

## DAS MANAGEMENT VON HOCHVOLT-BATTERIEN

# Umfassend kompatibel

Lithium-Ionen-Batterien finden ihre Anwendungen in immer höheren Leistungsklassen. Damit steigt nicht nur die Zellenzahl solcher Speichersysteme, sondern zwangsläufig auch die Systemspannung. Das Design und Management der Speicher orientiert sich an den Standards im PKW-Bereich, erfordert aber auch weitere Funktionalität. **VON ULRICH HUBER**



Das modulare Batterie-Management-System von STW eignet sich gleichermaßen für Straßen- und Schienenfahrzeuge, Arbeitsmaschinen oder stationäre Speicher unterschiedlichster Spannungslagen und Leistungen. Bilder: STW

Sie werden leistungsfähiger und die Zahl der Zellen nimmt stetig zu. Analog steigen die Anforderungen an das Management der Lithium-Ionen-Batterien.

Zur funktionalen Sicherheit, der Messgenauigkeit von Strömen und Spannungen und zur Zustandsschätzung treten neue Herausforderungen wie gute Skalierbarkeit für unterschiedliche Speicherauslegungen und insbesondere die Kosteneffizienz der Systeme.

Ein kompletter Baukasten für Hochvolt-Batterien umfasst heute deshalb alle sensorischen Komponenten zur Messung und Überwachung einzelner Zellspannungen und Temperaturen, die Messung und Überwachung von Strömen, und die Bestimmung des Isolationszustands.

Das sichere Schalten von Trennschützen und die adaptive Vorladung von Kapazitäten im Zwischenkreis sowie der Ladungsausgleich der Einzelzellen sind selbstverständlich geforderte Aktor-Funktionen. Alle diese Funktionen unterliegen teils erheblichen Sicherheitsanforderungen. Somit muss der Funktionszustand jederzeit diagnostiziert werden können, damit im Zweifelsfall eine Abschaltung des Speichers eingeleitet und ein sicherer Zustand eingenommen werden kann.

## Der Einfluss der Systemspannung

Mit zunehmender Systemspannung kommen höher spezifizierte Bauteile zum Einsatz. Luft- und Kriechstrecken sind größer zu wählen und mit zunehmender Speichergröße gewinnt auch die Parallelschaltung,

nicht nur von Zellen, sondern auch von ganzen Speicher-Strängen an Bedeutung.

## Hochspannung – Mittel zum Zweck

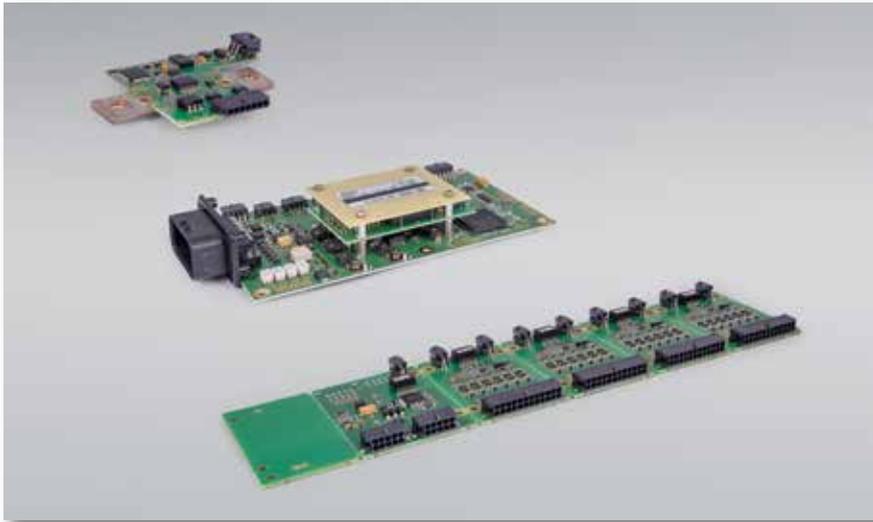
Je höher die elektrische Leistung eines Systems sein soll, umso höher sollte auch die Betriebsspannung sein. Hintergrund ist, dass hohe Spannungen bei gleicher Leistung geringere Ströme verursachen und so auch mit einer geringeren Verlustleistung zu rechnen ist. Dieser längst bekannte Zusammenhang führt zur Hochspannungsübertragung in der Energieversorgung im Bereich von mehreren hundert Kilovolt genauso wie zur Anhebung von Bordnetzspannungen.

