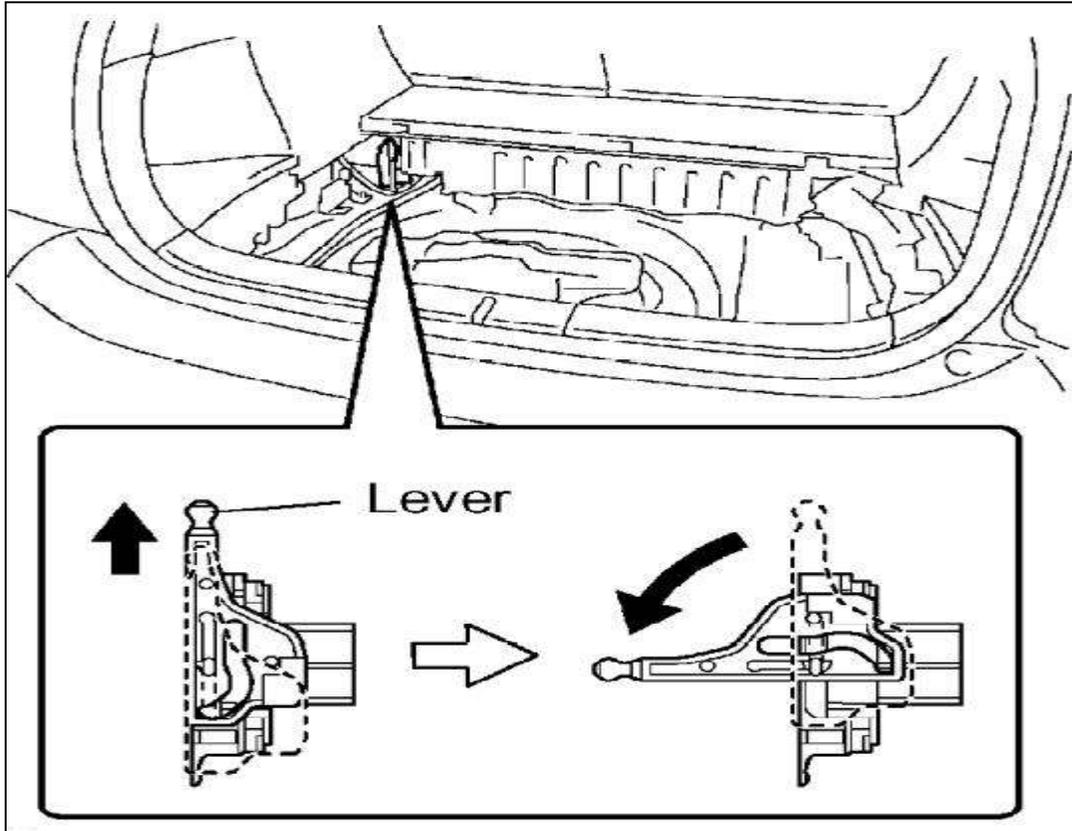


Los cables de monitoreo salen de los diferentes puntos de medida dispuestos después de cada serie de dos o sea después de cada uno de los 14 paquetes, y llevan este valor a la ECU de la batería como se puede apreciar en el diagrama eléctrico, adicionalmente en la ECU de la batería tenemos conexión a la red CAN, el control del soplador para enfriamiento de la batería, los sensores de temperatura que informan la temperatura de las baterías y los relés IGCT que son los que posibilitan que la tensión de estas baterías salga hacia el compartimento del motor. En este caso estos relays son activados por la computadora del sistema híbrido HV.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Clavija o Jumper de Seguridad

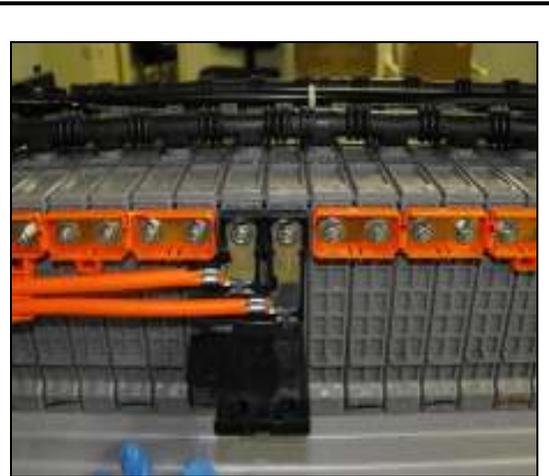
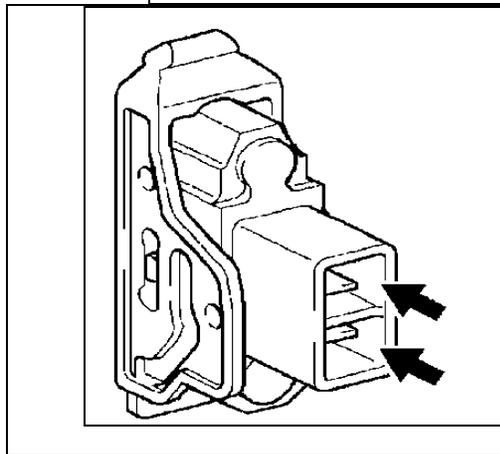
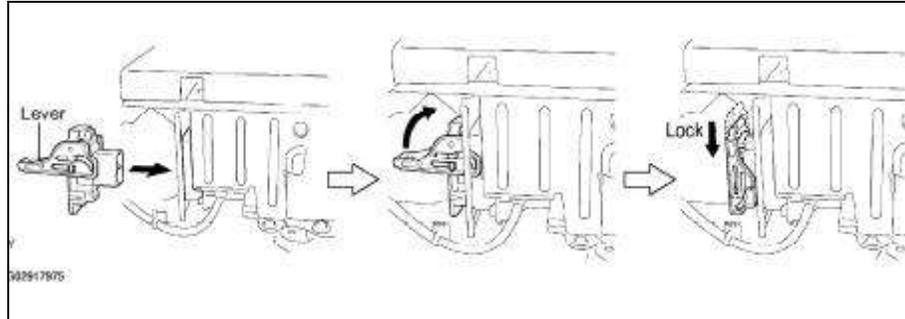


La serie de los paquetes de las baterías llegan a los dos polos positivo y negativo para su distribución, adicionalmente posee una clavija de seguridad que abre el circuito al sacarla, esta clavija tiene conexión al paquete 10 como se su puede apreciar en la figura. En el caso del Prius la conexión en serie se interrumpe dejando una sección de 70V y otra sección de 150V. Adicionalmente la clavija de seguridad tiene un enclavamiento mecánico el cual es monitoreado eléctricamente por en modulo del hibrido que detecta cuando el enclavamiento no esta conectado correctamente y bloquea el sistema no dejando encender al auto y limitándolo a estar en neutro.

El enclavamiento mecánico tiene un puente eléctrico que informa al modulo del hibrido que este se encuentra o no enclavado, de esta forma el modulo del Hibrido permitirá que entre en funcionamiento el ECU de la batería o lo bloqueara en caso de encontrar desconexión.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



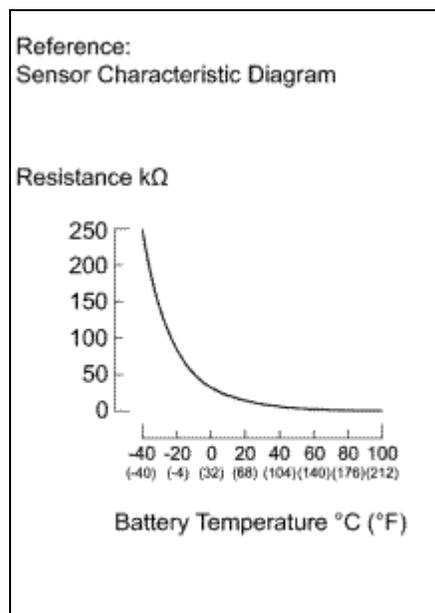
Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Monitores de la Temperatura

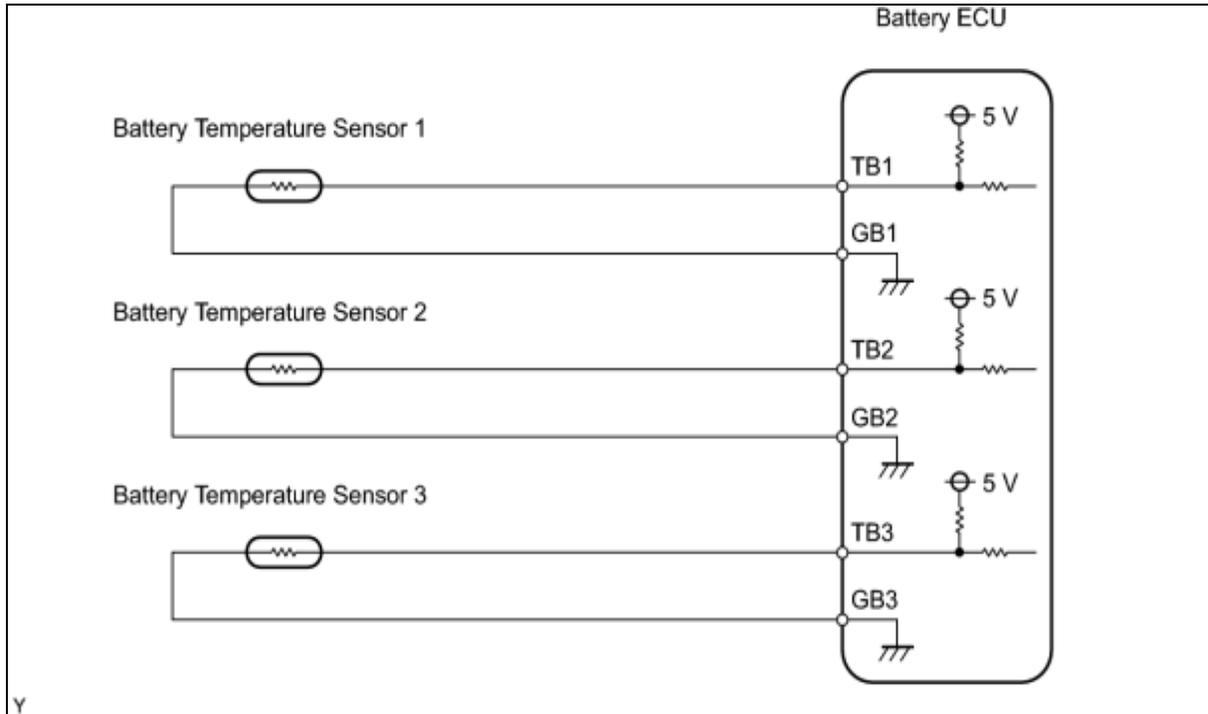
El paquete completo de batería posee 3 o 4 sensores de temperatura (termistores) que llevan información a la ECU de la Batería de la temperatura a la que se encuentra la batería (un sensor superior y dos inferiores). Adicionalmente las baterías poseen un sistema de desfogue de vapores para evitar que los vapores de la batería salgan y formen depósitos en las partes eléctricas y electrónicas cercanas, y también un sistema de ventilación que circula alrededor de la batería completa envolviéndola con aire y posibilitando su enfriamiento. Los 3 sensores de temperatura de la batería se encuentran en la parte inferior del conjunto de la batería HV. La resistencia del termistor, que está integrada en cada sensor de temperatura de la batería, varía de acuerdo con los cambios de temperatura del conjunto de la batería HV. Cuanto más baja sea la temperatura de la batería, más alta será la resistencia del termistor. A su vez, mientras más alta sea la temperatura, más baja será la resistencia.

La ECU de la batería utiliza sensores de temperatura de la batería para detectar la temperatura del conjunto de la batería HV. En función de los resultados de esta detección, la ECU de la batería regula el soplador de la batería. (Así, el ventilador del soplador se pone en marcha cuando la temperatura de la batería HV alcanza un nivel previamente determinado.)



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



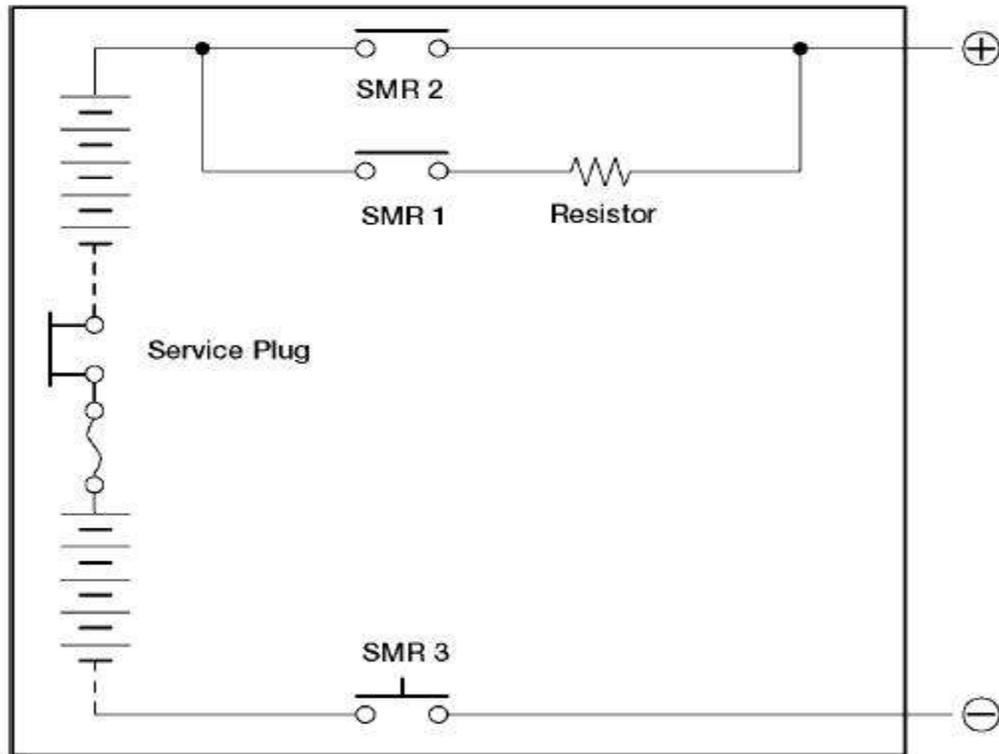
Control de la alimentación de alta tensión

A la salida de la batería se dispone de dos relés (System main relay **SMR3 EN EL NEGATIVO** Y **SMR2 EN EL POSITIVO**) para realizar la conexión al sistema, un relé para cada polo y adicionalmente posee un relé (**SMR1**) que lleva conectado en serie una resistencia de 20 ohm. Este Relay **SMR1** sirve para protección del sistema ya que primero actúa el relé **SMR3** de conexión a negativo y luego **SMR1** que conecta al sistema intercalando en el circuito una resistencia de 20 ohm. De esta forma se protege al sistema en general ya que le es posible detectar midiendo la corriente que pasa si existe un corto circuito o algún problema que implique un mayor pasaje de corriente. Si todo esta bien se conectará **SMR2** colocando el positivo en forma directa. Si algo llegara a estar mal se bloqueará el sistema y no se aplicará corriente en forma directa.

En resumen: Entra primeramente el relé de negativo **SMR3**, luego entra el relé de protección **SMR1** y si detecta que todo está correcto en cuanto al consumo de corriente, activa el relé de positivo **SMR2**, caso contrario no lo activa y adicionalmente desactivará el relé de negativo **SMR3**.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



Para determinar si hay fugas de corriente o cortos circuitos el sistema utiliza un sensor de corriente por efecto hall que se encuentra a la salida del negativo de la batería, este sensor de tres cables va conectado a la ECU de la batería e informa la cantidad de corriente que regresa por el negativo.

Los termistores (4 en algunos casos) dan información de la temperatura de la batería y en base a esto la ECU de la Batería puede activar el ventilador para la batería (Blower Bat.) controlado por un modulo de transistor (driver fan) el cual es monitoreado por la ECU BAT que ve el funcionamiento verificando los pulsos negativos al motor.

