

Monitorización de baterías en vehículos híbridos

Por L. Colombel y R. Portas

Luc Colombel es
Vicepresidente, División
de Automóvil, LEM.
Ramon Portas es
Director de Ventas para
el Automóvil en Europa

Más información en
WWW.lem.com

El mercado de vehículos híbridos gasolina/eléctricos y diésel/eléctricos empieza a cobrar fuerza, especialmente en EE.UU. y Asia. Estos vehículos conllevan nuevos requisitos para una precisa monitorización del estado de la batería. Para que los vehículos híbridos funcionen con una eficiencia máxima, se debe utilizar toda la capacidad de la batería durante cada ciclo de descarga (cuando el coche está utilizando los motores eléctricos y el motor de combustión no está consumiendo energía). Si el sistema de control activa el motor de combustión antes de que la batería se haya descargado completamente, el consumo de combustible aumentará. Si, por el contrario, se retarda demasiado el arranque del motor de combustión, existe el riesgo de que la batería se descargue completamente, y de que el coche "se quede tirado".

riente consumida como la de carga, y con una buena precisión para corrientes bajas y altas.

La familia DHAB de sensores de efecto Hall de LEM está cualificada para el automóvil y se fija al cable de la batería del coche. Está optimizada para medir la diferencia entre las corrientes entrante y saliente. Para asegurarse de que pueda ofrecer la precisión requerida dentro del amplio rango de corrientes propias de un vehículo híbrido, cada sensor puede medir dos rangos de corriente por separado: uno entre ± 20 y $\pm 80A$ y el otro entre ± 50 y $\pm 600A$. Esto permite realizar medidas de corriente para todo el rango y medidas de alta precisión de corrientes más bajas, con una buena resolución para ambos rangos.

Los 25 modelos de la gama DHAB son los primeros en el mercado que ofrecen soluciones no intrusivas y aisladas galvánicamente para

versatilidad de montaje. Los sensores cumplen todos los estándares de referencia, entre ellos ISO-TS y RoHS.

Es importante que los sensores estén optimizados, y no únicamente por lo que se refiere a la coulombimetría (velocidad de carga/descarga). No resulta sencillo determinar estos parámetros a partir de la hoja de datos del producto. LEM ha desarrollado una técnica para simular resultados en cuanto a coulombimetría para cubrir las necesidades de la aplicación del cliente.

El recuento de coulombs es una manera de determinar el estado de carga de una batería mediante la medida de la corriente que entra y sale de las células como base para el cálculo de la capacidad restante. La carga transferida hacia o desde la célula se obtiene integrando la corriente extraída a lo largo del tiempo. Al igual que ocurre con muchas medidas eléctricas, es necesario realizar correcciones para una serie de fuentes de error presentes en un ciclo típico que represente el uso normal de la batería.

La nueva técnica de LEM permite caracterizar el error de integración del sensor de corriente con un pequeño número de medidas, en lugar de evaluar el error a lo largo de un ciclo completo. Un ciclo así puede durar habitualmente una hora.

Para medir con exactitud la carga que ha circulado hacia y desde la batería, es necesario evaluar qué genera un error en cada medida. Las cuatro causas de error son el offset eléctrico, el offset magnético, el error de ganancia y el error de linealidad. Algunos sensores modernos, como la familia DHAB, incorporan un ASIC que corrige cualquier error de linealidad, así que no es necesario tener en cuenta este factor en la evaluación.

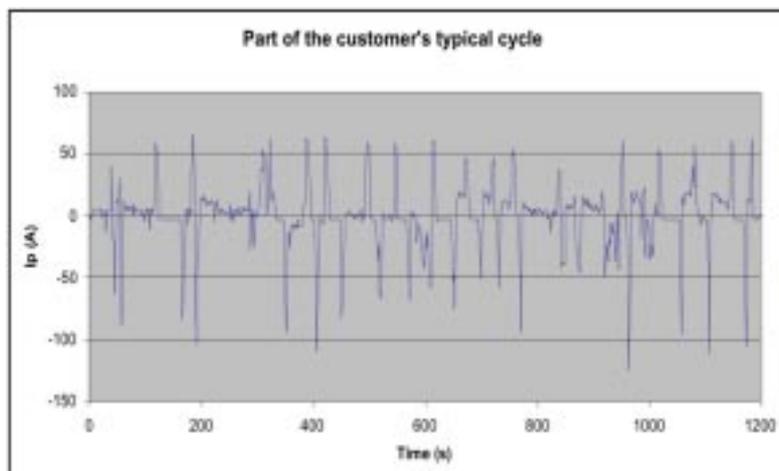


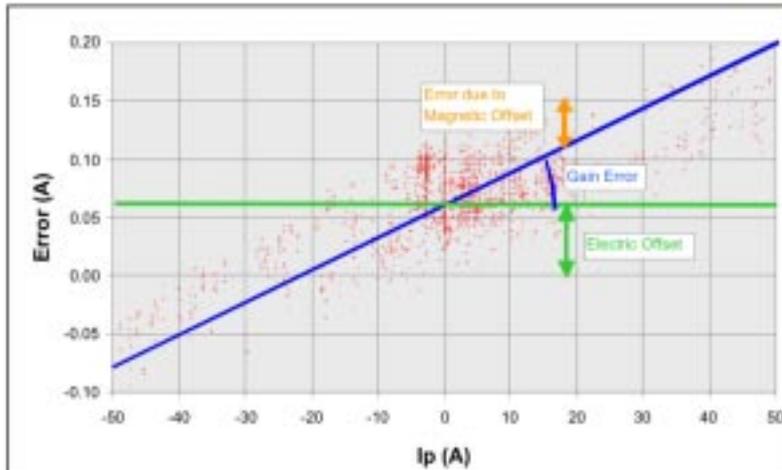
Figura 1. Perfil de corriente estandarizado