Bei der Bordnetzspannung wird die kommende Spannungslage bei 48 Volt liegen. Der Industriestandard LV148, den sich bedeutende Hersteller gegeben haben, definiert hierfür die Grundlagen. Gerade für Leistungen bis etwa 20 Kilowatt eignen sich die 48-Volt-Netze – die erforderlichen Ströme und unvermeidlichen Verlustleistungen bleiben dabei noch im Rahmen. Das reicht aus, um die typischen Anwendungen wie Lüfter, Umwälzpumpen, Druckerzeuger und Klimakompressoren zu betreiben. Zudem lassen sich mit solchen Netzen kleinere Fahrtriebe speisen, die so von der 48-Volt-Technik profitieren werden. Der zusätzliche E-Antrieb vieler Hybrid-Fahrzeuge liegt in dieser Leistungsklasse.

## TABELLE 1

Der Bereich der „Uneingeschränkten Betriebsfähigkeit“ nach LV123.

Spannungslage	Bereich uneingeschränkter Betriebsfähigkeit
HV 1	90 bis 190 Volt
HV 2a	170 bis 340 Volt
HV 2b	250 bis 450 Volt
HV 3	520 bis 750 Volt



Schlüsselkomponenten des mBMS-Systembaukastens.

TABELLE 2

Zusammenhang von Nominalspannung und Zahl der in Reihe geschalteten NMC-(LiNiMnCo)-Zellen.

Spannungslage	Nominalspannung	Zellenzahl in Reihe
HV 1	139 Volt	38
HV 2a	263 Volt	72
HV 2b	350 Volt	96
HV 3	635 Volt	174

**Kein Netz ohne Speicher**

So wie die heute übliche 12-Volt-Starterbatterie als Energiereserve im Bordnetz eines jeden PKW agiert, wird zu jeder weiteren Spannungslage auch ein weiterer Batteriespeicher benötigt. Für 48-Volt-Speicher, die die Energie aus einem Bremsvorgang für einen nachfolgenden Beschleunigungsvorgang puffern sollen und diesen Zyklus tausende Male bewältigen müssen, kommt die gängige Blei-Säure-Technik der heutigen Akkus nicht in Frage. Typischerweise sind hierfür zyklenfeste Lithium-Ionen-Akkus aus 16 in Reihe verschalteten Lithium-Ionen-Zellen mit Li-Fe-PO-4-Kathode geeignet. Aber auch andere Lithium-Ionen-Typen in unterschiedlichen Zellzahlen könnten zum Einsatz kommen.

Dabei ist die 48-Volt-Technik keinesfalls gänzlich neu. Diese und ähnliche Spannungslagen kommen bereits seit Jahrzehnten im Bereich von Flurförderfahrzeugen zum Einsatz. Batteriebetriebene Gabelstapler und Gepäckschlepper beispielsweise arbeiten mit einem solchen Netz.

**Bis 60 Volt gilt als unbedenklich**

Den Wunsch nach noch höheren Spannungen begrenzt der Aufwand für die Isolation. Gemäß aller gängigen Normen gilt nur eine Gleichspannung von weniger als 60 Volt als unbedenklich. Rein elektrisches Fahren ist mit Fahrzeugen in PKW-Größe aber erst in einem noch höheren Spannungsbereich technisch und wirtschaftlich interessant. Der grundlegende Industriestandard LV123 sieht hierfür vier unterschiedliche Spannungslagen vor (siehe Tabelle 1).

