Almacenamiento de energía para vehículos eléctricos comerciales (EV)

Cómo prolongar la vida útil de la batería con supercondensadores

Hay varias tecnologías de batería disponibles para vehículos eléctricos.
Las diferentes tecnologías tienen sus ventajas y desventajas.
Están los de alto rendimiento, los más seguros, los más duraderos.
Los fabricantes de equipos originales (OEMs) tienen sus opciones preferidas para vehículos de pasajeros, pero ¿qué pasa con el almacenamiento de energía ideal para vehículos comerciales?

1. Diseño y optimización del almacenamiento de energía en el diseño xEV: la clave del éxito

Las baterías son siempre el tema candente en los vehículos híbridos y eléctricos.
Todo el mundo sabe que las baterías representan el principal gasto en xEV y
se gastan miles de millones de dólares anualmente en actividades de I+D para mejorar las células,BMS (sistemas de control), estrategias de control y protección.
Los diseños de los paquetes de baterías se pueden adaptar a ciclos de conducción y secuencias de carga específicos, lo que normalmente es difícil de conseguir
para un vehículo de pasajeros, ya que cada conductor tiene su propio estilo de conducción, kilómetros diarios que cubrir en diferentes rutas que pueden ser de alta velocidad en autopista, o bien, de baja velocidad en atascos.

Hasta ahora, la mejor estrategia de diseño de la batería es proporcionar diferentes opciones de capacidad para que el cliente elija de acuerdo con sus perfiles de conducción esperados.
Al agregar más capacidad de batería (kWh), tanto el rendimiento como la distancia de conducción pueden mejorarse para el vehículo eléctrico. De hecho, más capacidad tiene un costo y actualmente las opciones para elegir son bastante limitadas.

2. Autobuses y Camiones de reparto híbridos y eléctricos: un reto potente

En general, las tecnologías de Litio-Ion ofrecen excelentes opciones de almacenamiento de energía para los vehículos de pasajeros actuales. Una batería de tamaño razonable proporciona la distancia de conducción, el rendimiento y la duración de la batería que requiere el conductor cotidiano. Pero, ¿qué pasa con los vehículos eléctricos comerciales? Con la creciente conciencia de que las ciudades están contaminadas, se consideran o ya se implementan prohibiciones (Sólo autobuses libres de emisiones en los Países Bajos a partir de 2025) para motores diésel que afecta tanto a los vehículos de reparto como a los autobuses grandes y cualquier cosa entre medio. ¿Se pueden electrificar los vehículos comerciales de forma rentable?
De hecho, pueden serlo y tiene mucho que ver con el dimensionamiento de la batería de acuerdo con los perfiles de conducción específicos.

Los camiones de reparto y especialmente los autobuses tienen un perfil de conducción más predecible que se diferencia un poco de los automóviles de pasajeros. Normalmente, para los automóviles de pasajeros, la consideración principal es la distancia de conducción, después el rendimiento y el tiempo de carga/opción de carga flash. Estos factores impulsan el tamaño de la batería más grande de lo que requeriría el ciclo de conducción diario y la batería de gran tamaño se encarga fácilmente de la potencia requerida y la densidad de energía que se necesita para la aceleración frecuente y la regeneración de energía de frenado que generalmente acorta la vida útil de la batería.

Los vehículos comerciales son diferentes desde esta perspectiva, ya que se consideran una inversión, por lo que la aceleración o el rendimiento a máxima velocidad no es un factor clave para los compradores. Sin embargo, cubrir completamente la distancia diaria de conducción y tener una solución de almacenamiento de energía de larga duración para reducir el coste total de propiedad (TCO) al mínimo posible son parámetros críticos.

Los autobuses y los vehículos de reparto urbano tienen un ciclo de conducción mucho más predecible que los coches que pueden ser definidos por el operador o ya hay ejemplos de los estándar; consulte a continuación un ejemplo del ciclo de conducción estándar del autobús urbano EQ6100:

