



ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG UND ÜBERWACHUNG

LADEZUSTANDSMONITORING VON LITHIUM-IONEN-BATTERIEN MIT GEFÜHRTEN WELLEN

Dipl.-Ing. Tobias Gaul, Dr. Kilian Tschöke, M. Eng. Konrad Chwelatiuk, Dr. Lars Schubert

Lithium-Ionen-Batterien sind heute weit verbreitet. Ihre hohe verfügbare Leistung und Energiedichte machen sie neben Anwendungen in der Unterhaltungselektronik auch im rasch wachsenden Bereich der Elektromobilität interessant. Im Betrieb ist die Verfügbarkeit dieser Leistung über die gesamte Lebensdauer entscheidend. Aus dem komplexen physikalisch-chemischen Batterieaufbau resultiert eine Degradation der verwendeten Materialien. Ursache dafür sind verschiedene Prozesse, wie der Verlust von frei wandernden Lithium-Ionen und die Elektrodenalterung. Dies führt im Laufe der Zeit und über mehrere Ladezyklen hinweg zur Abnahme von Kapazität und Spitzenleistung und somit der Effizienz. Das verkürzt die Lebensdauer der Lithium-Ionen-Batterie erheblich.

Innovative Lösung für die Batterieprüfung

Derzeit erfolgt die Überwachung des gesamten Batteriesystems durch das integrierte Batterie-Management-System (BMS). Damit wird die Batterie über Messgrößen wie Temperatur, Spannung und Stromstärke auf Modulebene kontrolliert und gesteuert. Eine Überwachung von Batterien bis auf Zellebene erfolgt nur in Hochleistungsanwendungen mit der elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS). Dabei erfordert die EIS zugängliche elektrische Kontaktpunkte, was sich an geschlossenen, betriebsfertigen Batteriesystemen nur bedingt umsetzen lässt.

Mit dem Einsatz von geführten Ultraschallwellen ermöglicht das Fraunhofer IKTS eine Überwachung auf Zellebene, die nicht auf der Messung der elektrischen Größen der Batterie selbst beruht. Piezoelektrische Wandler regen geführte Wellen

auf der Oberfläche der Batterie an und können diese zugleich auch empfangen. Die Ultraschallwellen werden durch die Änderung des Elastizitätsmoduls und der Dichte beim Laden/Entladen beeinflusst – dies lässt sich messen. Dafür wurde das komplexe Ausbreitungsverhalten mit Laservibrometrie untersucht (Bild 1). Es konnte gezeigt werden, dass die Eigenschaften der Wellen (Amplitude, Phase) in einem direkten Zusammenhang mit dem Ladezustand (engl. state of charge, SOC) stehen (Bild 2). So ist eine Messung des Ladezustands möglich, die unabhängig von elektrischen Kenngrößen ist und keine Zugänglichkeit elektrischer Kontakte erfordert.

Nicht nur Ladezustandsüberwachung

Um den Austausch von Batterien besser planen zu können, ist neben dem Ladezustand auch die Restlebensdauer von Bedeutung. Ein Kapazitätsverlust wirkt sich direkt auf die gemessenen Signalparameter der angeregten Wellen aus. Damit wird die Degradation der Batterie mess- und vorhersagbar. So können Batteriesysteme zukünftig frühzeitig getauscht und die Weiternutzung in Second-Use-Anwendungen abhängig vom tatsächlichen Batteriezustand realisiert werden.

- 1 Mit einem Laservibrometer gemessene Wellenausbreitung auf der Oberfläche einer Batterie.
- 2 Verlauf von Signalparametern über einen Lade-/Entladezyklus einer Lithium-Ionen-Batterie.