

PLI6412 in der Entwicklung von Antriebsakkus für elektronische Rennfahr- zeuge

Das Kaiserslautern Racing Team entwickelt seit 2012 elektrisch angetriebene Rennfahrzeuge nach dem internationalen Formula-Student-Regelwerk. Dabei werden auch im Antriebsstrang selbst entwickelte Komponenten eingesetzt, insbesondere für die Hochvoltbatterie stehen keine fertigen Komponenten zur Verfügung.



Problemstellung

In Frage kommen für den Aufbau der Batterie Lithium-Ionen Akkuzellen vorwiegend chinesischer Fabrikate, welche die Anforderungen hinsichtlich hoher Energiedichte, Leistungsfähigkeit und nicht zuletzt auch moderatem Anschaffungspreis erfüllen können.

In vorherigen Entwicklungen zeigte sich, dass es deutliche Abweichungen der Zellen einiger Hersteller gab, sowohl gegenüber den Angaben der technischen Datenblätter als auch zwischen einzelnen Exemplaren innerhalb derselben Charge. Relevant sind dabei die nutzbare Kapazität, der Innenwiderstand und das thermische Verhalten insbesondere unter zyklischer Last, wie sie im Fahrbetrieb vorliegt. Thermische Kennwerte werden von den Herstellern nicht spezifiziert und wurden daher bisher in der Auswahl der Zellen vernachlässigt. Dies führte zu Problemen in der Kühlung des Batteriepakets und zur Verwendung für die vorliegende Anwendung ungeeigneter Zelltypen.

Überlegung

Um eine faktenbasierte Entscheidung treffen zu können, wurden Musterzellen für einen experimentellen Vergleich beschafft.

Da Innenwiderstand und Spannung der Zellen im Verlauf der Entladung nicht konstant sind, ist eine vergleichbare Situation nur durch Einsatz einer elektronischen Last herzustellen. Mit einer solchen Last sollen Entladekurven bei konstantem Strom aufgenommen werden, um die Angaben der Datenblätter zu verifizieren. Anschließend soll ein dem tatsächlichen Einsatz ähnliches Lastprofil angewendet werden, um den Innenwiderstand und die tatsächlich nutzbare Kapazität bis zum Erreichen der Entladeschlussspannung zu ermitteln. Nach der Montage der Akkustacks soll die Last außerdem zur Kontrolle des Innenwiderstands und der Temperaturentwicklung unter Last dienen.



Umsetzung

Zusammen mit Höcherl & Hackl wurde eine PLI 6412 ausgewählt, die alle Anforderungen für den geplanten Einsatzbereich erfüllt:

| | Anforderung | PLI6412 |
|----------------------|-------------------|---------|
| Spannung (minimal) | 2 V (Einzelzelle) | 1.2 V |
| Spannung (maximal) | 100 V (Akkustack) | 120 V |
| Maximalstrom | 300 A | 300 A |
| Regelgenauigkeit | 1 % | 0.2 % |
| Leistung dauerhaft | 4 kW (Akkustack) | 6.4 kW |
| Leistung kurzfristig | 10 kW (Akkustack) | 12.8 kW |

Um das Gerät wurde ein Prüfstand aufgebaut, der das Laden und Entladen einzelner Zellen mit kontinuierlicher Messwertaufzeichnung und einer Temperaturüberwachung mittels Wärmebildkamera ermöglicht.

Vorgenommen wurden folgende Messungen: Entladekurve mit ein- und dreifacher Nennkapazität pro Stunde (1C/3C): Diese dienen dem Vergleich der Messergebnisse mit den im Datenblatt angegebenen Werten (1C-Entladung) bzw. der mittleren Belastung im Einsatz des Fahrzeugs (3C). Genutzt wurde dazu die Konstantstrom-Entladefunktion des Gerätes mit Aufzeichnung der Messwerte direkt auf einen USB-Stick. Dabei können Entladestrom, Entladeschlussspan-

nung und Grenzen für die zu entnehmende Kapazität und Dauer der Entladung am Bedienpanel vorgewählt werden. Während der Entladung wird die entnommene Ladung laufend aufintegriert und im Display angezeigt.

Hardware-in-Loop-Simulation einer realistischen Fahrsituation: Zusätzlich zu vorgenannten statischen Tests wurden die Musterzellen mit einem Lastkollektiv entladen, dass statt der Ströme die Leistung vorgibt. Somit werden bei sinkender Spannung im Laufe der Entladung die Ströme immer höher. Dies führt bei hohem Innenwiderstand der Zelle zu einer verringerten nutzbaren Kapazität, da während kurzer Stromspitzen die Entladeschlussspannung unterschritten wird.

Da der interne Speicher des Gerätes für einen zwanzigminütigen Zyklus nicht ausreicht und eine Aufzeichnung auf USB-Stick im Listenbetrieb nicht möglich ist, wird für diesen Versuch die Steuerung über LABVIEW verwendet. Dazu wurden ein eigenes LABVIEW-VI erstellt, das basierend auf den Beispiel-VIs des Herstellers zusätzlich den Listenbetrieb mit Leistungssollwert und kontinuierlicher Datenaufzeichnung ermöglicht.

Während der Entladung wurden Wärmebilder aufgenommen, um die Verteilung der bei Lastspitzen insbesondere an den Zellfahnen von Pouchzellen auftretende Verlustwärme an den Zellfahnen zu untersuchen. Die Maximaltemperatur von zumeist 60°C darf dabei nicht überschritten werden. Während der Entladung wurden Wärmebilder aufgenommen, um die Verteilung der bei Lastspitzen insbesondere an den Zellfahnen von Pouchzellen auftretende Verlustwärme an den Zellfahnen zu untersuchen. Die Maximaltemperatur von zumeist 60°C darf dabei nicht überschritten werden.

Innenwiderstandsmessung

Zur Kontrolle der fertig montierten Akkustacks wurde die entsprechende Funktion der PLI-Serie genutzt. Dabei werden zwei Stromwerte mit Haltezeit vorgegeben und aus dem resultierenden Spannungseinbruch der Innenwiderstand ermittelt. Dieser wird direkt angezeigt, so dass die Messung inkl. Auswertung nur wenige Sekunden in Anspruch nimmt.

Resumee

Die Versuchsergebnisse ermöglichten eine dem Verwendungszweck gerechte Auswahl der Akkuzellen. Die Ursachen der Probleme der vorangegangenen Jahre wurden erkannt und die Konstruktion zusätzlich zur Auswahl besser geeigneter Zellen hinsichtlich Verbindung und Kühlung dieser optimiert.

Der so entwickelte Antriebsakku wurde erstmals allen Ansprüchen im Fahrbetrieb gerecht, was maßgeblich zum guten Abschneiden des Teams in den Fahrdisziplinen der Wettbewerbe in Hockenheim und Barcelona beitrug. Die PLI 6412 zeigte sich als wertvolles Instrument in der Entwicklung und überzeugte durch intuitive Bedienbarkeit der am Gerät verfügbaren Funktionen. Einzig die Steuerung über LABVIEW machte zu Beginn einige Schwierigkeiten, ein entsprechendes Handbuch mit Erläuterung der Beispiel-VIs würde hier den Einstieg vereinfachen.

Ausblick

Für kommende Entwicklungen ist eine Erweiterung des Prüfstandes mit einer geregelten Stromquelle angestrebt, um auch Rekuperationsströme abzubilden. Damit wäre es zudem möglich, alle Messungen inklusive dazwischenliegender Ladevorgänge vollautomatisch mit LABVIEW zu steuern und aufzunehmen.