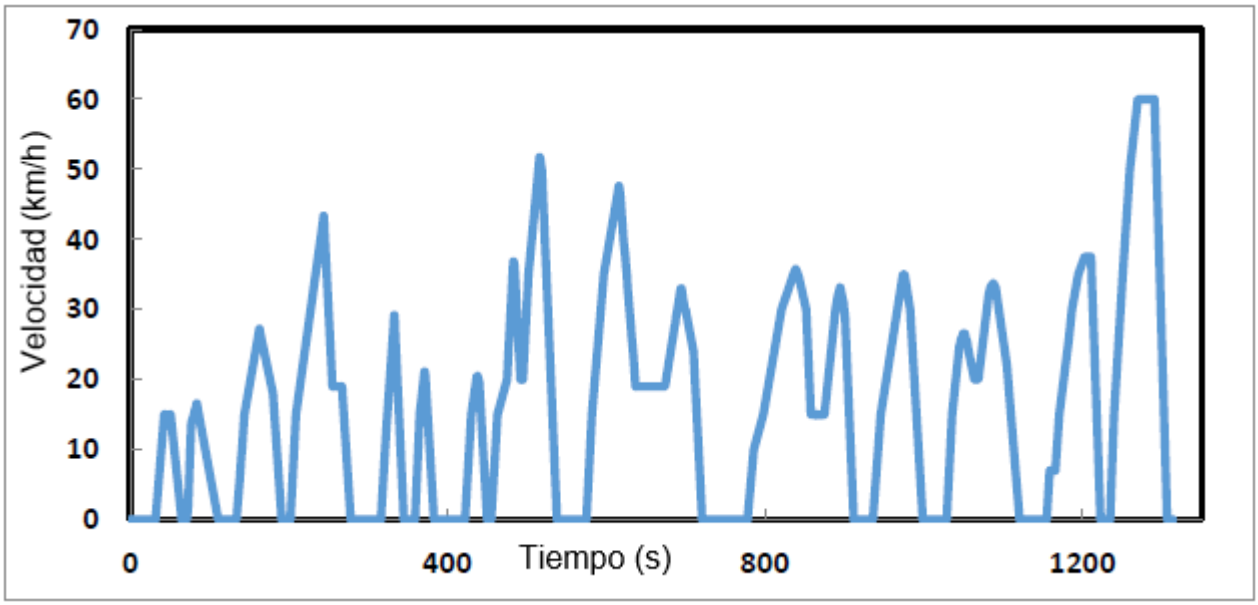


Figura 1. Este ciclo cubre 6 km entre paradas de autobús con una aceleración máxima de 0,39 m/s2 y un frenado máximo de 0,48 m/s2. La distancia diaria que debe recorrer un autobús se considera 200km.

El perfil de conducción diario permite la optimización para ajustar el tipo y tamaño correctos de batería al vehículo que cumpla con los requisitos del operador desde el punto de vista del rendimiento y del costo. En este artículo, nos enfocamos en estos aspectos como los principales contribuyentes, aunque en términos de tamaño de la batería, también es necesario considerar los siguientes aspectos principales:

* Requisitos de energía auxiliar: calefacción/aire acondicionado de vehículos comerciales, iluminación, etc., que pueden consumir entre 5 y 30 kW adicionales y ponen la batería en una situación difícil.

* Rango de temperatura ambiente - es posible que sea necesario calentar o enfriar el paquete de baterías, lo que se ve afectado por el autocalentamiento. También trate de mantenerlo en el rango de 0-30ºC. El tipo seleccionado de tecnología Li-Ion puede depender de esto.

* Tiempo de carga: las baterías sufren si se aplica una velocidad de carga de 0,8C o superior y se recomienda mantenerla por debajo de 0,5C para evitar un alto nivel de degradación para la carga diaria. Para los vehículos comerciales, se puede esperar una carga diaria de 1 a 2 veces, que debe estar alineada con el programa de operaciones.

* Vida útil requerida: los vehículos de pasajeros normalmente deben cubrir 8 años de garantía para la batería. En términos de vehículos comerciales, normalmente se espera un mínimo de 4 años antes de que se reemplace la batería.

3. Supercondensadores frente a baterías

En la discusión anterior, la "batería" se usa generalmente para significar almacenamiento de energía. Para considerar los tipos de almacenamiento de energía, tanto los supercondensadores como las baterías se utilizan para el almacenamiento de energía principal, pero en diferentes casos de uso. Los supercondensadores son más para alta densidad de potencia, mientras que las baterías son para alta densidad de energía. La diferencia básica radica en el mecanismo de carga-descarga: supercaps cargadas y descargadas como una forma de proceso electrostático, mientras que las baterías como un proceso electroquímico. El movimiento de la carga electrostática permite un número casi infinito de ciclos de carga incluso a cero voltios y la velocidad de carga/descarga en segundos.

Características Clave	**Supercondensador**	**Baterías**
Tensión	2,5-5V	1,2-4,2V
Temp.de operación Frío	a -40ºC	a -20ºC
Temp.Caliente	a +70ºC(+85 con reducción de potencia)	60ºC
Ciclo de vida	>500000	300-10000
Calendario de vida	10-20 años	0,5-10 años
Densidad de Energía	1-10Wh/L	100-350W/L
Potencia de Energía	1000-10000W/L	100-3000W/L
Eficiencia	>98%	70-95%
Ratio de Carga	>1500 C/x	<40C/x
Tiempo de descarga	Seg./Minutos	Horas
Aspectos de seguridad	Generalmente seguro, sin escapes térmicos	Los escapes térmicos deben ser considerados
Precio por KWh aprox.	Aprox.10000$	Aprox.200-1000

4. ¿Qué pasa con los supercaps + baterías?