La ECU BAT da pulsos al transistor para permitir al transistor colocar negativo al motor del soplador.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

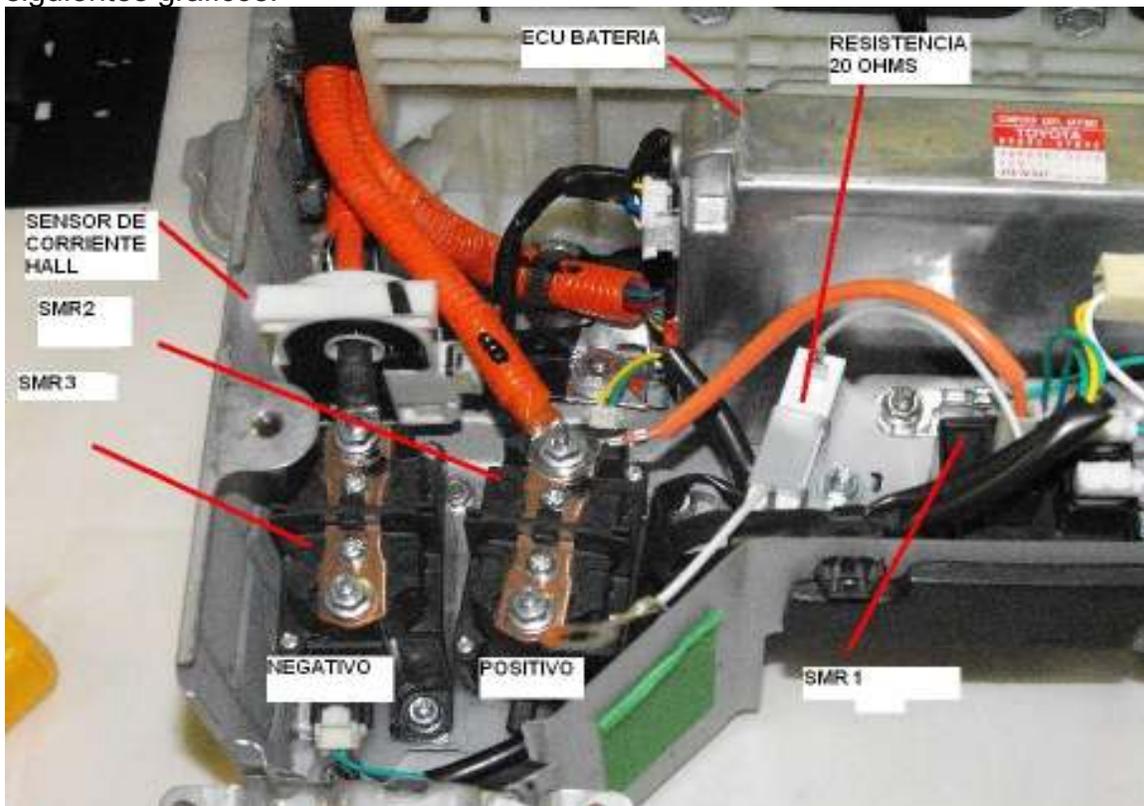
Por Fernando Augeri

Ecu de la batería

La ECU de la batería está ubicado a un lado de la batería de alta tensión, a esta llegan los cables de información de los voltajes de los paquetes de las baterías que son 14 en total más la referencia del negativo.

Adicionalmente encontramos un pin donde se aplican los 5 V de alimentación al sensor de corriente mas su respectiva señal y masa. Un pin de alimentación constante de batería, un pin de alimentación por ignición; están conectadas los termistores para la información de temperatura de la batería de alta tensión y adicionalmente este controla al ventilador de aire para la batería (Blower Bat) mediante el negativo al relé del motor del soplador. También la ECU verifica los pulsos negativos dados al motor por el controlador del ventilador (Driver Fan) el cual recibe pulsos de la ECU que van al transistor del mismo.

El sensor de corriente de la batería adicionalmente por señal de voltaje informa a la ECU de la batería cuando la carga esta baja como se puede apreciar en los siguientes gráficos.



Vista de components en el conjunto d ela batería

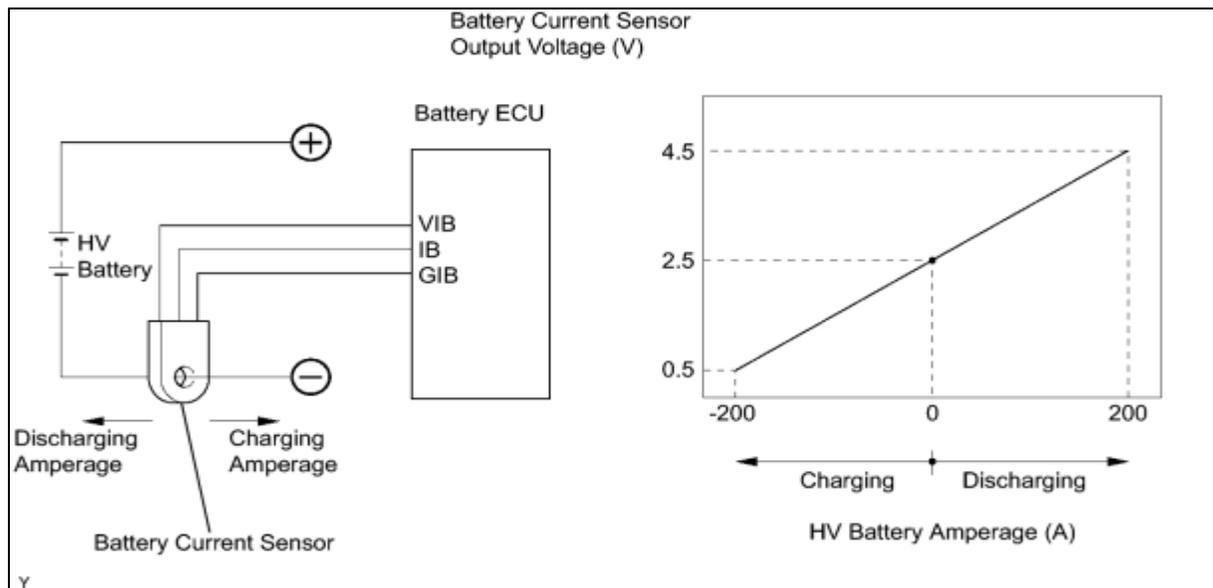
Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Sensor de corriente de la batería

El sensor de corriente de la batería, que está montado en el lado del cable negativo del conjunto de la batería HV, detecta el amperaje que fluye hacia la batería HV. El sensor de corriente de la batería introduce una tensión (que varía de 0 a 5 V en proporción al amperaje) en el terminal IB de la ECU de la batería. Una tensión de salida del sensor de corriente de la batería por debajo de 2.5 V indica que el conjunto de la batería HV se está cargando, y si es superior a 2.5 V indica que se está descargando.

La ECU de la batería determina el amperaje de carga y descarga del conjunto de la batería HV en función de las señales enviadas a su terminal IB, y calcula el SOC (estado de carga) de la batería HV mediante la estimación del amperaje.



El sensor de la batería es tipo hall ya que de esta forma provee de una lectura mucho más exacta y su valor es tomado por la ECU de la batería según los valores de la siguiente tabla.

Como se puede apreciar en el gráfico este posee un umbral de 2.5 V a partir del cual la ECU determina si la batería está siendo cargada (Tensión debajo de 2.5 Volts) o descargada (Tensión sobre 2.5 volts.)

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

NOTAS:

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Lección 4

Operación del sistema inversor

El conjunto Inversor tiene cuatro funciones específicas controladas en todo momento por la unidad de control electrónica del sistema Híbrido, dentro de estas funciones se encuentran.

- Elevar la tensión de 220 V aproximadamente a una tensión de 500 VDC aproximadamente, esto lo logra con un circuito Amplificador.
- Con la tensión de 500VDC y usando la electrónica de potencia generar una corriente Alterna en tres fases para conseguir el movimiento de MG2 y MG1 de forma independiente , dentro del inversor se consigue la etapa de potencia , pero el control esta a cargo de la unidad de control del sistema HV.
- Permitir invertir la situación de operación de MG1 Y MG2, logrando por momentos convertirlos en generadores, y llevando esta carga hasta la batería de alta tensión HV.
- Utilizando la tensión de la batería de alta Tensión HV, generar una corriente alterna en tres fases, que sea capaz de mover un motor eléctrico que opera el sistema compresor para el Aire Acondicionado.
- Permitir la carga de la batería de 12 V utilizando como fuente la carga de alta tensión de la batería HV, para esto utiliza un circuito conversor DC – DC incorporado en el mismo conjunto del inversor, toda la gestión es dada por la unidad de control electrónico del sistema híbrido HV.

Aparte de estas funciones principales se cuenta con otras adicionales, como es por ejemplo las mediciones de temperatura y corriente de los componentes internos del sistema, siempre basados en el monitoreo de la ECU HV. Para prevenir cualquier malfuncionamiento que pueda colocar un riesgo el sistema.

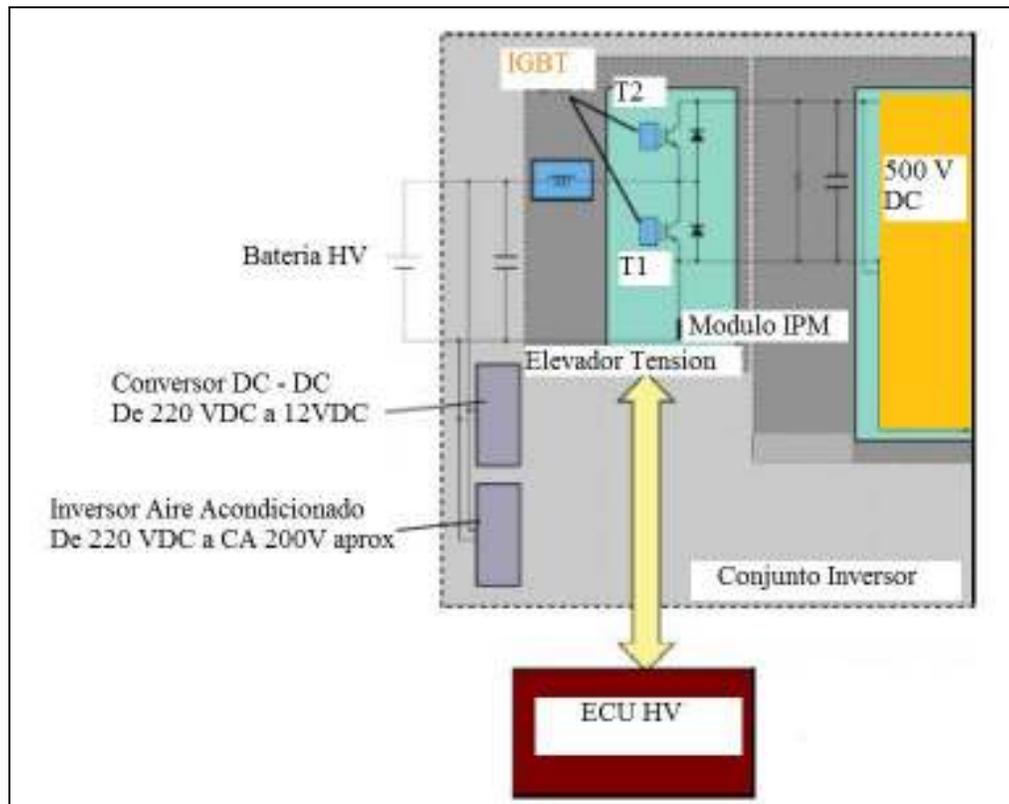
En el análisis del circuito electrónico en el interior del INVERSOR, se encuentra el sistema dividido en dos partes, una encargada de manejar los Moto Generadores y otra que maneja el motor del Aire Acondicionado y el conversor DC – DC. La

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

primera contiene una fuente (ELEVADOR) , que levanta a partir de los 220 V aprox. de la batería hasta una tensión de 500 V y la segunda que opera con la tensión de 220 V Aprox.

En el esquema inferior se puede apreciar un esquema que muestra estas dos partes del INVERSOR.



Elevador de tensión (BOOSTER)

El elevador de tensión es la clave del mecanismo inversor, esta compuesto por un reactor, y modulo denominado IPM que en su interior contiene un par de transistores IGBT, los cuales son accionados de forma muy precisa para cumplir dos funciones específicas.

- Crear con el reactor una fuente SWTCH que eleve la tensión y siga a la parte de control de los moto Generadores.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

- Permitir el paso de tensión hacia la batería en el momento en que los Moto Generadores trabajen como Generadores.

El Modulo IPM y el reactor son unos elementos de potencia importante y este modulo a la salida de 500 V cuentan con un circuito RC (Resistencia condensador, que genera estabilidad al sistema y descarga el condensador cuando se desconecta de las baterías.

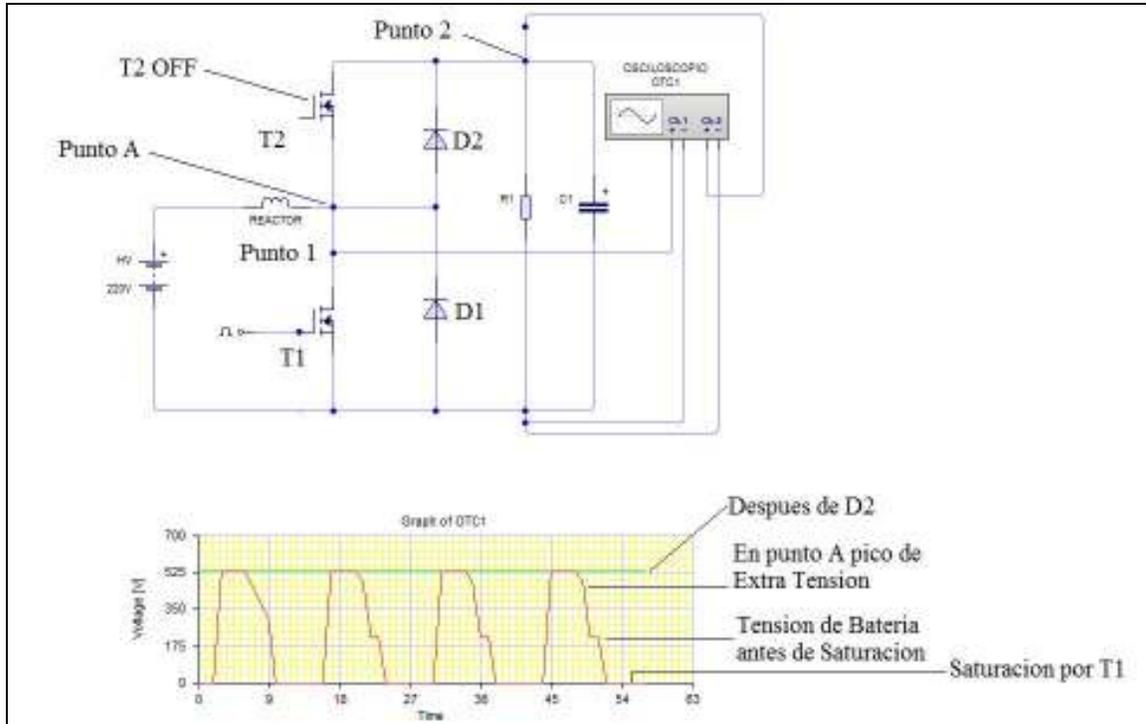
Este paquete cuenta con 3 condensadores cuya función es almacenar los picos altos de voltaje y entregar luego el voltaje manteniendo así un valor alto y mejorando el rizado, haciéndolo más constante. Dicho voltaje alcanza valores aproximados a 500 V.

