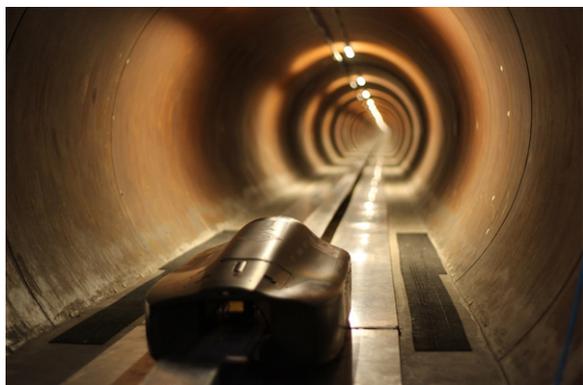


Customer Application #15

Testen von Lithium-Ionen-Polymerzellen für Hochgeschwindigkeitsantriebe

WARR Hyperloop ist ein studentisches Team an der Technischen Universität München (TUM), das sich der Entwicklung und Konstruktion von Prototypen für die Zukunft des Transports widmet.



Fahrzeug in Wettbewerbsröhre



Siegerteam 2018

Zum dritten Jahr in Folge konnte das Team die jährliche "SpaceX Hyperloop Pod Competition" in Los Angeles, USA, gewinnen. Im Wettbewerb mit 20 studentischen Teams aus aller Welt erreichten die Münchner Studenten einen neuen Geschwindigkeitsrekord für einen Hyperloop Prototypen: 467 km/h in einer 1,2 km langen Vakuumröhre.

Der diesjährige Prototyp besitzt acht elektrische Antriebsmotoren, gespeist aus einer 240 kW starken Batterieeinheit. Für die vergleichsweise kurze Distanz der Wettbewerbsstrecke ist unsere Batterieeinheit maßgeblich durch maximal verfügbare Leistung anstelle von verfügbarer Kapazität beschränkt. Da die Batterie den größten Gewichtsanteil aller Subsysteme darstellt, ergaben sich unter dem Fokus der Gewichtsreduzierung folgende zwei Ziele.

Ziele

- Reduktion der benötigten Batteriekapazität auf ein Minimum durch Messung der maximalen Spitzenleistung ausgewählter Lithium-Ionen Zellen für unseren spezifischen Fahrzyklus und die geforderte Lebenserwartung
- Einsparung des vergleichsweise schweren Druckbehälters der Batterieeinheit durch das Testen von bandagierten LiPo-Zellen im Vakuum

Anforderungen

Für die gestellten Ziele benötigten wir eine elektronische Last, um die Li-Ionen Zellen unter den entsprechenden Entladetests zu untersuchen. Gefordert waren 6 kW Eingangsleistung sowie die Option für dynamisch regelbare Lastprofile. Höcherl und Hackl unterstützte uns dabei großzügig mit der PLI6406. Die elektronische Last erfüllt nicht nur unsere benötigte Eingangsleistung (6,4 kW kontinuierlich), sondern kommt mit einer Vielzahl digitaler Steuereingänge (RS-232,

USB, Ethernet, CAN) sowie einer Funktion für dynamische Lastverläufe (LIST). Außerdem bietet sie eine direkte Datenaufzeichnung auf einen angeschlossenen USB-Speicher, eine Messfunktion für den Batterie-Innenwiderstand und umfangreiche Steuerungssoftware.

Entladetests

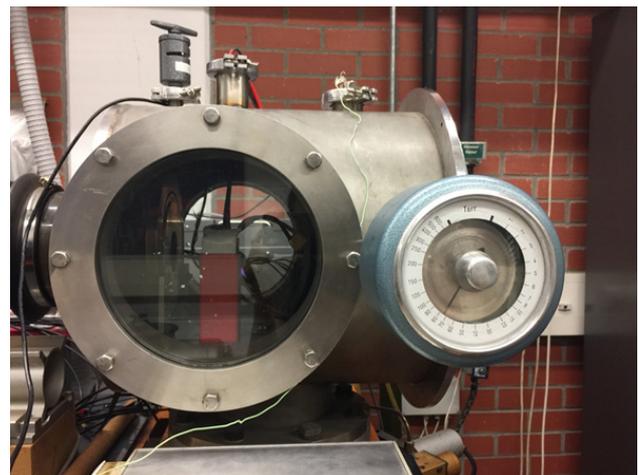
Die maximale Entladerate der Zellen wurde iterativ unter unserem erwarteten Lastfall und unter verschiedenen Umgebungstemperaturen bestimmt. Der optimale Betriebspunkt in Bezug auf Leistung und Sicherheit wurde von uns bei 50 °C bestimmt. Dies korrelierte mit unseren Erwartungen, da der Innenwiderstand von Li-Ion-Zellen mit steigender Temperatur fällt und somit Spannungseinbruch sowie Wärmeverluste entgegenwirkt. Die maximal mögliche Entladerate für unseren geforderten Lastverlauf konnten wir somit präzise bestimmen. Dieser lag 40% über der Herstellerangabe. Anschließende Kapazitätstests zeigten vernachlässigbare Alterungseffekte für unseren geforderten Lebenszyklus. Somit konnten wir die erforderliche Batteriemasse um knapp 30 % reduzieren.



Vakuumkammer und elektronische Last PLI6404

Vakuumtests

Des Weiteren wollten wir das Verhalten unserer Zellen im "Pouch"- (Taschen-) Format unter Vakuumbedingungen charakterisieren, wie wir sie auch in der Wettbewerbsstrecke wiederfinden. Da Pouch-Zellen ohne atmosphärischen Druck die Tendenz haben sich aufzublähen und sich damit zu zerstören, testeten wir, ob eine Bandagierung von Zellen diesem Effekt ausreichend entgegenwirken kann. Erste Messungen in der Vakuumkammer zeigten nur geringe Ausdehnungen. Folgende Entladetests mit der PLI6404 zeigten ein fast identisches Lastverhalten im Vergleich zu Tests unter atmosphärischem Druck. Kapazitätstests nach ausgiebiger Testserie bestätigten vernachlässigbare Alterungseffekte. Damit konnten wir die Bandagierung validieren und das Druckbehältnis des Batteriesystems aus dem Vorjahres-Prototypen verwerfen. Dadurch ließen sich weitere 6 kg an Fahrzeugmasse einsparen.



Vakuumkammer mit Zellen unter Test

Wir möchten Höcherl und Hackl für ihre großzügige Unterstützung bei der Konstruktion unseres letzten Prototyps äußerst danken. Die beschriebenen Gewichtseinsparungen (durch das Testen und die Charakterisierung des Batteriesystems) führten zu einer Reduktion von 20 % der Fahrzeugmasse und somit zu einem Gewinn von 10 % an Maximalgeschwindigkeit. Für die Zukunft erhoffen wir uns mit der elektronischen Last, unser Batteriesystem noch besser zu charakterisieren und somit unsere Fahrzeugregelung noch präziser auf die verfügbare Leistung abzustimmen. Die feste Integration der PLI6404 in unseren Testaufbau via CAN-Bus-Interface und des verfügbaren LabVIEW-Treibers ist bereits in Planung.