Los sistemas de almacenamiento de energía híbridos de batería supercap se utilizan desde hace mucho tiempo en el mundo industrial para mejorar la vida útil de las baterías primarias y recargables. Las aplicaciones como los dispositivos de medición inteligente pueden esperar una extensión de hasta 4 veces la duración de la batería principal si se conecta un supercap del tamaño adecuado en paralelo para manejar las corrientes de pulso de pico alto durante la secuencia de comunicación de lectura del medidor.
El mismo enfoque se puede utilizar para vehículos eléctricos para mejorar la vida útil de la batería o la densidad de potencia. La mejora depende del tipo de batería utilizada. Una de las posibles opciones para los vehículos comerciales es el tipo de litio-manganeso (LMO), que forma parte de la solución de batería de Nissan Leaf y BMW EV. Los supercaps podrían mejorar principalmente la vida útil debido a la sensibilidad de las baterías a la profundidad de descarga (DoD). Dependiendo del tamaño del supercap agregado, también puede mejorar la densidad de potencia y el rendimiento durante la aceleración. El otro tipo de batería potencial que proporciona una solución confiable y duradera pero que carece de densidad de potencia es la cerámica de sodio fundido. Las baterías de sodio, o a menudo denominadas baterías ZEBRA, deben calentarse a 250-350ºC para activarse, pero una vez activadas son la opción ideal para aplicaciones con carga y descarga continuas. El tiempo de descarga ideal es de 4 a 8 horas, que coincide con los requisitos de un camión de reparto o un autobús urbano que se conduce diariamente con una carga nocturna. Dado que las baterías de sodio tienen una excelente vida útil y capacidad de ciclo, se necesitan supercaps para mejorar la densidad de potencia y el rendimiento general del EV. En este caso, la parte del supercap se dimensiona para entregar la mayor parte de la potencia y la energía durante la aceleración y absorber toda la energía de frenado que puede ser regenerada por el sistema de propulsión. La batería se utiliza principalmente para recargar el módulo supercap y mantener la velocidad (máx. 80-100 km / h).

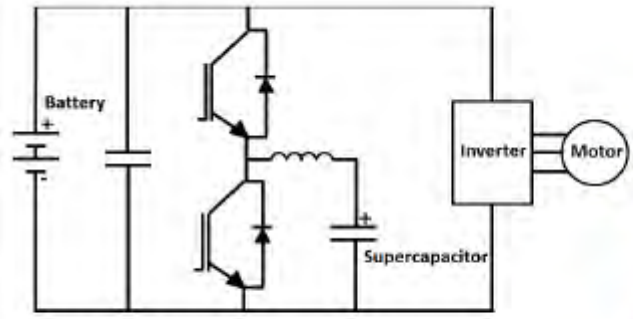
Los siguientes gráficos muestran la mejora esperada del LMO y las baterías de sodio con supercaps conectados en paralelo. La mejora depende en gran medida del tamaño de la parte de supercap.

Figura 2. Características relativas de los sistemas de almacenamiento de energía: solo baterías y baterías con supercaps.

5. Estudio de caso de un autobús eléctrico con un híbrido de batería y supercap

Eaton, representada por ERMEC, ha desarrollado un modelo de evaluación híbrido de supercap y de batería que se puede utilizar para evaluar la vida útil esperada de cualquier tipo de batería expuesta a un ciclo de conducción específico. El modelo puede simular las mejoras cuando se conectan supercaps a la batería de forma pasiva (directamente en paralelo) o activa (a través de un convertidor DCDC).

La siguiente simulación tomó en consideración el ciclo de conducción estándar del autobús urbano EQ6100 con un autobús que tiene un sistema de almacenamiento de energía híbrido que consta de un paquete de baterías LMO de 530V, 105Ah y un módulo supercap nominal de 210V y 71F (Supercaps Eaton XL60-2R7308T-R conectados en serie 84x y paralelo x2 con un peso total de aprox.120kg y volumen aprox.150L, considerando carcasa y cables). El módulo supercap está conectado al enlace DC a través de un convertidor DC-DC bidireccional. El convertidor está controlado por el modo de detección de corriente para decidir cuándo comenzar a cargar y descargar los supercaps. El banco supercap funciona como un casi bajo filtro de paso que permite que pase la corriente constante, pero absorbe la corriente cuando hay un aumento rápido (frenado regenerativo) y libera corriente cuando hay una disminución rápida (aceleración).

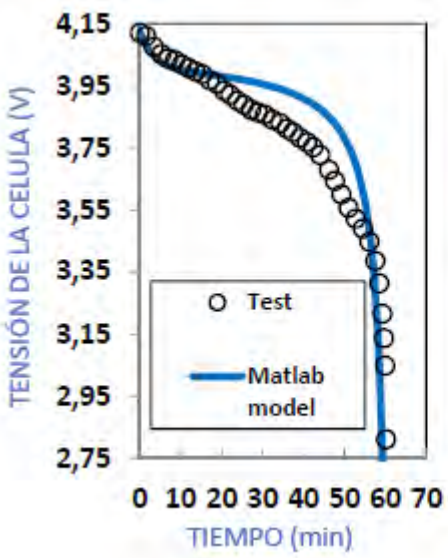


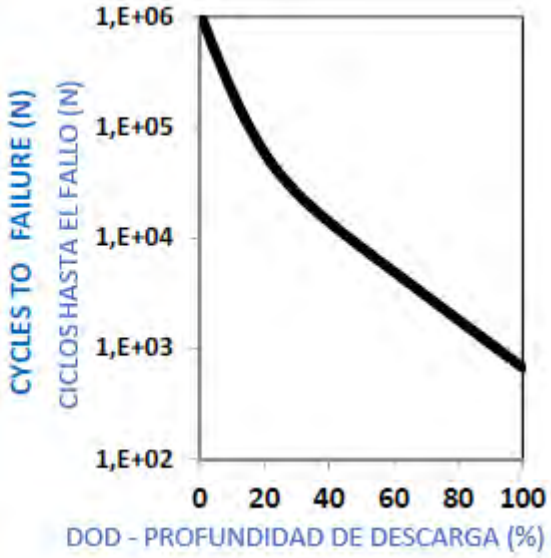
Sistema de almacenaje de Energía Híbrido (H-ESS)