Darunter ist auch der Bereich HV 3, der derzeit noch kaum zur Anwendung kommt. Wobei er gerade für leistungsfähige E-Sportwagen und für Nutzfahrzeuge attraktiv ist und ein möglicher Impulsgeber für die künftige Komponentenentwicklung darstellen könnte.

Zur Herstellung der gewünschten Spannungslage kommt in der Praxis derzeit nur die Reihenschaltung von Batteriezellen geringer Spannung in Frage. Tabelle 2 zeigt die typischen Möglichkeiten der Anzahl von in Reihe zu verschaltenden NMC-Zellen.

**LI-Batterien nicht eigensicher**

Lithium-Ionen-Batterien gelten grundsätzlich als nicht eigensicher. Falls durch konstruktive Maßnahmen eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann, muss eine ausreichend verlässliche elektronische Sicherheitseinrichtung installiert sein. Soll das BMS als solche Sicherheitseinrichtung verwendet werden, muss es, was Hard- und Software anbelangt, normenkonform entwickelt sein. Grund-

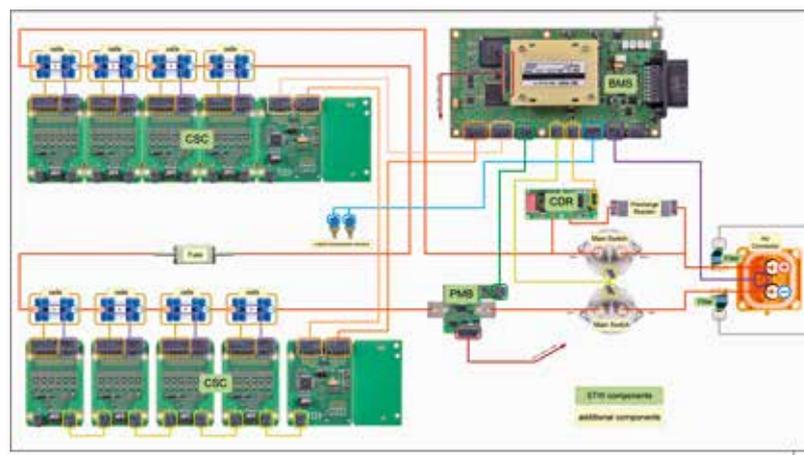
sätzlich erfolgt die Entwicklung gemäß IEC-61508-Grundnorm der funktionalen Sicherheit (A-Norm) oder nach abgeleiteten Normen (B-Normen), die umfassende spezifische Festlegungen je nach Anwendungsumfeld aufweisen. Relevante B-Normen sind beispielsweise:

- ISO 13849-1 Sicherheit von Maschinen (Maschinenrichtlinie)
- ISO 26262 Road vehicles – functional safety (automotive)
- ISO 25119-4 Tractors and machinery for agriculture and forestry

**Modulares Batterie-Management**

Die Sensor-Technik Wiedemann GmbH (STW) bietet mit ihrem mBMS-System einen kompletten Baukasten aus Hard- und Software-Komponenten für die Realisierung eines sicheren Batterie-Management-Systems (BMS) für Hochvolt-Batterien an. Alle beschriebenen Funktionen sind vom mBMS bereits realisiert und alle gängigen chemischen Systeme wie NMC (LiNiMnCo-Technik), LFP (LiFePO4) und LTO (Li4Ti5O12) werden davon unterstützt. Die Anzahl der Batteriezellen kann fast beliebig groß sein und auch sehr hohe Ströme und Leistungen sind möglich. JBI |

Ulrich Huber ist Projekt-Manager bei Sensor-Technik Wiedemann STW in Kaufbeuren.



Beispielhafte Verschaltung der Komponenten für eine Hochvolt-Batterie.