

CAD-MODELL EINES LITHIUM-ZELL-ARRAYS

Die Batterie als Schlüssel zur eMobilität

Hans-Jürgen Esch

Wer sich mit Elektrofahrzeugen beschäftigt, weiß um die Bedeutung der Batterie, die heute mehr ist als nur ein elektrochemisches System. Das Batteriesystem entscheidet über Reichweite, Fahrleistungen, Fahrzeugpreis, Ladezeiten, Lebensdauer, beeinflusst Sicherheit und Recyclingfähigkeit.

Schon vor über 100 Jahren wurden Elektroautos mit Bleiakkus betrieben. Das moderne Elektroauto setzt auf leichte und kompakte Lithium-Ionen-Batterien. Die Basis dafür bilden Zellen mit z.B. Graphit, Zinndioxid, Lithium-Titanat am Minuspol und Lithium-Metalloxyd-Verbindungen mit Mangan, Nickel, Eisen oder Kobalt am Pluspol, getrennt mittels für Lithium-Ionen durchlässigem Separator, und wasserfreiem Elektrolyten. Diese Technologie stammt aus Deutschland und wurde 1989 vom Berliner Peter Busch zum Patent an-

gemeldet, ohne jedoch das Interesse der hiesigen Industrie zu wecken. Der erste Li-Ionen-Akku kam Jahre später aus Japan.

Batteriesysteme für Elektrofahrzeuge, egal ob eBike oder Elektrosportwagen, bestehen aus vielen Akkuzellen, um Spannung und Stromstärke an den Antrieb anzupassen. Um z.B. direkt aus der Batterie einen 36-Volt-Motor betreiben zu können, ist bei Lithium-Ionen-Zellen mit 3,6 Volt Nennspannung eine Serienschaltung - hier addieren sich die Spannungen - von 10 Zellen erforderlich. Angenommen, die Maschine soll max. 3,6 Kilowatt aufnehmen, ein typischer Wert für Leichtfahrzeuge, so fließen 100 Ampere Strom (Leistung in Watt = Spannung in V * Strom in A). Nehmen wir Zellen an, die 10 Ampere liefern, so müssen wiederum 10 miteinander

verschaltet werden, diesmal parallel - hier addieren sich die Ströme. Es entsteht ein Array mit 100 Zellen. Solche Anordnungen sind üblich, auch wesentlich umfangreichere.

Noch eine Betrachtung zur Kapazität der Beispiel-Batterie. Liefert sie eine Stunde lang 100 A bei 36 V beträgt ihre Kapazität 3,6 Kilowattstunden (kW/h). Das bedeutet, wir können mit dem damit versorgten Fahrzeug eine Stunde lang »Vollgas« fahren, im Teillastbetrieb natürlich entsprechend länger.

Würden wir das Array aus Blei-Akkuzellen bauen, was bei 2V Zellenspannung schon eine Serienschaltung von 18 Zellen bedeutet, müssten wir uns kaum weitere Gedanken machen. Die Batterie wäre anspruchslos wie eine Starterbatterie und bräuchte kaum Elektronik, wäre jedoch schwer und mäßig leistungsfähig. Moderne Lithium-Ionen-Akkus bieten eine etwa vier- bis sechsfach höhere Kapazität, benötigen allerdings ein Batteriemanagementsystem, kurz »BMS«. Da in Lithium-Ionen-Zellen keine elektrolytischen Ausgleichs- und Sicherheitsreaktionen wie in Bleibatterien ablaufen, müssen Betriebsbedingungen, Überlastzustände und überhöhte Temperaturen erkannt werden, da Zerstörung, schlimmstenfalls Brand oder Explosion droht.

Wir benötigen eine Elektronik, die den Ladezustand aller Zellen angleicht, um ein Auseinanderdriften zu vermeiden, und die den Ladezustand kontrolliert. Ferner muss das System Zellentemperaturen und weitere Parameter, etwa Ströme überwachen. Die Zuverlässigkeit und Genauigkeit dieses BMS entscheidet über Sicherheit und Lebensdauer der Batterie, intelligente Zusatzfeatures ermöglichen eine Einschätzung der verbleibenden Kapazität und Lebensdauer des Batteriesystems.