Célula supercondensador XL60-2R7308W-R

La vida útil de la batería depende principalmente de la profundidad de descarga (DoD), la tensión de carga de las celdas y la temperatura de la celda. En nuestra simulación, excluimos el efecto de la temperatura asumiendo que está bien controlada. Sin embargo, al implementar supercaps para manejar los picos de corriente altos, se espera que el aumento de la temperatura de la batería disminuya, lo que es un efecto positivo adicional para extender la vida útil de la batería.

Basándonos en la información proporcionada por el fabricante de la batería, desarrollamos los perfiles de descarga y los ciclos hasta el fallo (cycles to failure) en función del DoD.





Según el ciclo de conducción, la potencia de transmisión real se puede calcular para obtener el perfil de corriente real de la batería. Según el perfil actual, se puede calcular la descarga real de la batería. La comparación del modelo con los datos de prueba muestra una buena correlación del modelo con el rendimiento real, validando así el modelo.

Se evaluaron 3 configuraciones diferentes de paquetes de baterías que dieron como resultado un SOC diferente durante el ciclo de conducción real. Estas simulaciones se realizan sin supercaps conectados.

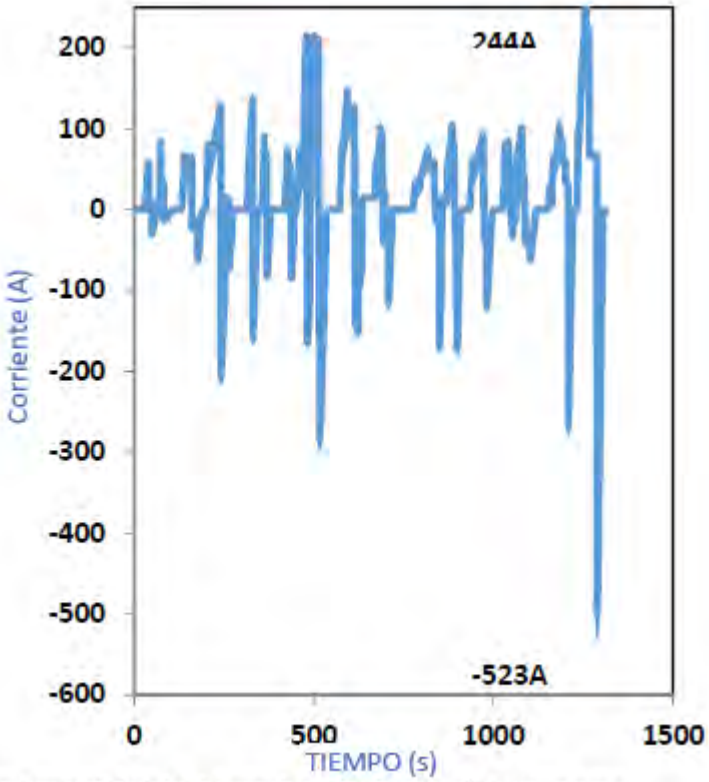


Figura 3. Corriente del ciclo de conducción frente al tiempo para el ciclo de conducción E6100

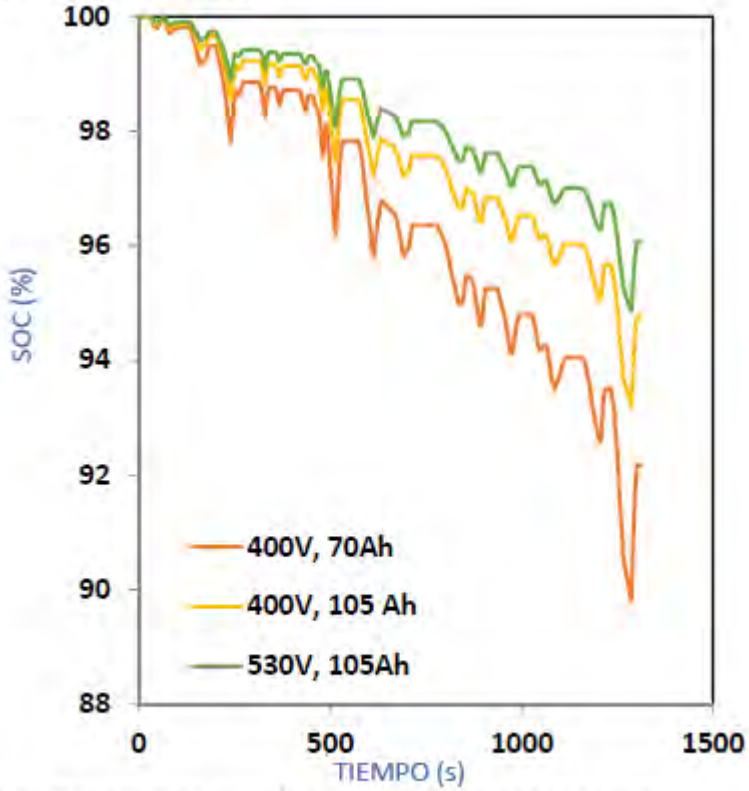


Figura 4. Profundidad de descarga de 3 configuraciones de batería para el ciclo de conducción E6100