En paralelo a este paquete de bobinas encontramos una resistencia de descarga equivalente a 63 K ohm. Dicha resistencia es de descarga de los condensadores, este equivalente de 63 K ohm consiste de varias resistencias de altos valores conectadas en paralelo para poder lograr una mejor disipación de la potencia en la descarga de los condensadores cuando el sistema es deshabilitado, ya que al tener una sola resistencia la potencia que debería disipar resultaría demasiado alta.

En el primer paso la unidad de control ECU HV activa al transistor IGBT T1 cargando la bobina (Reactor) directamente con la tensión de la batería HV, cuando la unidad de control del sistema Híbrido HV desactiva el transistor T1, se genera una auto inducción de la bobina reactiva, lo cual presentara una extra tensión en el Punto A. En este momento el Transistor 2 T2 se encuentra desactivado, quedando como único paso el diodo 2 D2 el cual se polarizara con una tensión positiva, es decir, solo pasara hacia el condensador tensiones positivas, y D1 no permitirá el paso de esa tensión positiva a masa puesto que no lograra ser polarizado.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



Al pasar los picos de extra Tensión a través del Diodo se llega al conjunto de condensadores los cuales ayudan a estabilizar esta tensión.

Cuando se desconecta el sistema y deja de operar el circuito estos condensadores pueden quedar con tensión almacenada. Para descargarlos se encuentra un conjunto de resistencias en paralelo con un valor de 63 Kohm aproximadamente, a la salida de este conjunto de componentes se tiene una tensión aproximada de 500VDC , los cuales serán utilizados por el conjunto de transistores para la generación de la Corriente Alterna en tres fases para el Movimiento de los Moto Generadores MG1 y MG2.

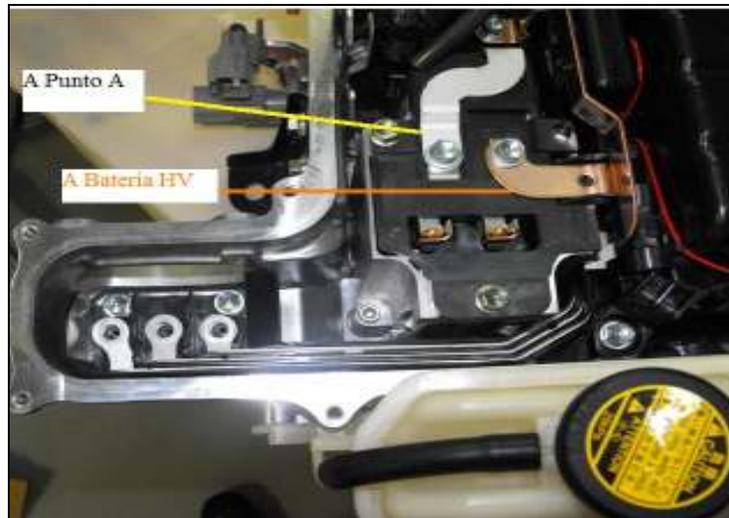
Cada uno de los componentes que hacen parte de este circuito (Booster) , requieren una potencia importante y características electrónicas que le permitan operar en condiciones especiales como son las altas frecuencias, Temperaturas cambiantes , para tal fin se utilizan elementos especiales como seria el modulo IPM , el REACTOR (Bobina) y los condensadores y resistencias , todos ellos de una potencia elevada para poder soportar las condiciones, a continuación se desarrollara una descripción de cada uno de estos componentes que hacen parte de el Reactor.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Reactor

El reactor es una Bobina que se encuentra en serie con el circuito como se puede apreciar en la fotografía inferior, todas sus conexiones se encuentran enlazadas con Tornillos fuertes y en este punto no deben existir resistencias o caídas de tensión.



Modulo IPM

Este modulo presenta la función de generar la conmutación a masa del Reactor, para ello utiliza Transistores con tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), los cuales cuentan con una serie de características electrónicas que le permiten conmutar a altas frecuencias y cargas elevadas , en este caso todo se encuentra en un solo Modulo de marca MITSUBISHI , (Intelligent Power Modules).

Dentro de las características importantes de este modulo se encuentra:

- Completa salida de Poder.
- Compuerta Aislada en el comando del modulo.
- Protección lógica del circuito (Corto circuito – Sobre Temperatura – Sobre Voltaje).

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Las aplicaciones para este IPM son variadas, las más recomendadas para este conjunto electrónico son:

- Inversores.
- UPS.
- Servo Control.
- Fuentes de Poder.

Los IPM (Intelligent Power Module), son módulos Aislados diseñados para aplicaciones de manejo de poder conmutadas, las frecuencias de operación son altas de alrededor de 20 KHZ. En su construcción contiene circuitos de control y sensado para una operación mas segura, esto mejora la operación de los IGBT. Contienen dentro de su circuito Diodos de Poder (Free – Wheel). Este tipo de Módulos IPM tiene un numero de parte especifico según la aplicación, pero su denominación apunta hacia el Voltaje y Amperaje que manejan, por ejemplo, un modulo PM400DVA060 representa Modulo de Poder de 400 V y 60 Ampere.



IPM Prius



IPM Comercial **PM400DVA060**

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

La estructura interna es muy compleja, pero básicamente se encargan de las conmutaciones, en este caso se ha analizado la parte que permite elevar la tensión a 500 V aprox. Dentro de este modulo también existe el transistor T2 que en el momento de el trabajo como fuente esta OFF, pero en momentos se coloca ON y de esa forma deja pasar la carga de los Moto - Generadores hacia la batería, ese evento se explicara mas a delante en la parte de freno regenerativo.

En la siguiente grafica se puede apreciar la estructura interna del IPM, el cual cuenta con las salida E2, la cual es masa de la batería HV y estaría sujetado con un Fuerte Perno.

Por otro lado estaría C2E1, la cual es usada para el control de la bobina (REACTOR), en esta salida se puede apreciar la actuación del Transistor T1. En esta parte de la estructura del IPM se puede apreciar que existe un sensor de temperatura del conjunto.

En la segunda parte del IPM se encuentra T2 el cual presenta su salida en el Borne C1, en este punto estará colocado el voltaje de alta después del Diodo 2, en este punto es donde se encuentra la tensión estabilizada para el uso del sistema que opera los motores de tres fases.

The diagram illustrates the internal structure of an IPM (Intelligent Power Module) with two channels. At the top, a red box labeled 'A ECU DE CONTROL HV - senales de control y diagnostico' contains control pins: CI, SR, Fo, and RFO. Each channel has an input (IN) connected to CI, a sense input (SENS) connected to SR, and a temperature sensor (TEMP) connected to Fo. The output (OUT 1) is connected to a reactor (C2E1) and the output (OUT 2) is connected to a 500V terminal (C1). The diagram also shows a common ground (E2) and a reference voltage (VCC). A temperature sensor (TH) is connected to the common ground (E2). A diode (D2) is connected to the 500V terminal (C1). A transistor (T1) is connected to the reactor (C2E1) and a transistor (T2) is connected to the 500V terminal (C1). The diagram also shows a resistor (RG) and a reference voltage (RREF).

Cise Electrónica – José M. Bustillo 3243 – Capital Federal, Buenos Aires CP: 1406 – Argentina (5411) 4637-8381
Cise Electronics Corp. – 12920 SW 128th Street – Suite 4 – Miami, Florida 33186 – USA (786) 293-1094
<http://www.cise.com> info@cise.com

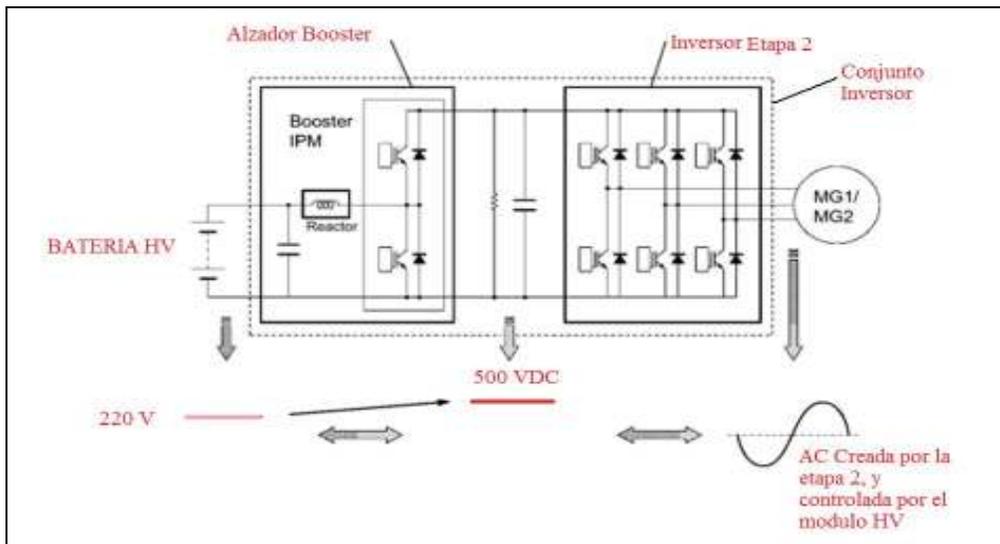
56

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Operación IPM en la estrategia de carga de la Batería HV

Hasta este punto solo se ha analizado lo que pasa de la batería hacia el sistema, pasando por el Alzador, pero existe una estrategia en el momento que el sistema necesite recibir energía, si se analiza el circuito completo del Inversor se puede apreciar la conexión de los motores eléctricos MG1 y MG2.



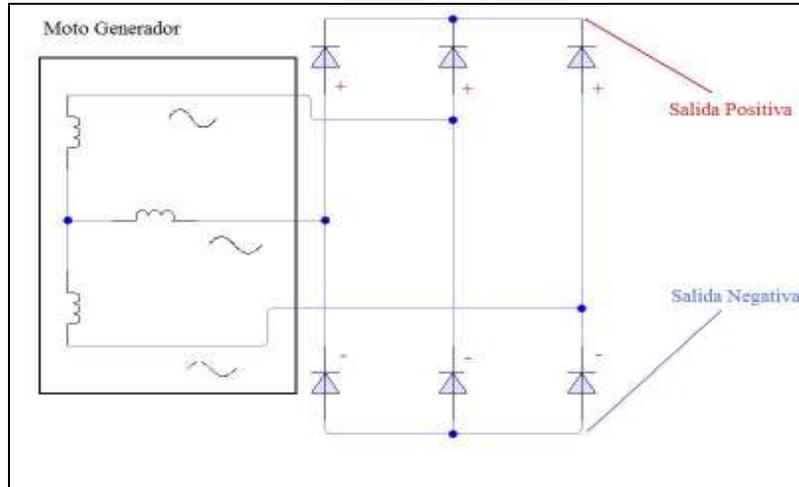
Cada una de las fases de los Moto - Generadores operan corriente alterna, esta es generada por el Inversor en la etapa 2 y va hacia uno de los moto Generador MG cuando trabaje como motor eléctrico, pero por momentos este va a generar energía eléctrica usando por ejemplo el movimiento de vehículo (Freno Regenerativo), en ese momento funcionara como Generador y en ese caso será MG1 o MG2 quienes generen la corriente Alterna. Esta corriente debe entrar a la batería como Corriente Directa, para eso debe pasar por la Etapa 2 y el conjunto IPM.

Como primera instancia la Corriente alterna se debe convertir en directa, para ese fin cada fase utiliza el puente rectificador, conformado por el conjunto de diodos mostrado en la grafica superior como Parte 2.

En el esquema que se evidencia a continuación se puede apreciar eléctricamente como opera este mecanismo, el cual es similar al de un Alternador Vehicular.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



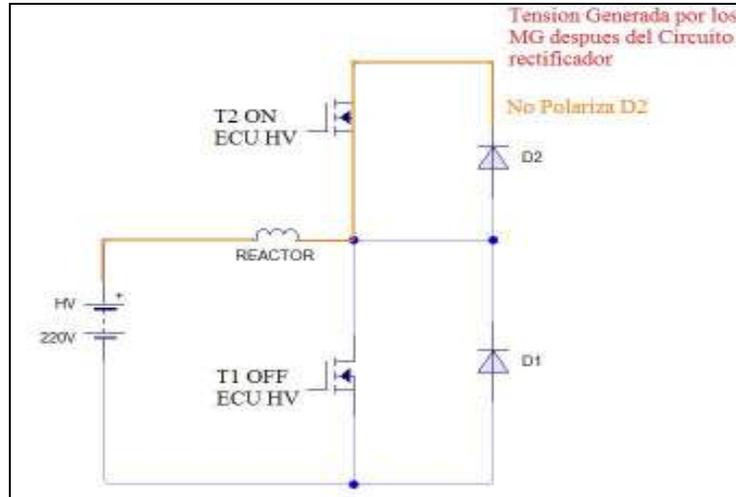
Una vez que pasa por este circuito se tiene una salida Positiva y Negativa de Corriente directa, que también se estabiliza gracias a el paquete de condensadores, lo interesante esta en la forma en que esa tensión va a pasar a la batería HV.

La Tensión para que ingrese debe ser mayor que la de la batería HV como primera medida , luego cuando llegue al IPM esta tensión no podría pasar directamente puesto que el diodo 2 no esta correctamente polarizado. Es en ese momento cuando la unidad de control del sistema Híbrido deja de operar a T1 (Quien controla la fuente conmutada) y permite la activación de T2 creando así un paso para la tensión que se encuentra en el Punto 3 Mostrado en la figura inferior. Se debe recordar que la tensión del Punto 3 es el producto de la generación de corriente de los MG.

En ese momento comenzara a ingresar carga a la batería, pasando por el reactor, que por su baja resistencia, no generara gran caída de tensión. En la imagen inferior se puede Observar el paso de la tensión a través de T2 sombreado en rojo.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



El conjunto de los diodos, se encuentra en el mismo cuerpo de los Transistores de potencia que conmutan los motores eléctricos MG, en la fotografía inferior se puede Observar este componente que hace parte del sistema Inversor.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Condensadores circuito INVERSOR

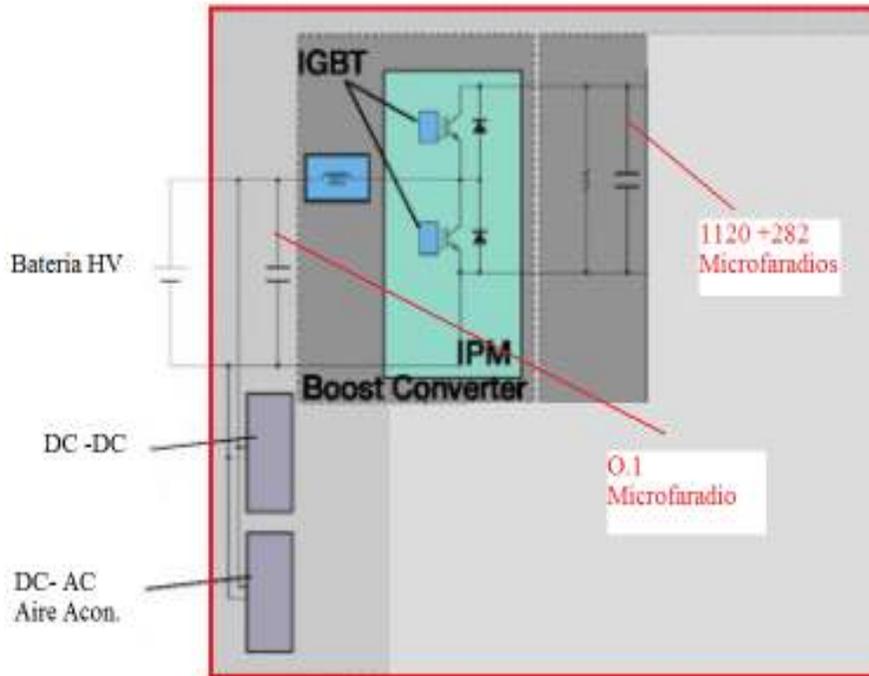
En la etapa de Potencia tanto de Booster como de manipulación de motores MG y recarga de las baterías HV, están involucrados los condensadores, estos se encuentran dispuestos en un paquete sellado muy estable y de un manejo importante de potencia y disipación, en la grafica inferior se puede observar este conjunto de tres condensadores en el paquete que esta montado en el interior de Inversor.