Üblich zur Angleichung der Zellen ist eine einfache Methode. Bevor eine Zelle eine kritische Spannung erreicht, lenkt man den Ladestrom an der Zelle vorbei. Dazu muss die Zellenspannung von der Elektronik kontrolliert werden, um den Ladestrom rechtzeitig über einen Bypass, meist einen Widerstand, zu leiten. Die Schaltungen benötigen präzise Analogelektronik, überdies wird in den Bypassen Energie vernichtet, die das Batteriesystem aufheizt und die Energiebilanz verschlechtert.

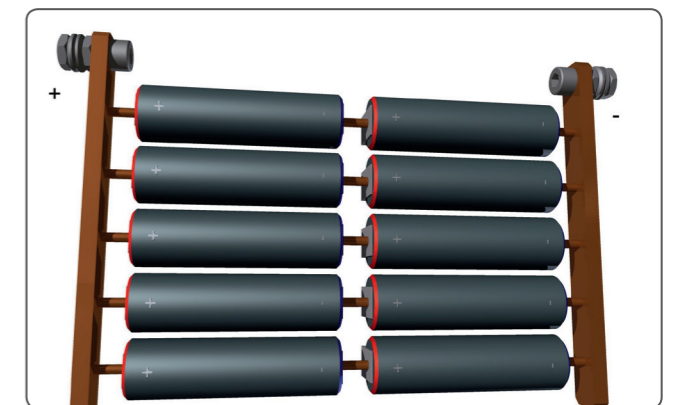
Nun können vorteilhaft zum Angleichen der Zellen und zur Lade- und Entladesteuerung auch digital arbeitende Schaltungen verwendet werden. Die nötige Präzision ist damit einfacher und kostengünstiger realisierbar.

Obwohl es unterschiedlich arbeitende digitale BMS-Systeme gibt, beschränken wir uns hier auf ein einleuchtendes System, das die Zellangleichung per Ladungstransfer vornimmt. Dazu wird zunächst ermittelt, welche Zelle innerhalb des Batteriesystems die höchste und welche die niedrigste

Ladung besitzt. Im folgenden Schritt wird von der Zelle mit der höchsten Ladung eine bestimmte Ladungsmenge abgezogen und an die Zelle mit der niedrigsten Ladung abgegeben. Diesen Ladungstransfer kann ein Kondensator als Zwischenspeicher erledigen, der per Schaltermatrix zwischen beliebigen Zellen wechselt. Der steuernde Mikrokontroller sorgt dafür, dass der beschriebene Vorgang wiederholt wird, bis alle Zellen die gleiche Ladung besitzen. Einleuchtend, dass so ein System effizienter arbeitet, weil Ladungen nur umgeschichtet werden. Ein Nachteil ist die Abnahme der transferierbaren Ladungsmengen mit zunehmendem Zellenausgleich, also abnehmenden Spannungsdifferenzen.

Ein weiterentwickeltes digitales BMS* arbeitet mit gleichbleibender Transferleistung. Die Idee ist, die für den Zellausgleich benötigte Energie aus den Ladungsdifferenzen zu bestimmen und per Transfereinheit bereitzustellen. Die Ausgleichsenergie wird hierbei dem Batteriesystem insgesamt und nicht einzelnen Zellen entnommen und lässt sich dadurch unabhängig von Spannungsdifferenzen exakt bestimmen. Diese Transfereinheit gibt die aufgenommene Energie nun in einer ermittelten Reihenfolge an die Zellen ab, die weniger Ladung besitzen. Die Ausgleichszyklen werden fortgesetzt, bis alle Zellen die gleiche Ladung haben. Natürlich muss die Elektronik auch den absoluten Wert der einzelnen Zellenspannungen präzise ermitteln, um Lade- und Entladevorgänge zu steuern. Dieses System erreicht sehr hohe Ausgleichsleistungen, wie sie bei Schnellladung, Rekuperation, nach langen Gebrauchspausen oder kurz vor Ende der Lebensdauer benötigt werden und bietet einen optimalen Ladewirkungsgrad.

* Gewerbliche Schutzrechte/Patente des Autors beachten!



ZELLENARRAY, 2x SERIELL, 5x PARALLEL

Hans-Jürgen Esch
selbständiger Erfinder, Entwickler, Konstrukteur
Inhaber der Esch Projekt Systementwicklung
Geschäftsführender Gesellschafter ELAN Technologie GmbH
esch@esch-pro.com