En un vehículo convencional, sólo hace falta monitorizar unas corrientes de carga y descarga relativamente bajas para asegurarse de que la batería se mantenga en un estado adecuado de carga. No obstante, con los vehículos híbridos se deben monitorizar corrientes bajas y altas. Para una completa evaluación del estado de la batería, el sistema de medida debe medir tanto la co-

esta aplicación. La carcasa sellada de los sensores significa que no hace falta aplicar impregnación alguna. Hay disponibles versiones para atornillado en panel y para montaje en cable, ofreciendo así la máxima

Figura 2. Error (expresado en Ah) de cualquier medida

$$\varepsilon = (\varepsilon_{elec_offset} + \varepsilon_{mag_offset} + \varepsilon_{gain_error}) \times \frac{t}{3600}$$



El error (expresado en Ah) de cualquier medida puede expresarse por tanto como muestra la ecuación de la figura 3.

El error de offset eléctrico permanece constante a lo largo de todo el rango de medida. El error de ganancia es directamente proporcional a la corriente del primario.

El offset magnético depende de la magnetización del núcleo, determinada a su vez por la corriente que ha circulado previamente a través del sensor. El material ofrece por tanto un efecto memoria, en el cual el error está relacionado con la historia del ciclo así como del sensor. La hipótesis es que el error debido al offset magnético es directamente proporcional al propio offset. Aunque esto se ha visto confirmado en la práctica, todavía no ha sido demostrado en el plano teórico.

La evaluación de las características de un sensor requiere cuatro medidas de corriente: una a la corriente positiva máxima (I_{PA}), luego a corriente cero (I_{PB}), después a la corriente negativa máxima (I_{PC}) y finalmente una segunda medida a corriente cero (I_{PD}) (Fig 1). Las medidas del sensor para cada una de estas corrientes se guardan también como I_{MA} , I_{MB} , I_{MC} e I_{MD} .

Tal como se ha señalado antes,

hay circuitos magnéticos separados para los dos rangos de medida, por lo que es necesario evaluar los errores para cada rango por separado. Por tanto, esto requiere realizar ocho medidas, cuatro para cada uno de los dos sensores.

El error durante el ciclo de calibración sería como el mostrado en la Fig 3. Las medidas tomadas se pueden utilizar para calcular las tres fuentes de error:

El offset eléctrico (OFFSET) se puede calcular como la mitad de la suma de las medidas de un sensor para las dos situaciones de corriente cero. Este cálculo cancela los offsets magnéticos, y no hay error de ganancia dado que es proporcional a la corriente.

El offset magnético (MAG) es la mitad de la diferencia de las medidas del sensor con corriente cero. Este cálculo cancela los offsets eléctricos, y no hay error de ganancia

dado que es proporcional a la corriente.

El cálculo del error de ganancia resulta algo más complejo. La ganancia real se representa como la diferencia entre las dos medidas de I_m , dividida entre la diferencia entre las corrientes de pico. En consecuencia, el error de ganancia es este valor menos la ganancia teórica. Estos cálculos se expresan matemáticamente como se indica en la figura 4.

Esta técnica se utiliza con el fin de evaluar el error de integración de corriente para un elevado número de ciclos. Así, es necesario realizar la medida de un ciclo completo con un conjunto de muestras representativo para determinar el offset eléctrico, el offset magnético y el error de ganancia. No obstante, una vez calculados estos coeficientes, se puede evaluar muy rápidamente el error de integración de corriente para otro sensor, porque sólo es necesario aplicar el ciclo de calibración (que es corto) para determinar las características del sensor, y realizar luego un rápido cálculo (que es casi instantáneo).

Mediante la utilización de esta técnica, aumenta enormemente la precisión de la medida de la carga en la batería de un vehículo híbrido, permitiendo así incorporar realmente la electrónica de control para contar la carga (coulombs). Esto mejora la precisión y permite que los ingenieros especializados en el automóvil maximicen la eficiencia sin comprometer la fiabilidad del vehículo.

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \text{OFFSET} &= \frac{I_{mB} + I_{mD}}{2} \\
 \bullet \quad \text{MAG} &= \frac{I_{mB} - I_{mD}}{2} \\
 \bullet \quad \epsilon_{\text{Gain}} &= \frac{I_{mA} - I_{mC}}{I_{PA} - I_{PC}} - \text{Gain}_{\text{theoretical}}
 \end{aligned}$$

Figura 3. Error de salida del transductor para un ciclo de corriente dado

Figura 4. Cálculo del error de ganancia