El valor de estos condensadores esta estipulado en la etiqueta del mismo, se tiene para el condensador que se encuentra entre la Batería HV y el modulo IPM un valor de 0.1 Microfaradios , para el condensador que se encuentra después del Booster y antes del circuito Inversor de los Moto Generadores, siempre se representa como uno solo, pero en realidad es una suma de dos Condensadores uno de 1120 Microfaradios y otro de 282 Microfaradios en el esquema siguiente se muestra el circuito con la indicación de cada uno de ellos.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



•

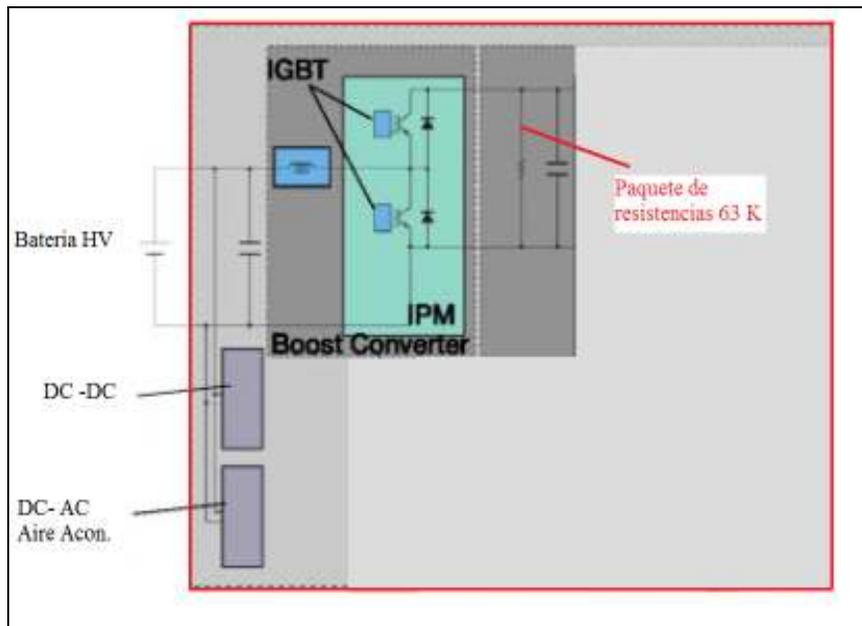
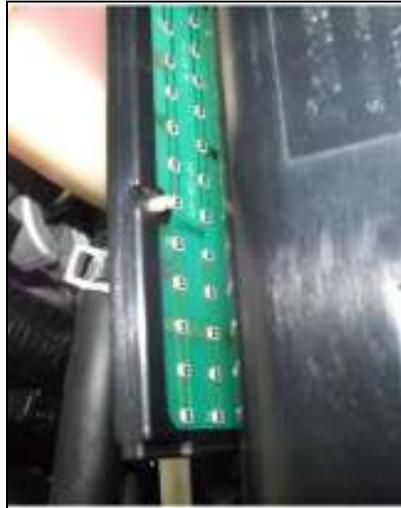
Dentro del circuito inversor existe un conjunto de resistencias que hacen parte del circuito RC, en este caso es muy importante la utilización de las mismas, puesto que si no se encuentran ubicadas podría permanecer el circuito de capacitores mucho tiempo cargado después de una condición OFF del vehículo y esto colocaría en riesgo el sistema en algunas condiciones, por ejemplo frente a una posible reparación de algún mecanismo que exija el desmonte del conjunto Inversor.

Este paquete de resistencias se encuentran en un circuito en paralelo para poder disipar mas efectivamente el calor y en total suman un valor de aprox. 63 Kohm, en la conexión del paquete están representadas por un cable rojo (Positivo) y uno negro (Negativo).

En la fotografía inferior se muestra este paquete de resistencias.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

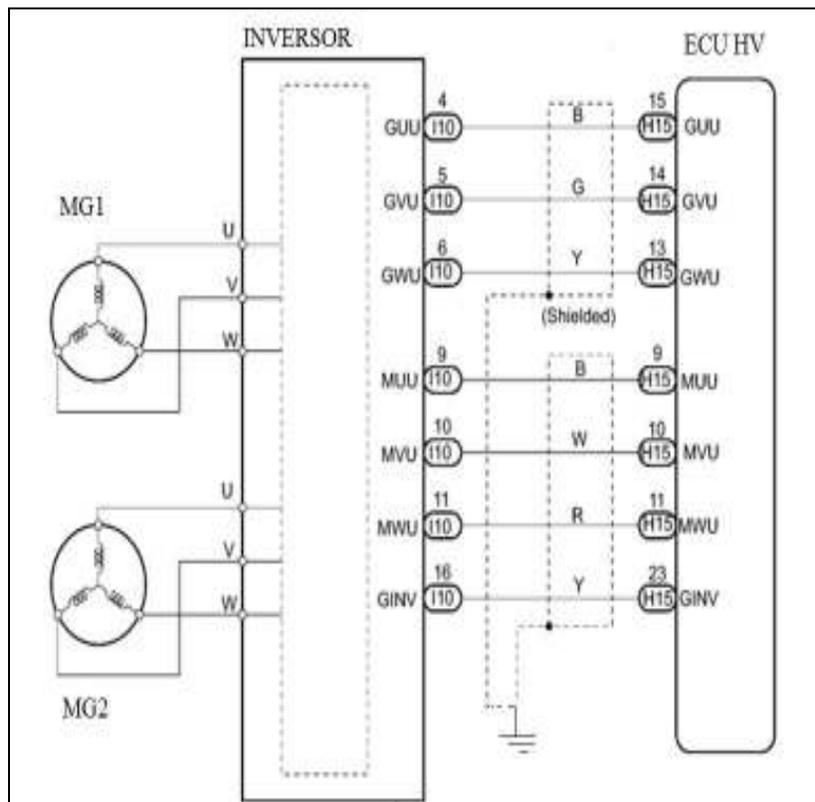


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Generación de la corriente Alterna para el control de los Moto Generadores

Cada uno de los moto Generadores MG1 MG2 es un motor Trifásico de corriente alterna, la conexión de cada uno de ellos es tipo estrella como la imagen inferior, el detalle de operación de los motores trifásicos se explicara mas adelante, para este ejemplo se va a partir de la base que cada uno de estos motores Requiere Tres fases de corriente Alterna. Que se encuentren desfasadas entre si a 120 Grados, en relación a la rotación del motor.



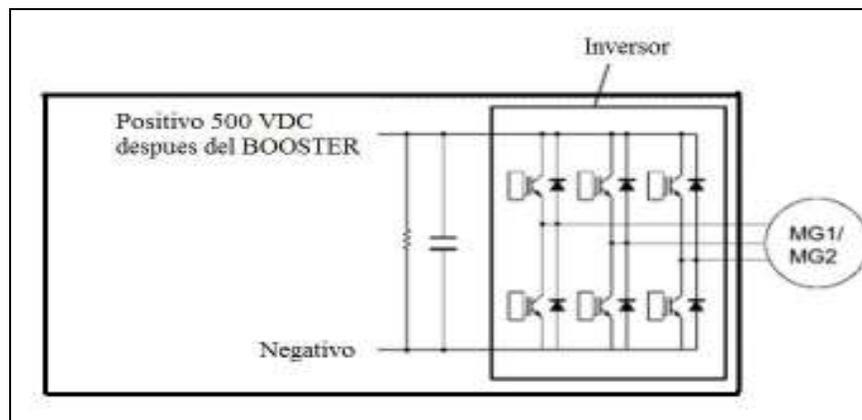
Según el grafico se debe analizar cada una de estas fases U, V, W en cada una de ellas, debe existir un flujo de corriente que cambie de sentido con relación al tiempo, toda la estrategia de generar esta corriente alterna y desfasarla en el momento correcto la

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

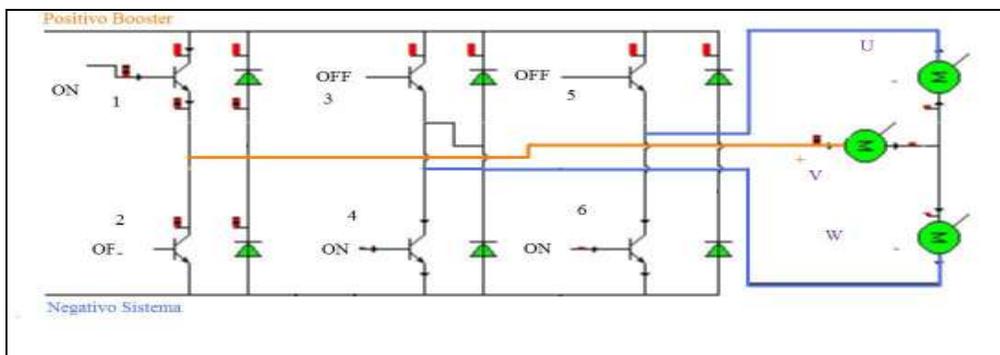
gestiona la ECU HV, pero la potencia de este Mecanismo esta dada por el Inversor que Utilizando unos poderosos transistores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), logra este complicado procedimiento.

El circuito de conexión de cada una de esas fases, con el INVERSOR, específicamente en la parte de los transistores se puede observar en la grafica inferior.



El funcionamiento de los diodos se estudio anteriormente en el circuito rectificador, en este punto se va a analizar la operación de los transistores IGBT.

Para entenderlo se va utilizar un motor DC (Como Bobina), para representar el arreglo de Estrella del Motor en tres fases. Si se observa la Figura inferior se puede apreciar el conjunto de los transistores y la conexión de cada fase del motor. Se mostrará como se genera la inversión de la corriente.



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

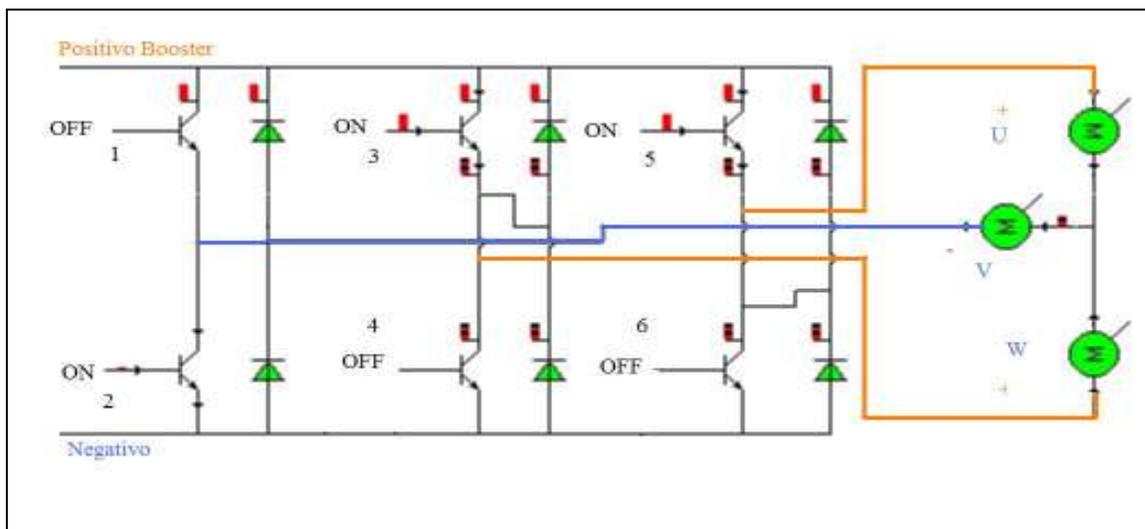
Por Fernando Augeri

En primera medida se va a tener activos los Transistores 1, 4, 6 de esta forma al activarse el No 1 conmutara positivo que toma por el colector y lo lleva directo a la fase V.

Al mismo tiempo se puede observar que activado el Transistor No 4 se conmuta negativo a la Fase W, al estar también Activado el Transistor No 6 se coloca Negativo en la fase U, si se quiere invertir la corriente sobre las bobinas de los Motores, es necesario activar los transistores 2, 3,5 y de esta forma al activarse el transistor No 2 conmutara negativo a la fase V, el negativo lo toma por el Emisor y lo conmuta a través del colector.

Al activarse el transistor No 3, este colocara positivo a la fase V, el positivo lo toma por el colector y lo transfiere a la fase a través del emisor, y en el momento que se activa el transistor No 5, este conmutara positivo también a la fase U, este lo tomara por el colector y lo pasara a la fase a través del emisor, las líneas rojas en la grafica representan el Positivo y las Azules el negativo.

Si se puede observar en los dos grupos de activaciones se logran invertir las polaridades sobre las bobinas, al invertir las polaridades, realmente se realiza una inversión en la corriente que circula por las mismas con lo que se consigue una corriente alterna, la frecuencia de operación será la frecuencia a la cual se activen los transistores y las características en la secuencia de la activación es la que permite el desfase a 120 Grados en los motores.

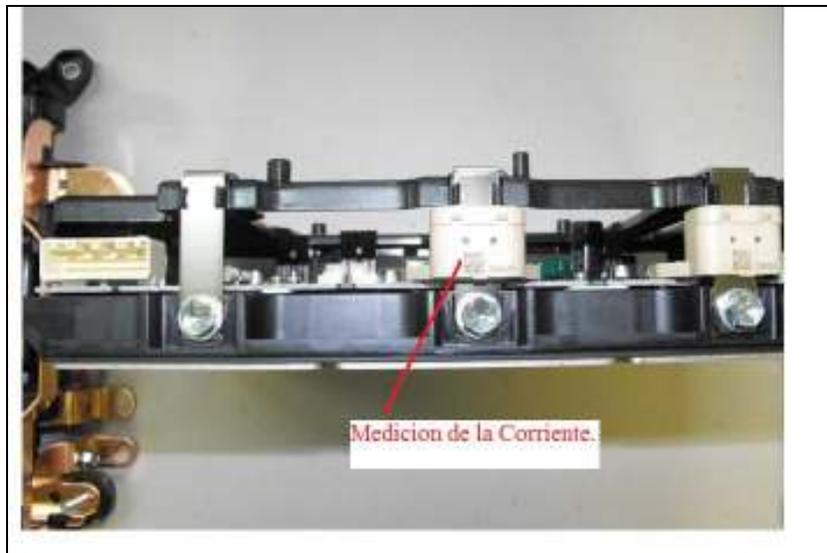


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Toda la estrategia de operación la realiza, el Modulo HV pero la potencia del sistema la maneja el invertir, con los poderosos transistores IGBT.

Existen varios parámetros que el Modulo HV verifica, como son por ejemplo la temperatura de los motores o Inversor y la corriente que toman los mismos, estos datos se pueden apreciar en el scanner, pero para esto el sistema incorpora novedosos mecanismos en su interior que permiten evaluar estos parámetros, en la fotografía inferior se puede observar unos sensores que miden la corriente interna en los circuitos del inversor.



Como complemento a la medida de corriente, el sistema HV puede evaluar la Temperatura Interna de circuito o cuerpo del Inversor o Motores, en este caso se puede apreciar uno de estos sensores, que también se podría monitorear en el scanner. El presentar un daño en alguno de ellos podría generar un malfuncionamiento creando un DTC hasta tal punto que por estrategia deshabilite el sistema e inhiba el movimiento del vehículo, en ningún manual de fabricación existen métodos de reparación para este tipo de componentes que están en el interior de los conjuntos electrónicos, pero es muy importante desarrollar un método de diagnóstico Avanzado que logre encontrar estas complejas fallas.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



Sistemas Adicionales del Inversor – Conversor DC – DC - Inversor DC – AC para Aire Acondicionado.