Lo que se nota en base a las curvas SOC es el número de pequeños ciclos de carga-descarga por cada aceleración y frenado regenerativo. Estos eventos relativamente pequeños pero frecuentes explican un nivel considerable de degradación de la batería además de la recarga diaria planificada. Los supercaps como parte del ESS pueden absorber y liberar parte de los pulsos de alta corriente y de esta manera contribuir a una curva de descarga de la batería mucho más suave.

¿Cómo se configurará el control del convertidor ESS DC-DC para obtener el resultado correcto?

El análisis rápido de la transformada de Fourier del ciclo de conducción real nos permite ver el rango de constante de tiempo que se considerará para la evaluación. Basándonos en la FFT, consideramos una constante de tiempo de 6-100 s para evaluar nuestro "filtro de paso bajo" que consiste en un módulo de supercap de tamaño adecuado. El tamaño del módulo dependerá de la constante de tiempo real seleccionada y de los parámetros del convertidor DC-DC. El uso de un módulo de supercap más grande ayuda a ganar eficiencia y rango de conducción y el modelo de autobús actualmente simulado aún se puede optimizar considerando diferentes convertidores y configuraciones de supercaps. Con el fin de mostrar un efecto imparcial en la vida útil de la batería utilizando diferentes constantes de tiempo para el circuito del controlador, consideramos la misma combinación de módulo supercap y convertidor.

