

Kurzfassung

Ladezustands- und Alterungsschätzung für Energiespeicher im Kraftfahrzeug – Messsysteme, Modellierung und Algorithmen

Patrick Weißkamp

In den letzten Jahren hat die Elektromobilität eine immer größere Bedeutung für die globale Automobilindustrie eingenommen. Aufgrund ihrer hohen Energiedichte stellen Lithium-Ionen Zellen derzeit den bedeutsamsten Energiespeicher für elektrisch betriebene Kraftfahrzeuge dar. Die tatsächliche Reichweite aktuell erhältlicher Elektrofahrzeuge liegt jedoch noch unterhalb der Reichweite vergleichbarer Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und stellt laut Umfragen eine wesentliche Hürde für den Durchbruch der Elektromobilität in Deutschland dar.

Für die Kundenakzeptanz ist es daher wichtig, die verbleibende Reichweite während der Fahrt zuverlässig vorherzusagen. Hierfür sind der aktuelle Lade- und Alterungszustand des Energiespeichers notwendig. Beide Größen lassen sich jedoch nicht direkt messen und müssen stattdessen durch Schätzverfahren im laufenden Betrieb bestimmt werden. Derzeit angewendete Verfahren basieren auf stark vereinfachten Modellen der Energiespeicher, die insbesondere Alterungseffekte nicht adäquat abbilden und im Laufe der Lebensdauer zunehmend Schätzfehler verursachen.

Im ersten und zweiten Teil dieser Arbeit werden Messsysteme und Untersuchungsverfahren vorgestellt, mit denen Modelle des elektrischen Verhaltens der Energiespeicher während der Durchführung von Alterungsuntersuchungen unter realitätsnahen Betriebsbedingungen bestimmt werden können. Die Entwicklung eines 600A-Testsystems für Lithium-Ionen Zellen mit hoher Bandbreite und Messgenauigkeit wird diskutiert. Das Messsystem wird in einem Testzentrum mit mehr als 100 Einzelmessplätzen für Langzeit-Alterungsstudien an Lithium-Ionen Zellen eingesetzt. Optimierte Untersuchungs- und Auswerteverfahren ermöglichen anhand der gewonnenen Messdaten die Erstellung eines mathematischen Modells des elektrischen Zellverhaltens, welches unter den Betriebsbedingungen im Kfz und für die gesamte Lebensdauer des Energiespeichers gültig ist.

Bestehende Schätzverfahren zur Bestimmung von Lade- und Alterungszustand sind jedoch nicht für den Einsatz mit dem um Alterungseffekte erweiterten Modell geeignet und weisen häufig Instabilitäten auf. Der dritte Teil dieser Arbeit beschäftigt sich deshalb mit der Entwicklung und Optimierung kombinierter Schätzalgorithmen für Lade- und Alterungszustand, die hinsichtlich Messanforderungen, Robustheit und Rechenbedarf für eine Echtzeitanwendung in Kraftfahrzeugen geeignet sind. Durch eine Verifikation mit dynamischen, realitätsnahen Belastungsprofilen wird die Leistungsfähigkeit der Verfahren über die gesamte Lebensdauer des Energiespeichers demonstriert.

Den Abschluss der Arbeit bildet ein Ausblick auf Prognoseverfahren, die anhand der geschätzten Werte eine Vorhersage des zukünftigen Alterungsverhaltens und der verbleibenden Lebensdauer ermöglichen.