CONVERSION DC-DC

El vehículo Toyota Prius, por momentos se mueve con el motor de combustión detenido, (Por ejemplo movimientos a menos de 20 Km/h.

Por este motivo, no podría tener un Alternador para el sistema general de 12 V, para suplir esta necesidad, en el conjunto del inversor, existe un circuito que es capaz de tomar la tensión de la Batería HV y reducirla hasta la tensión de 12V DC. Todo este proceso utilizando la electrónica de potencia y monitoreado por la unidad de control del sistema Híbrido HV. Esta reducción se logra en el interior del Inversor, pero debe ser capaz de manejar alto amperaje como el que se necesita al tener todos los accesorios encendidos en el vehículo (Luces Altas , Radio , Blower Aire, Wiper entre otros).

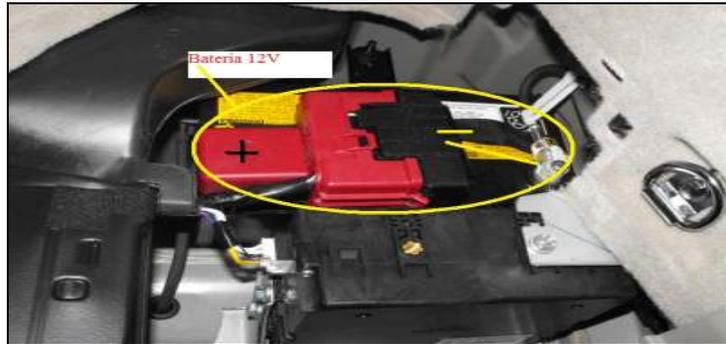
De esta forma el Conversor DC – DC será capaz de colocar este amperaje en una batería de 12V, similar a la de cualquier vehículo comercial, pero algo importante es que esta batería nunca colocara algún tipo de carga a la batería HV, solo

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

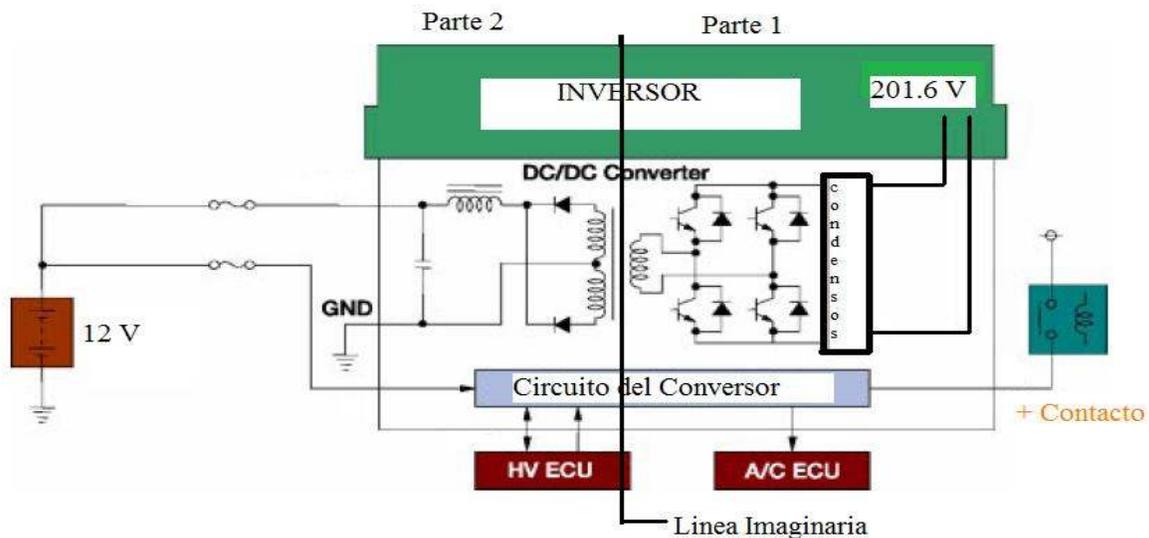
Por Fernando Augeri

tomara tensión y la estabilizara, para los elementos de consumo, la tensión Nominal del sistema en funcionamiento es de alrededor 13.5 V.

Vale aclarar que en la medida que existan consumos importantes en el vehiculo con el sistema de PARQUEO activado , se comenzara a descargar la batería de 12V y en este momento la de 220V aprox. tendrá que suplir esa deficiencia, convirtiendo mas la tensión de 220V en 12 V. Si la carga de la batería de alta baja de un 30 a 25 % , es necesario que el motor de combustión encienda y reestablezca la carga, pero se debe recordar que el motor de combustión no arranca con la batería de 12 V , si no con la de 220V accionando MG1. La imagen inferior es la de la Batería de 12V, ubicada en este vehiculo en la parte trasera derecha.



En el inversor existe un circuito muy bien diseñado el cual realiza la función de reducción de la tensión, siempre tomando la tensión de la Batería HV, en la grafica inferior se muestra una imagen de este circuito DC – DC.

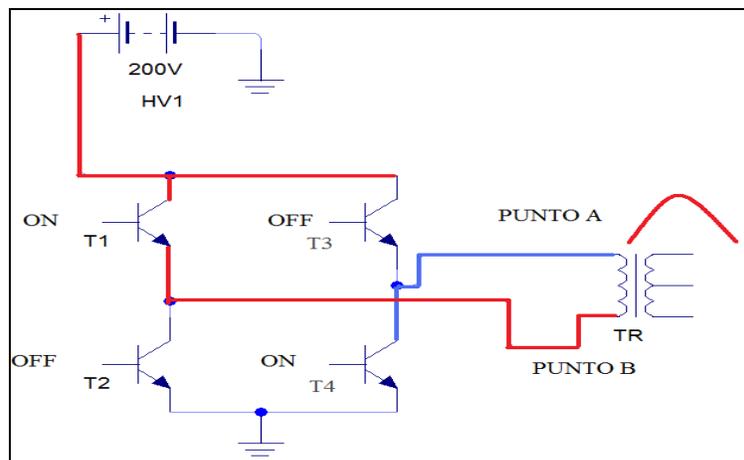


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Para Analizar el circuito DC – DC se colocó en el esquema una línea imaginaria que divide el circuito en 2 partes. Básicamente la operación del sistema es que en la parte 1 existen un conjunto de Transistores de Potencia MOSFET que comandan alternando la corriente la bobina de la Parte 1 (Transformador). Con este efecto se induce Corriente alterna a la parte 1. La bobina de la Parte 1 tiene punto medio que va a masa y un par de diodos en los otros extremos que cumplen la función de rectificador de ONDA COMPLETA. Al entrar la alterna a la parte 2 la onda negativa, La rectificación se completa con un filtrado realizado por la Inductancia en serie y el condensador de filtrado.

En el siguiente esquema se analiza la operación del circuito en la parte 1.



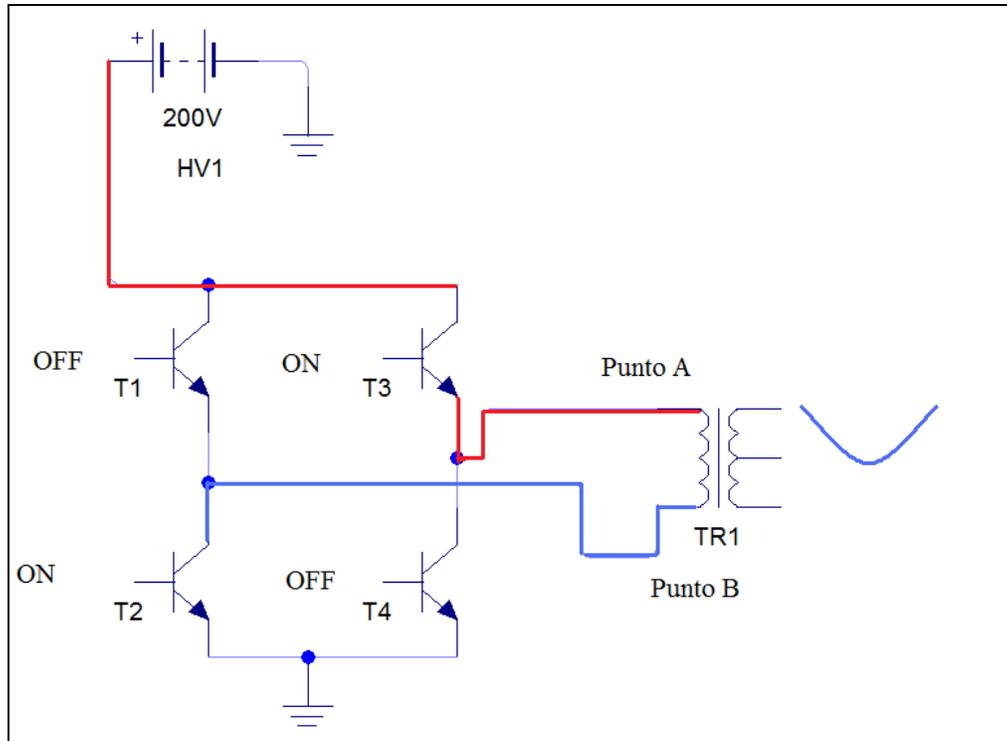
Inicialmente se puede Observar que al Activarse T1 , este Transistor (Mosfet) colocara positivo a la bobina en el punto B , esto lo realiza tomando el positivo por Drain y pasándolo a través de Source , en el Punto A de la bobina se tiene masa que fue colocada por el transistor T4 , T4 toma masa por Source y la pasa a través de Drain , en esta condición la bobina se carga en un sentido como lo muestra la media Onda de color rojo , en ese momento los otros dos Transistores no intervienen en la operación T2 y T3 los cuales en este punto permanecen OFF.

Para generar la correspondiente alterna , el modulo de control hibrido debe activar el otro par de transistores T2 y T3 y desactivar los que anteriormente estaban ON de esta forma consigue invertir la polaridad sobre la bobina del transformador , controlando la frecuencia puede manipular la salida de tensión.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

En la imagen inferior se puede apreciar esta conmutación para invertir la polaridad.



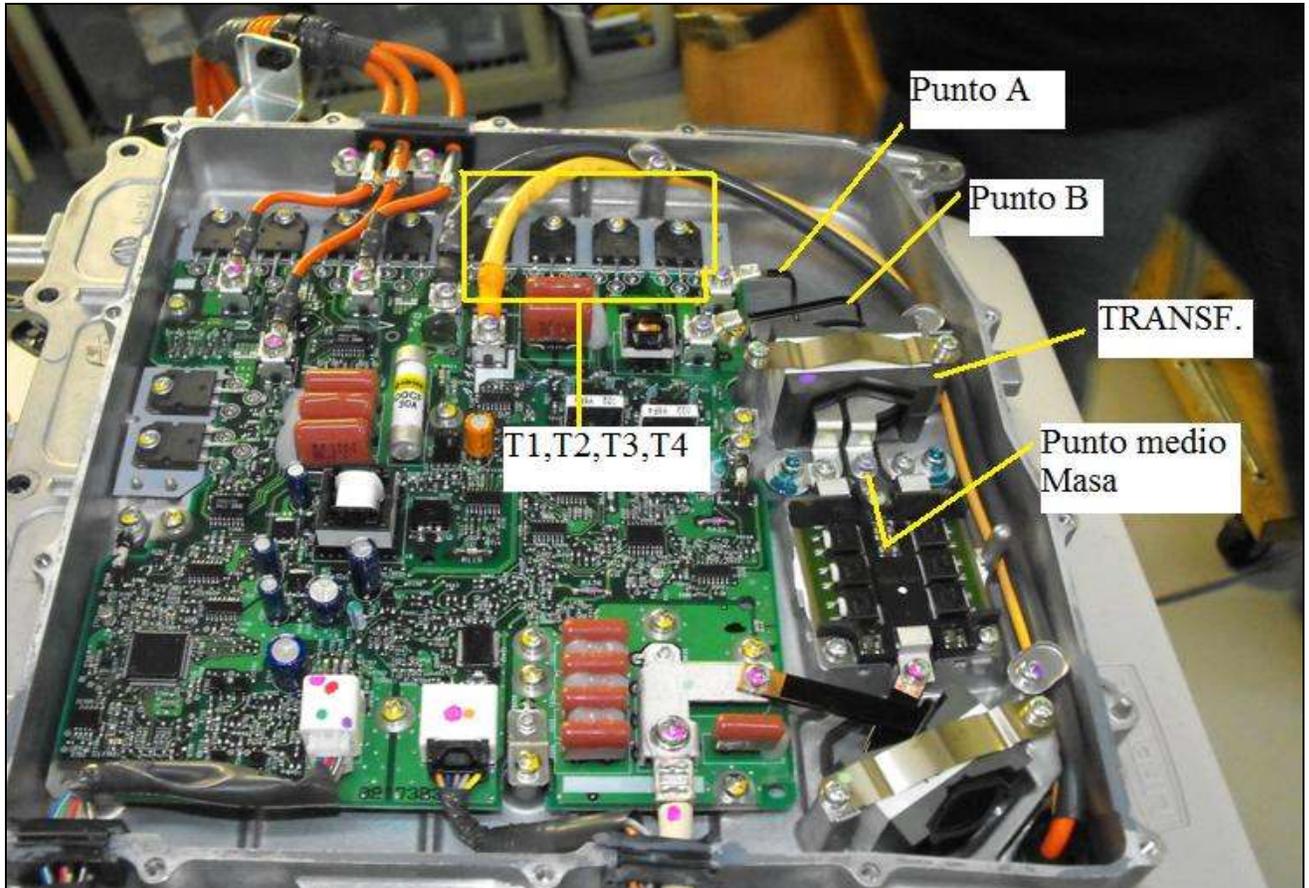
En este caso se puede observar que T2 y T3 están activados por la unidad de control Híbrido HV, T2 conmutara masa que tiene en source permanente, esta ira al punto B de la bobina y T3 al ser activado por la unidad de control Híbrido conmutara positivo al punto A de la bobina, este positivo lo toma por Drain y lo pasa al punto A, a través de Source , invirtiendo de esta forma la polaridad con respecto al evento anterior.

A medida que exista más frecuencia con la serie de activaciones en los GATE de los transistores aumentara la frecuencia de campo magnética que pasara a la parte 2 del circuito.