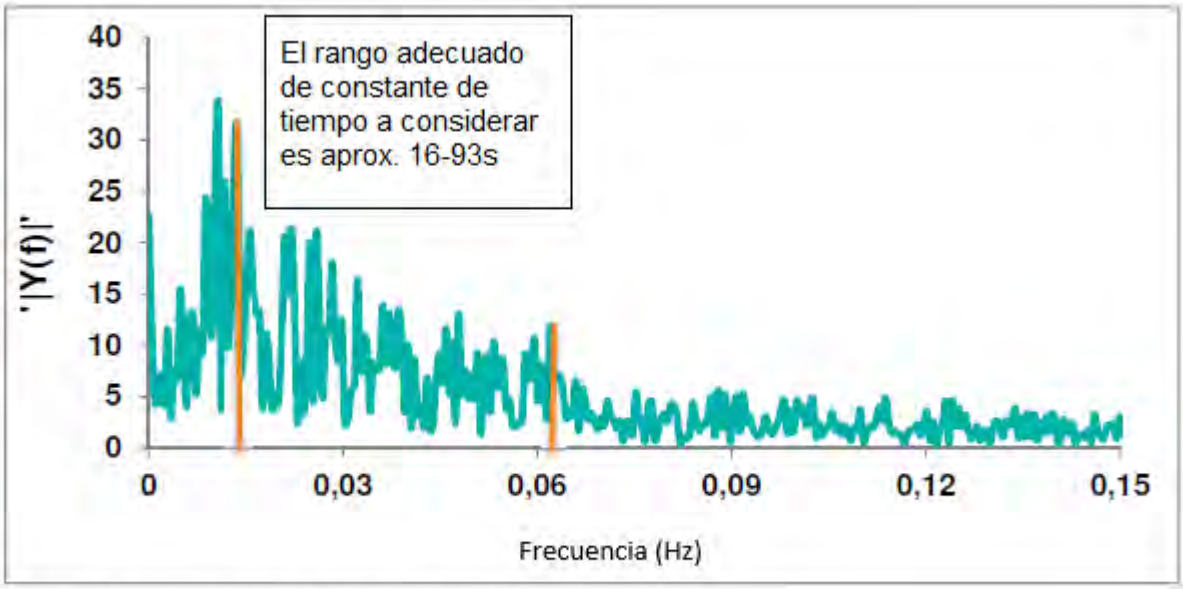


Figura 5. FFT de la corriente de ciclo de conducción

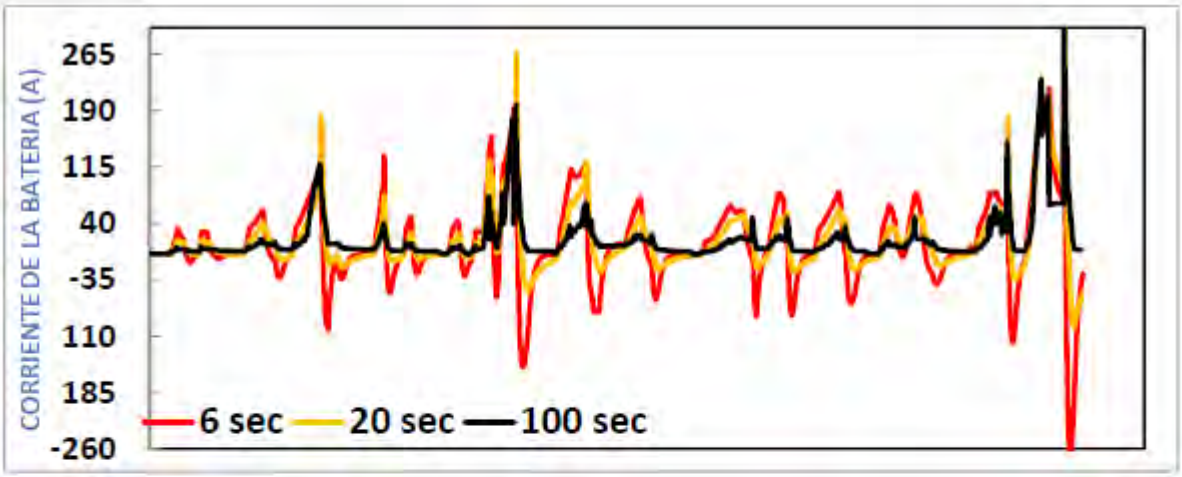


Figura 6. Corriente de la batería durante el perfil de conducción usando diferentes estrategias de control de la carga-descarga del supercap.

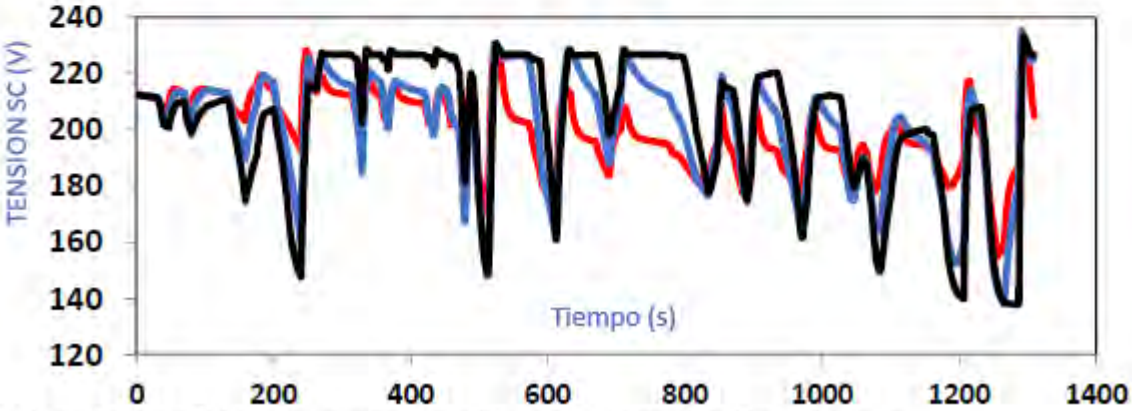


Figura 7. Fluctuación de voltaje del supercap durante el ciclo de conducción. Este es un parámetro importante para optimizar el convertidor DCDC

Las curvas SOC y DOD durante el ciclo se suavizan bastante bien de acuerdo con las expectativas. El SOC de la batería con una mayor utilización del banco supercap puede mostrar una tasa más baja al final del ciclo, que tiene que ver principalmente con el balance positivo de la energía almacenada en los condensadores que almacenaron la gran energía de ruptura al final del ciclo. Vea el aumento de voltaje del banco supercap. Normalmente, el uso de híbridos supercap amplía el rango de accionamiento, según otros estudios hasta un 8%, debido a la absorción de energía de rotura más eficiente (>98%). En una conexión híbrida pasiva este efecto es más obvio mientras que en la configuración activa depende principalmente de la eficiencia del convertidor.