En las imágenes inferiores se puede observar la parte 1 de este circuito al interior del Inversor.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

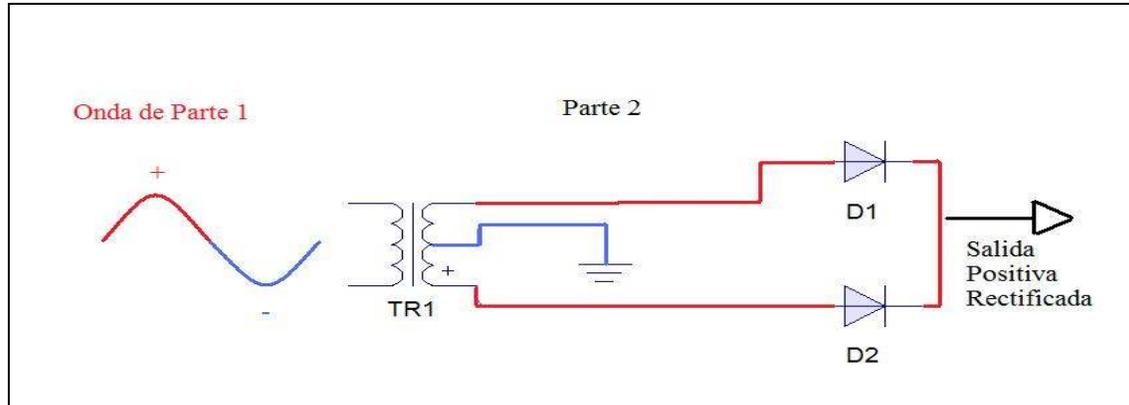
Por Fernando Augeri



En la Parte 2 el circuito es muy simple, básicamente la alterna que se tiene de la parte 1 es inducida a este bobinado partido al medio, y rectificado por los diodos. Lo mas interesante que la operación eléctrica de estos componentes esta dada por la capacidad de los elementos que están en juego. El esquema inferior muestra el esquema electrico de este circuito.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

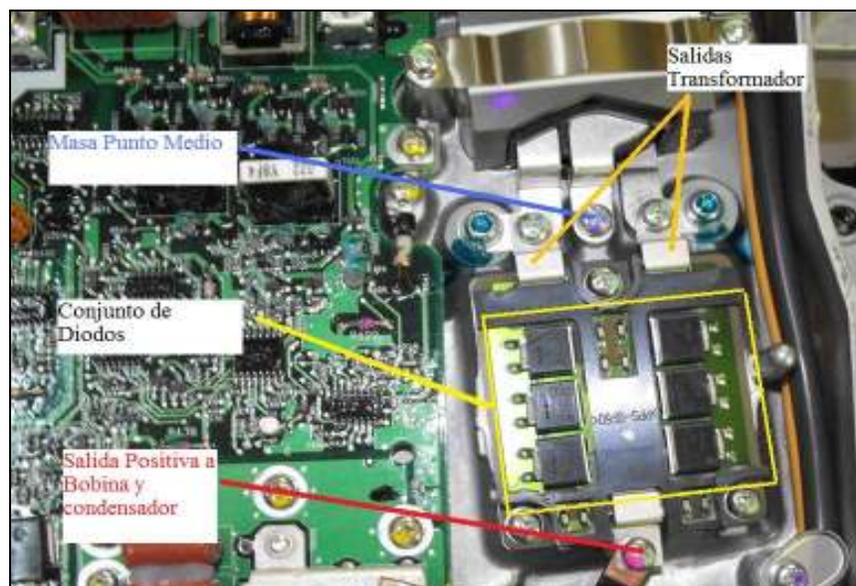
Por Fernando Augeri



La onda Alterna Proveniente de la Parte 1 tiene dos componentes, uno Positivo y uno Negativo, al ser inducido en el transformador, existe una relación de espiras que reduce la tensión, pero sigue siendo alterna en ese punto, es ahí cuando la parte negativa toma el camino a masa y la positiva pasara a través del paquete de diodos, polarizando los mismos, después de este evento viene un conjunto de una bobina en serie y un capacitor.

Aunque el esquema muestra un solo diodo en realidad este paquete esta formado por 12 Diodos agrupados en dos partes, cada parte contiene 6 de ellos.

En la grafica inferior se muestra el detalle de este conjunto, en la fotografía real de este componente.

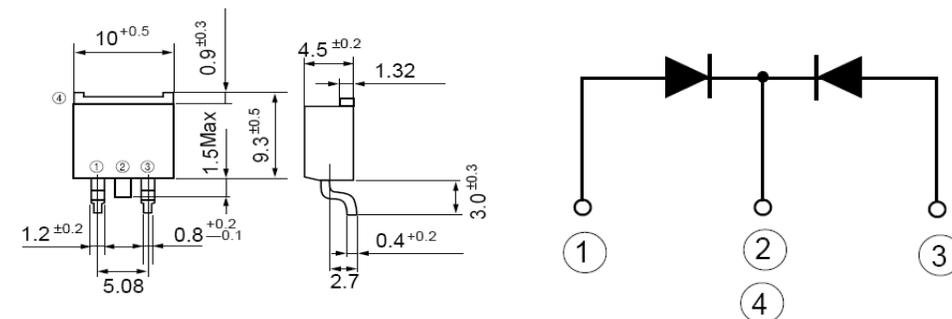


Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

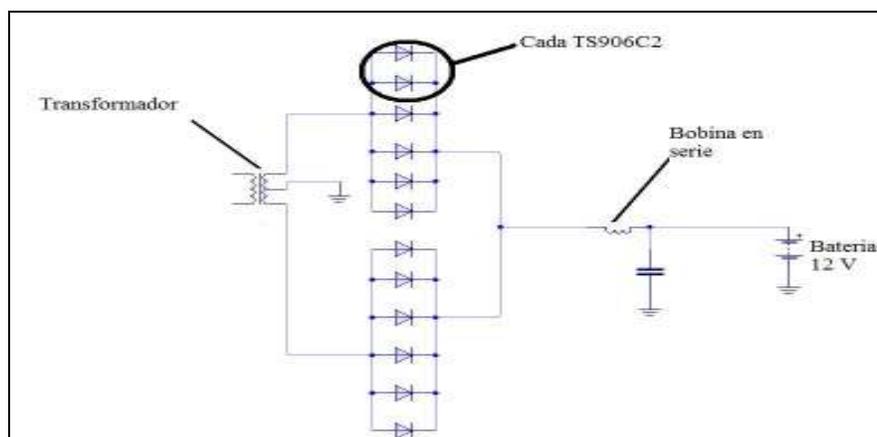
Se puede observar una placa aparentemente 6 componentes (Diodos), pero en realidad cada uno de estos componentes en su interior esta formado por 2 Diodos, en un encapsulado tipo TO – y de montaje Superficial (SMD).

El detalle interno de estos diodos se encuentra en la imagen inferior.



Medidas en mm, este es un Diodo de referencia TS906C2, la capacidad es de 200 V (Inversa) max y 20 A (Directa), de esta forma la corriente de salida de a bobina queda distribuida entre estos diodos para una mejor capacidad de conducción, este tipo de diodos tienen aplicación de Potencia en Etapas de Rectificación.

De esta forma el circuito electrónico quedaría de la siguiente Forma.

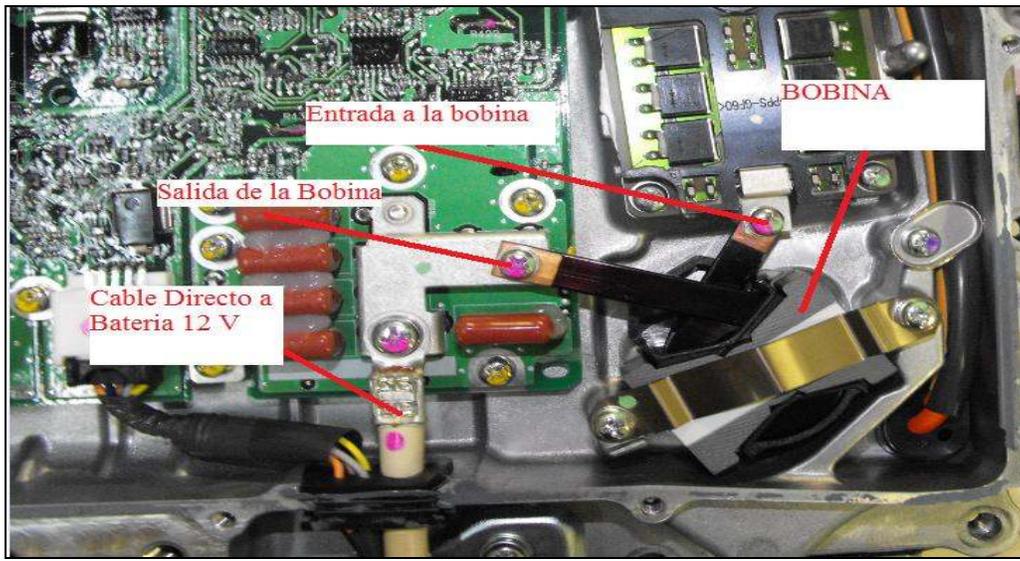


En este esquema se puede observar una bobina en serie, lógicamente este elemento debe tener una potencia muy importante, en la imagen inferior se puede apreciar la capacidad física que esta presenta, cualquier conexión en mal estado

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

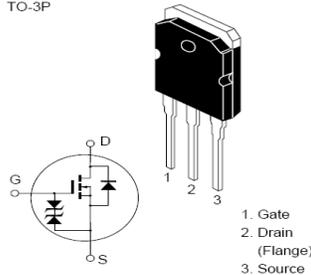
Por Fernando Augeri

en cualquiera de estos elementos generaría un punto resistivo fatal, puesto que debido a las potencias manejadas arruinarían la estabilidad de los materiales.



Los transistores usados en este circuito son de Tecnología MOSFET, específicamente el modelo. 2SK1517 Canal N

TO-3P



2SK1517, 2SK1518

Algunos Valores @ 25 Grados Centígrados de Temp.

Item		Symbol	Ratings	Unit
Drain to source voltage	2SK1517	V_{DSS}	450	V
	2SK1518		500	
Gate to source voltage		V_{GSS}	± 30	V
Drain current		I_D	20	A
Drain peak current		$I_{D(pulse)}^{*1}$	80	A
Body to drain diode reverse drain current		I_{DR}	20	A
Channel dissipation		P_{ch}^{*2}	120	W
Channel temperature		T_{ch}	150	$^{\circ}C$
Storage temperature		T_{stg}	-55 to +150	$^{\circ}C$

Notes: 1. $PW \leq 10 \mu s$, duty cycle $\leq 1\%$
2. Value at $T_c = 25^{\circ}C$

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

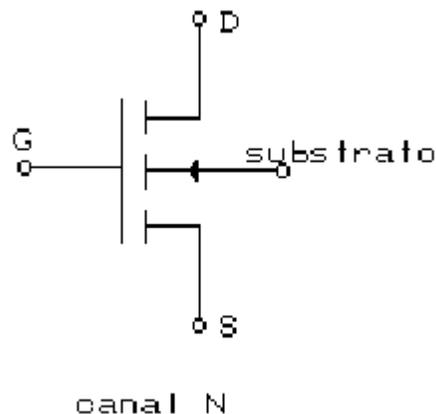
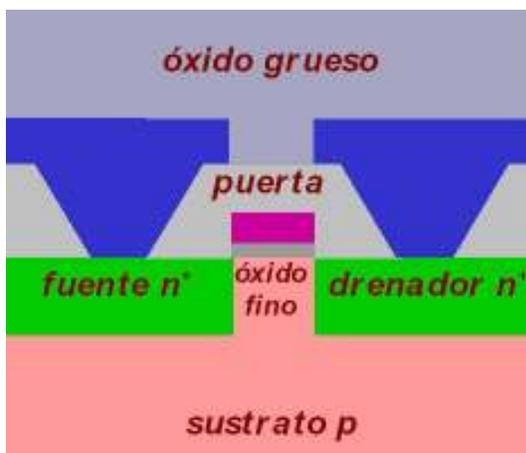
Por Fernando Augeri

Este tipo de transistores se basan en la tecnología JFET, es muy importante entender este principio para poder realizar diagnósticos posteriores y reparaciones apropiadas.

El JFET es un dispositivo de tres terminales, siendo una de ellas capaz de controlar el flujo de corriente entre las otras dos. En nuestra explicación sobre el transistor BJT se utilizó el transistor *npn* a lo largo de la mayor parte de las secciones de análisis y diseño, con una sección dedicada a los efectos resultantes de emplear un transistor *pnp*.

Para el transistor **JFET** el dispositivo de *canal-n* aparecerá como el dispositivo predominante sobre todo en los controles realizados en los diferentes módulos especialmente el PCM.

La construcción básica del JFET de *canal-n* se muestra en la figura inferior.



Observe que la mayor parte de la estructura es el material *tipo n* que forma el canal entre las capas difundidas en material *tipo p*.

El extremo superior del canal *tipo n*, se conecta mediante contacto óhmico a la terminal denominada como drenaje (*drain*) (**D**), mientras que el extremo inferior del mismo material se conecta por medio de contacto óhmico a la terminal llamada la fuente (*source*) (**S**).

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

Los dos materiales tipo p se encuentran conectados juntos y al mismo tiempo hacia la terminal de compuerta (**gate**) (**Q**).

Por tanto, esencialmente el drenaje y la fuente se conectan en esencia a los extremos del canal tipo n y la compuerta, a las dos capas del material **tipo p**.

En ausencia de cualquiera de los potenciales aplicados, el JFET tiene dos uniones p-n bajo condiciones sin polarización.

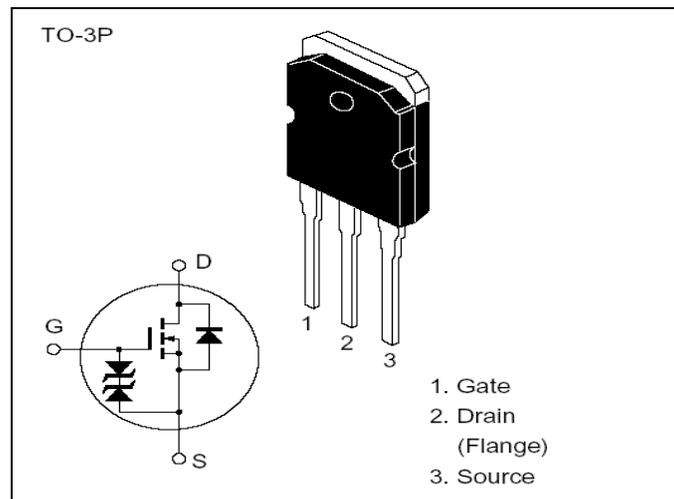
El resultado es una región de agotamiento en cada unión, como se ilustra en la figura anterior, que se parece a la misma región de un diodo bajo condiciones sin polarización

Recuérdese también que una región de agotamiento es aquella región carente de portadores libres y por lo tanto incapaces de permitir la conducción a través de la región.

Este tipo de transistores permiten que los módulos de control puedan controlar cada vez mas circuitos con alta corriente, a este efecto se le denomina ganancia, en el momento de diagnostico de uno de estos componentes podemos encontrar que no existe caída de tensión en la excitación de su base. Presentando generalmente voltajes cercanos a 5V a través siempre de una resistencia.

El principal de estos transistores se denomina **MOSFET** **M: Metal O:Oxido S: Semiconductor.**

En la grafica inferior se puede apreciar la presentación comercial de unos de estos transistores en ella se puede apreciar la denominación de sus terminales y también su configuración externa donde es importante recalcar la característica de compuerta Aislada, el encapsulado en el caso Automotriz es tipo **To 220 – 200 – 2P – 3P**



Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Pero las diferencias principales se generan en cuánto a poder de conmutación en donde este tipo de transistores puede tener mayor ganancia en la tabla inferior se presenta una especificación general para este tipo de transistor. Es importante observar por ejemplo el valor de corriente máxima y pulsante entre *Drain – Source* , y el voltaje máximo soportado en estos terminales.

Item		Symbol	Ratings	Unit
Drain to source voltage	2SK1517	V_{DSS}	450	V
	2SK1518		500	
Gate to source voltage		V_{GSS}	± 30	V
Drain current		I_D	20	A
Drain peak current		$I_{D(pulse)}^{*1}$	80	A
Body to drain diode reverse drain current		I_{DR}	20	A
Channel dissipation		P_{ch}^{*2}	120	W
Channel temperature		T_{ch}	150	$^{\circ}C$
Storage temperature		T_{stg}	-55 to +150	$^{\circ}C$

Notes: 1. $PW \leq 10 \mu s$, duty cycle $\leq 1\%$
2. Value at $T_c = 25^{\circ}C$

En el valor de corriente se encuentra que en condiciones normales puede comandar 20 A y en conmutación pulsante llegaría hasta 80 A y en el Voltaje D – S sin problemas 450 V con lo cual un sistema de encendido podría ser activado por este componente, en la grafica de los terminales se puede apreciar que el montaje del componente es superficial SMD.

Circuito INVERSOR para el sistema de AIRE ACONDICIONADO

Dadas las condiciones de operación del motor de combustión en este vehiculo Hibrido, existen momentos en los cuales el vehiculo esta en marcha y el motor detenido. En ese momento no se podría seleccionar el sistema de Aire Acondicionado, puesto que simplemente el compresor no tendría como moverse. Los primeros modelos de Toyota Prius (2003 por ejemplo), no podían apagar el motor de combustión interna si el Aire Acondicionado estaba seleccionado. Para darle solución a este problema se creo un mecanismo de Aire Acondicionado que

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

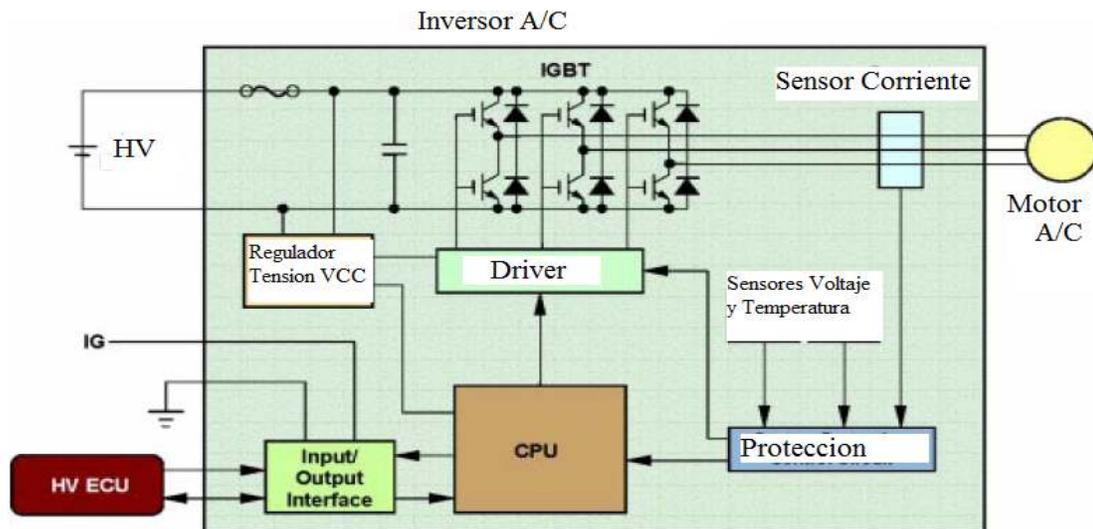
usa un motor eléctrico Trifásico que es manejado a frecuencia variable para las diferentes condiciones de enfriamiento. Este sistema permite por ejemplo que con el auto detenido y el motor parado se tenga refrigeración Acondicionada en la cabina de pasajeros.

Para la operación del motor, se utiliza un sistema Inversor similar al utilizado para la operación de los Moto generadores MG; con la diferencia que en este caso no se requiere una etapa de recarga, ni modulo IPM. Puesto que este trabaja con la tensión de la batería HV de 220 V.

El sistema de control esta dispuesto por la ECU del sistema Híbrido y para su operación el sistema evalúa parámetros importantes como la tensión, la temperatura y la corriente.

En la etapa de potencia se utilizan unos transistores del tipo IGBT.

En la imagen inferior se muestra el circuito de operación de este Inversor para el Aire Acondicionado



Este sistema cuenta con una unidad de Procesamiento Interno CPU, la cual es capaz de evaluar TEMPERATURA, CORRIENTE Y VOLTAJE a través de tres elementos sensores mostrados en la grafica.

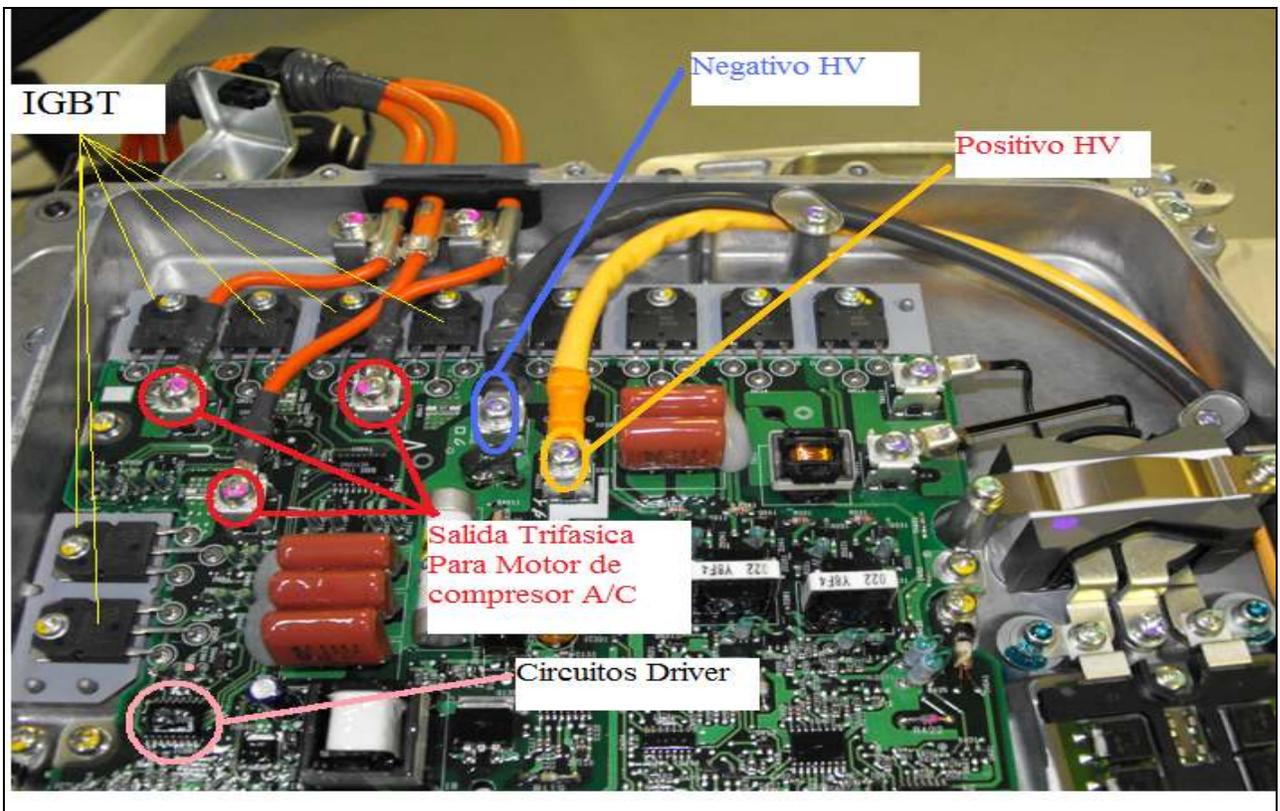
Para operar los IGBT utiliza un integrado Driver, y para poder operar requiere un regulador especial de tensión VCC (Voltaje Alimentación Electrónica) , este modulo no es solamente Potencia, involucra un procesamiento de datos y requiere una comunicación permanente con la ECU del sistema Híbrido.. Para esto utiliza una interfase que maneja el nivel de tensión de la batería de 12 V, y la CPU

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

maneja el nivel de tensión de la batería de 206 V (HV). Estos dos niveles de tensión no guardan relación con masa, es decir la masa de la batería 12V no es la misma que la masa de 206 V HV.

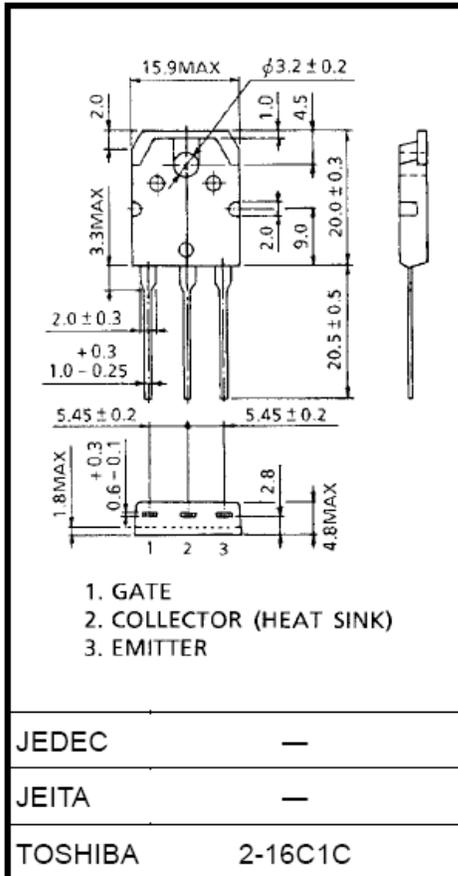
La imagen inferior muestra la ubicación de estos componentes en el circuito electrónico real.



La etapa de potencia esta dispuesta por un tipo especial de transistores denominados IGBT , los cuales tiene gran capacidad de conmutación y tecnología de Avanzada , para el caso de este circuito se utiliza la Referencia TOSHIBA G30J324 Canal N , la especificación de este componente se muestra a continuación.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



Especificaciones a 25 Grados Centigrados

Characteristics	Symbol	Rating	Unit
Collector-emitter voltage	V_{CES}	600	V
Gate-emitter voltage	V_{GES}	± 20	V
Collector current	DC	I_C	A
	1 ms	I_{CP}	
Emitter-collector forward current	DC	I_F	A
	1 ms	I_{FM}	
Collector power dissipation ($T_c = 25^\circ\text{C}$)	P_C	170	W
Junction temperature	T_j	150	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range	T_{stg}	-55 to 150	$^\circ\text{C}$

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

Es muy importante entender la forma de operación de estos avanzados componentes, para eso se explicara brevemente su operación con un ejemplo diferente al usado en este Modulo.

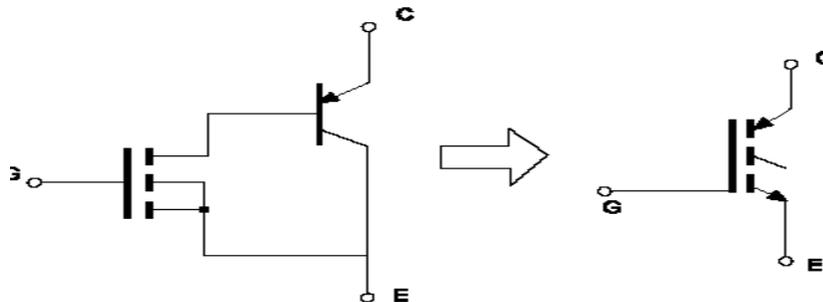
TRANSISTORES IGBT

El transistor IGBT (Insulated Gated Bipolar Transistor) es un componente utilizado cada vez mas en aplicaciones Automotrices en el cual la conmutación de altas corrientes es un requisito importante , este tipo de transistores aprovechan la ventaja de un transistor MOSFET y un transistor BJT (Bipolar).

En el caso de la excitación de este transistor se utiliza una compuerta aislada tipo MOSFET con lo cual se controla la conmutación por voltaje y no por corriente llevando esto mucha eficiencia a la llave electrónica.

En el caso de la llave electrónica se usa un transistor BIPOPOLAR con lo que se gana conmutación sin el valor de resistencia descrito en los transistores Mosfet , este valor de resistencia presentaría un aumento en la caída de tensión a medida que aumente la corriente , mientras que en un Bipolar la caída de tensión es constante independiente de cuanta corriente conmute así que se vuelve en una unión perfecta de dos tipos de transistores en un solo encapsulado.

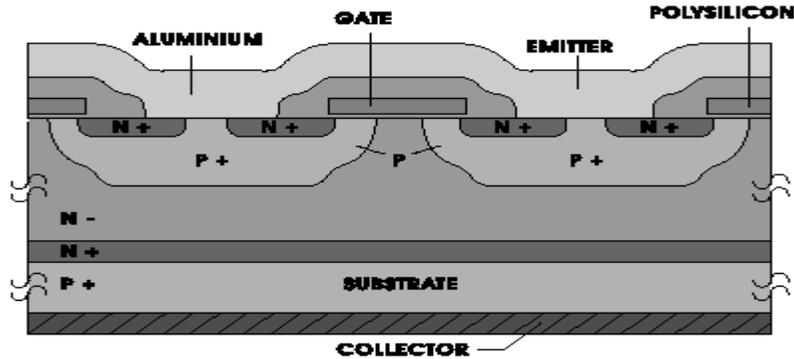
Como se trata de una activación por medio de un Mosfet se tendrá Gate en la excitación, y como se tiene un bipolar en la llave electrónica ahí se tendrá Colector para la fuente y Emisor para el circuito a conmutar, en la grafica se puede apreciar este arreglo.



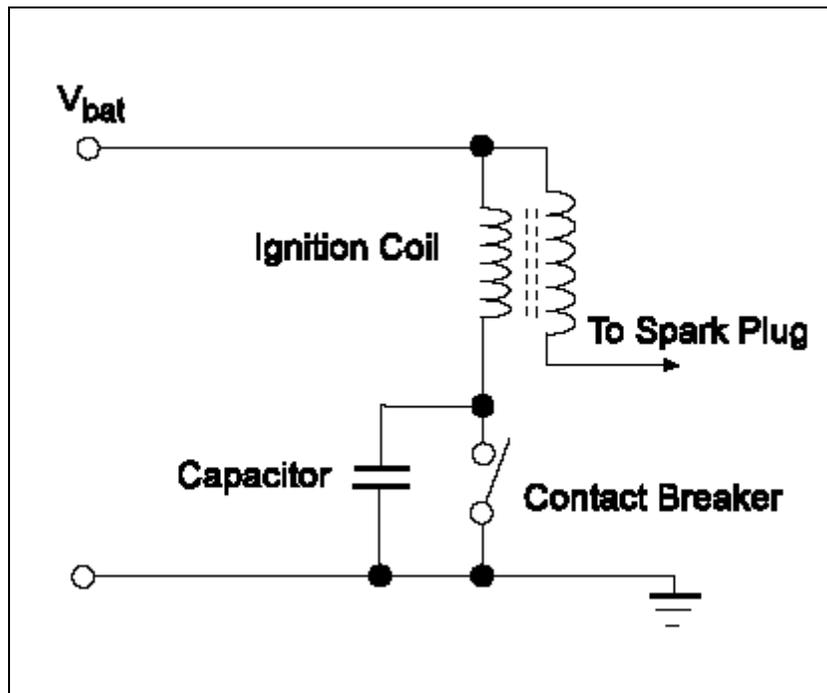
En la estructura interna de este transistor se encuentra una organización química que usa las propiedades de los dos transistores que se comento en el párrafo anterior.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



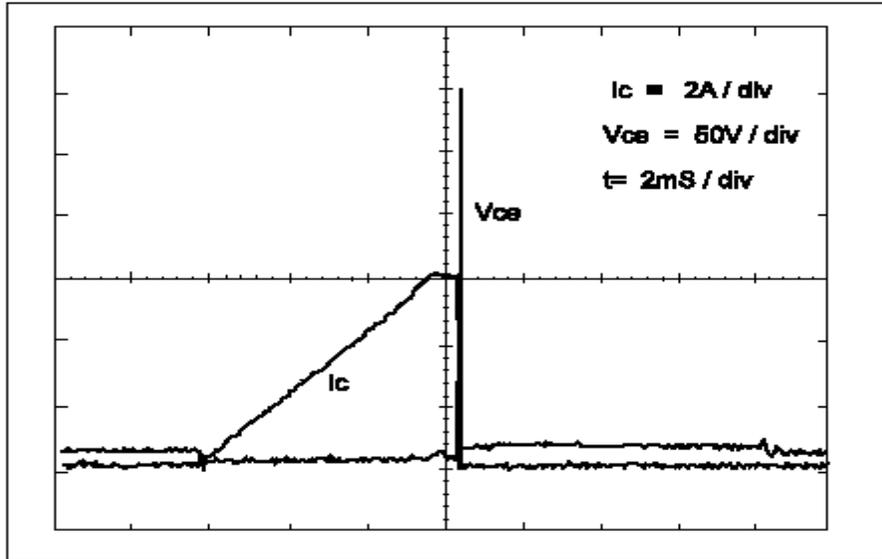
En Automotriz una de las cargas mas complicadas para operar son las cargas inductivas estas son características de los sistemas de encendido por ejemplo.