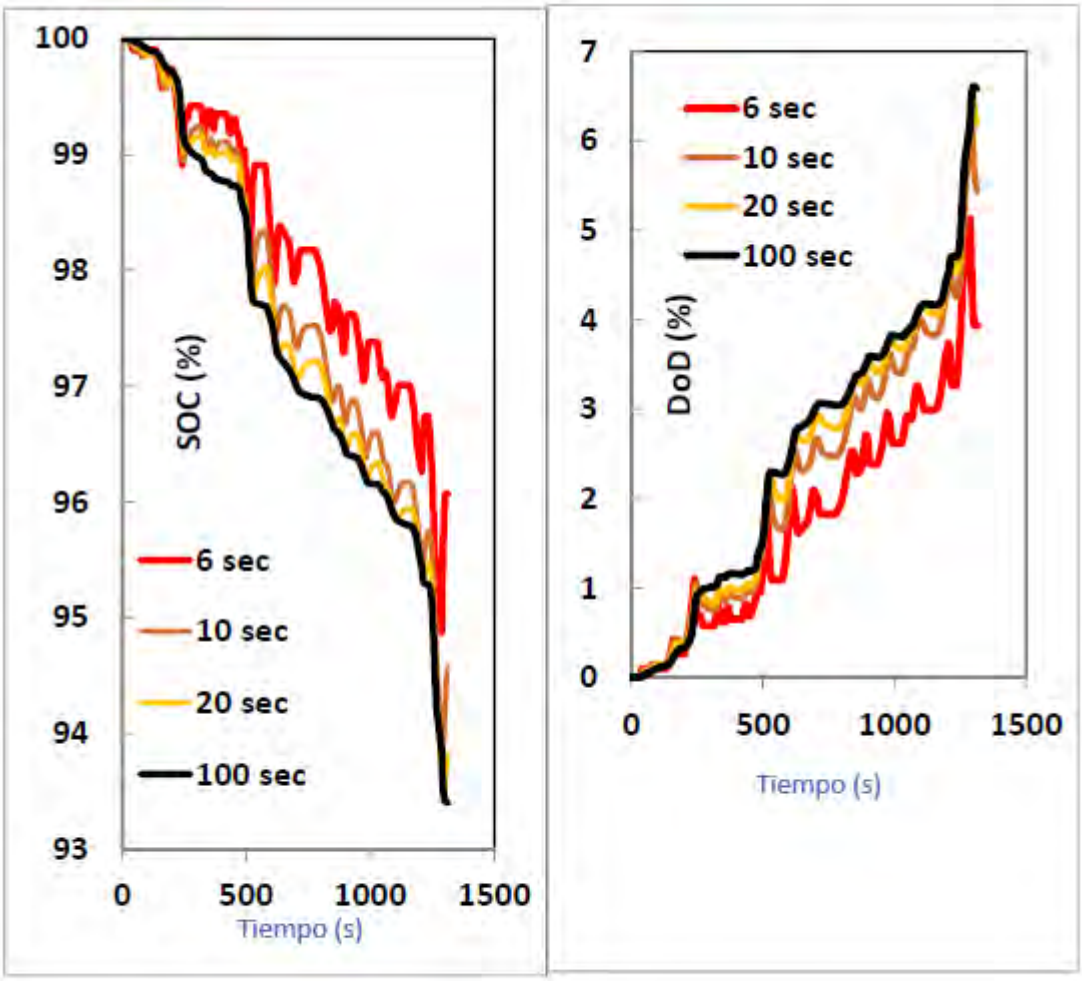


Figura 8-9. Batería SOC y DoD durante un ciclo de conducción con diferentes estrategias de control de la carga-descarga del supercap

La pregunta final sigue siendo: ¿cuánto mejora de vida podemos ganar con la solución híbrida frente a la solución de batería única?

Según el fabricante de la batería, la vida útil del paquete de baterías que se tiene en cuenta con estas condiciones es de 4 años. La mejora esperada es realista con cierta optimización de las condiciones reales puede ser aproximadamente 2x.
Hay que tener en cuenta que es posible que la constante de tiempo de filtro de 100 segundos no se implemente de manera realista con el mismo convertidor y módulo de supercap que se considera para los tiempos de filtro más bajos, por lo que se considera una solución solamente teórica.

Tiempo de Filtro	SC Min V	Duración prevista de la batería
6	154.8	4.32 años
10	140.5	5.10 años
20	138.2	5.44 años
40	138.3	5.83 años
60	137.9	7.88 años
100	93.4	15.15 años

Las baterías con menor densidad de potencia que las de iones de litio de alto rendimiento pueden beneficiarse aún más de la carga del supercap. El siguiente gráfico muestra la mejora de DoD de una batería de ácido de plomo de 48V para una carretilla elevadora (forklift) durante un ciclo estándar con y sin un módulo supercap Eaton XLR-48R6167-R (48.6V / 166F / 5mΩ / 15kg) conectado.
La mejora es significativa y no solo permite que la vida útil de la batería aumente, sino que también reduce el tamaño de la batería. Según nuestra simulación, la batería de ácido de plomo de 920Ah podría reducirse eventualmente a 350Ah en caso de que el tiempo de ejecución diario lo permita.

Sistema	Años de Vida	Factor
920Ah	2.7	--
920Ah Bat. + SC	6.9	2.52
680Ah Bat. + SC	5.4	2.0
610Ah Bat. + SC	5.0	1.85
350Ah Bat. + SC	3.2	1.18