En este caso la corriente tiene una característica muy interesante porque presenta un aumento a medida que el tiempo de circuito cerrado aumenta, lo que lleva a que el conductor de esta corriente debe tener una muy eficiente conducción de lo contrario colapsaría.

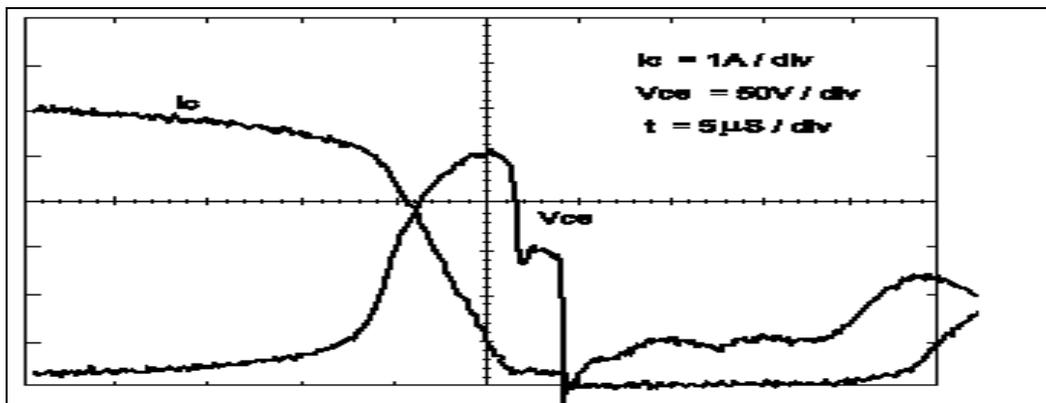
Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



El oscilograma superior presenta una característica para esta afirmación. Este fenómeno de la corriente viene acompañado en el momento de su corte con un efecto de elevación de tensión, Pico inductivo en ese momento la tensión presenta un pico que podría perjudicar una junta débil, se podría pensar que en el momento del pico inductivo fuese como si un diodo se polarizara de forma inversa.

Este valor debe ser un punto importante en la selección del transistor. En la grafica inferior se muestra la imagen de este fenómeno en donde a medida que la corriente va disminuyendo el pico de tensión aparece.

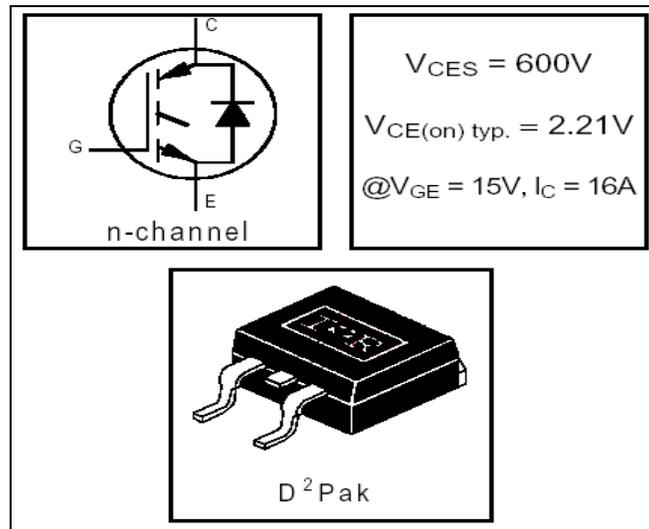


Todos estos valores estarán en la respectiva tabla de manual de los fabricantes de componentes, en la grafica inferior observaremos la identificación de de los pines

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

de uno de estos elementos y la tabla común de valores máximos a soportar por parte de este transistor.



$I_C @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Collector Current	16
I_{CM}	Pulsed Collector Current ①	58
I_{LM}	Clamped Inductive Load Current ②	58

Es importante apreciar que aunque la corriente continua es de 16 A, la corriente máxima pulsante es de 58 A, en el caso automotriz la mayoría de consumos altos (Casos PCM), se da por corriente que pulsan a alta frecuencia.

Estudio de los moto generadores MG1 y MG2

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente directa se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cuál establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

.....

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un [campo magnético](#), además si lo ponemos dentro de la acción de un [campo magnético](#) potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha [energía](#) es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

El motor trifásico se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de laminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatoricos y rotoricos respectivamente. Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un [sistema](#) de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromagnética, y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

Partes del motor giratorio:

Estator:

Es la parte fija del motor y se compone de:

Carcaza: Parte que sirve de soporte al núcleo magnético. Se construye con [hierro](#) fundido o [acero](#) laminado.

Núcleo Magnético:

Es un apilado de laminas ferromagnéticas de pequeño espesor, aisladas entre sí por medio de barnices.

Bobinado estatorico

Bobinas que tienen la función de producir el campo magnético. Están alojadas en las ranuras (abiertas o semicerradas) que tienen el núcleo.

Bornera

Conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcasa, que sirve para conectar la red a los terminales del bobinado estatorico. Los bornes a los cuales se conectan los [principios](#) de las bobinas, se identifican en la actualidad normalmente con U1, V1, W1 y los finales U2, V2 y W2.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

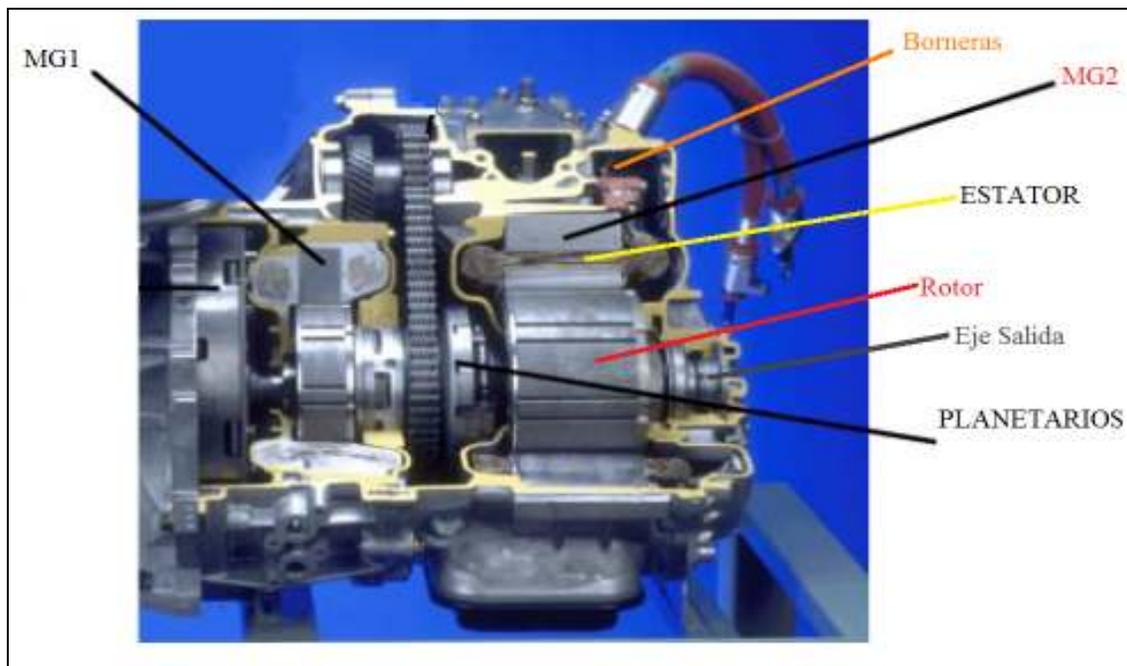
Por Fernando Augeri

Rotor

Básicamente esta formado por un eje y un [paquete](#) de laminas ferromagneticas, que llevan en la periferia unas ranuras para alojar las bobinas rotoricas.

Los extremos del eje se introducen en unos bujes o rodamientos, que deben ofrecer el mínimo de rozamiento, de modo que no influyan para producir un aumento de la corriente absorbida por el motor.

En la siguiente imagen se muestra el detalle del sistema de Motor Trifasico dispuesto en el Toyota PRIUS.

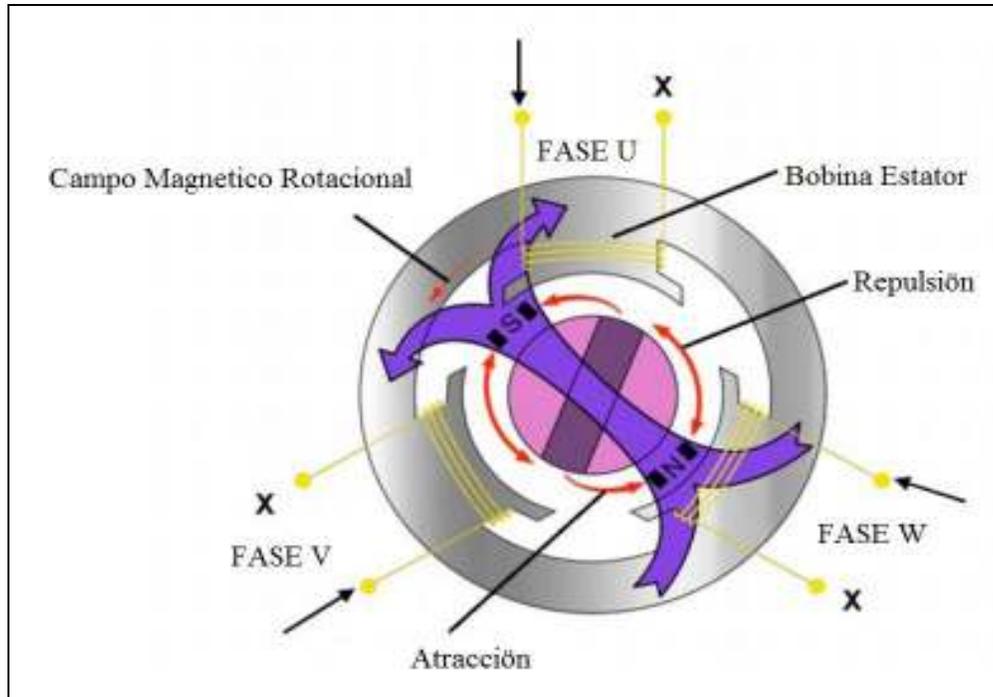


En resumen cuando las Tres Fases pasan la corriente alterna a través de la bobina del estator, un campo rotacional Magnético es creado cuando el campo magnético esta correctamente relacionado con el rotor, este impulsa el magneto permanente que en el se encuentra, permitiendo el movimiento del roto y generando el torque del eje, las fuerzas del torque son proporcionales a la cantidad de corriente alterna que por las fases este circulando un alto Nivel de Torque o unas elevadas RPM pueden ser generados en la medida que se manipulen el ángulo sobre el campo magnético del motor.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

En la siguiente imagen se puede apreciar el esquema de funcionamiento interno de cada Motor, en base todos funcionan de forma similar la diferencia esta dada en la capacidad y tamaño principalmente de las bobinas.



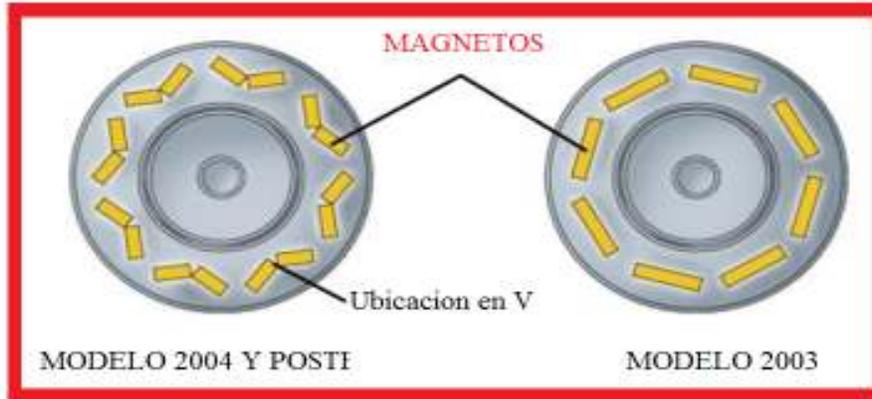
Se puede apreciar que el punto X es el punto medio de unión de los tres estatores, cada una de las fases esta representada por la bobina de color amarillo, sobre estas bobinas (Estator) pasa la corriente alterna, el Núcleo color violeta presenta un campo magnético fijo.

Al pasar la Alterna por cada bobina del estator se generan dos fuerzas, una de Atracción y una de repulsión, las cuales permiten el movimiento del rotor.

Los magnetos permanentes del rotor son muy importantes para generar este tipo de fuerzas, para el caso de TOYOTA PRIUS, en los nuevos modelos se cambio la ubicación de ellos para generar de forma mas eficiente las fuerzas comentadas anteriormente, en la grafica inferior se puede apreciar este cambio.

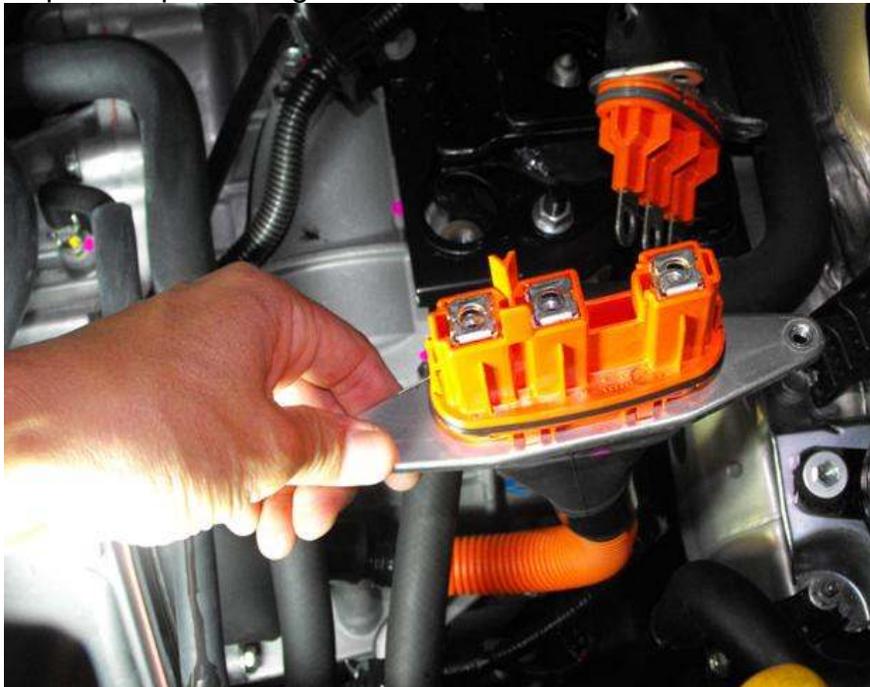
Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri



Es muy importante tener en cuenta que toda la corriente que circula por el motor debe pasar por su bornera , esta diseñada para sujetarse a través de pernos muy fuertes tanto en el invertir como en el motor , se debe tener mucho cuidado en no crear puntos aislantes en estas conexiones , puesto que podrían crear un malfuncionamiento del sistema.

En la imagen se puede apreciar algunas de estas conexiones.



En este caso se puede apreciar la conexión del MG1, cada uno de los pines mostrados en la figura representan una de las fases del Motor, en este punto se colocan los Tornillos.

Programa de entrenamiento Vehículos Híbridos

Por Fernando Augeri

REFERENCIAS

Toyota Series - Hybrid
Hybrid01 Hybrid System Overview
Hybrid02 Hybrid System Operation
Hybrid03 High-Voltage battery
Hybrid04 Engine
Hybrid05 Chassis
Hybrid06 Body Electrical
Hybrid11 Principles of Operation
Mitsubishi semiconductors power modules
Hitachi High speed power switching
Panasonic Nickel Metal Batteries