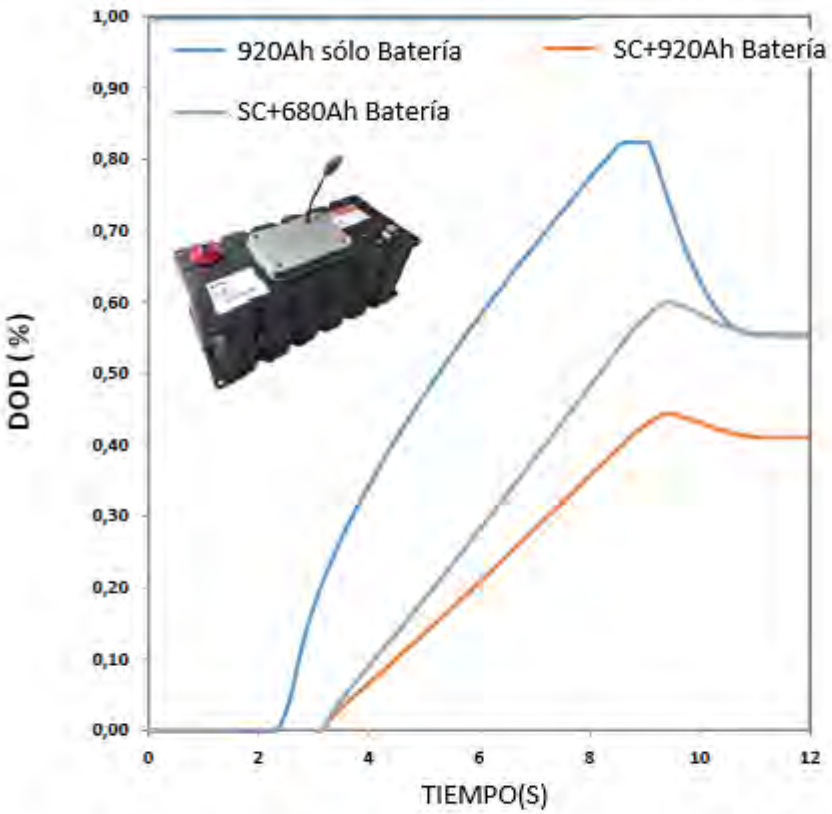


Figura 10. DOD de batería PBA de carretilla elevadora (forklift) durante un ciclo de conducción usando diferentes capacidades y supercaps en conexión paralela directa

6. Conclusión

Eaton, un proveedor comprometido de soluciones de energía y fabricante de supercap, desarrolló un método de simulación para evaluar soluciones híbridas de batería y supercap para vehículos comerciales eléctricos (autobuses, furgonetas de reparto, carretillas elevadoras (forklift), equipos de manipulación de materiales). Los vehículos que funcionan con baterías que tienen ciclos de carga intensos y de servicio pesado pueden beneficiarse si se utiliza un sistema de almacenamiento de energía híbrido con supercap-batería. Un sistema híbrido de tamaño adecuado puede duplicar la duración de la batería y mejorar el rendimiento de la conducción.

Autores:
Dr. Ramdev Kanapady (Leader, Technology Development - Eaton)
Akos Labady (Sr. Field Application Engineer – Eaton)

Traducción:
Toni Villa (ERMEC,SL)

Abreviaturas:

DC: Corriente Continua (CC)
DOD: Profundidad de carga
EQ6100: Tipo de autobús urbano
EV: Vehículos Eléctricos Comerciales
FFT: Fast Fourier Transform (Transformada rápida de Fourier)
H-ESS: Hybrid Energy Storage System (Sistema de almacenaje de Energía)
I+D:Departamento de Investigación y Desarrollo
kWh: Kilowats Hora
LMO: Litio-Manganeso
OEMs: Original Equipment Manufacturer (Fabricante Original de Equipo)
SC: Supercap (Supercondensador)
SOC: State of Charge (Estado de la carga)
TCO: Coste total de propiedad

DOD: Profundidad de carga
La Profundidad de descarga (Depth of Discharge, DOD) es un método alternativo para indicar el estado de carga (SOC) de una batería. El DOD es el complemento del SOC: cuando uno aumenta, el otro disminuye. Mientras que las unidades del SOC son puntos porcentuales (0% = vacío; 100% = completo), las unidades de DOD pueden ser Ah (por ejemplo: 0 = lleno, 50 Ah = vacío) o puntos porcentuales (100% = vacío; 0% = completo). Como la batería puede llegar a tener una capacidad superior a su valor nominal, es posible que el valor DOD pueda exceder el valor total (por ejemplo: 55 Ah o 110%), algo que no es posible cuando se utiliza el SOC.

TCO: Coste total de propiedad
El coste total de propiedad o costo total de propiedad (proveniente del término anglosajón Total Cost of Ownership o TCO), es un método de cálculo diseñado para ayudar a los usuarios y a los gestores empresariales a determinar los costes directos e indirectos, así como los beneficios, relacionados con un producto o sistema. Se usa específicamente para la compra de equipos o programas informáticos, y de modo creciente para el cálculo económico de soluciones energéticas sostenibles.

+Información del producto

INTERRUPTORES

Pulsadores, Interruptores, para PCB, de Palanca, E-Stops, Piezoeléctricos, Antivandálicos, Microswitches

CONEXIÓN

Conectores circulares, Bases y conectores IEC, Cables flexibles

ELECTRÓNICA

Componentes para la protección y medición electrónica, Conectores PCB, Fusibles, Relés, Pilas

JOYSTICKS

Joysticks, Trackballs, Single Axis, HandGrips

TECLADOS

Teclados y Paneles

PILOTOS

Indicadores led, Pilotos, Lámparas

SENSORES

Sensores Reed, Sensores y Limitadores de temperatura, Sensores de proximidad

MOTION

Motores, Motorreductores, Encóders, Solenoides, Actuadores lineales, PMG

VENTILACIÓN

Ventiladores de AC y DC, accesorios y unidades de ventilación

ERMEC

Tel: 902450160
info@ermec.com - www.ermec.es

Francesc Teixidó,22
E-08918 Badalona (BCN)

Puerto Rico, 4
E-28220 Majadahonda (MAD)