

Test von Batterie-Sicherheitseinrichtungen

Hohe Anforderungen an das Equipment

Batteriesysteme für E-Fahrzeuge sind potenziell gefährlich. Führt eine Fehlfunktion zu einem Kurzschluss, kann das ein thermisches Durchgehen zur Folge haben. Sicherheitseinrichtungen, die im Kurzschlussfall den Stromfluss im System unterbrechen, sollen das verhindern. Damit diese im Fahrzeug zuverlässig funktionieren, sind Tests nötig.

Wolfgang Neu und Dr. Christian Neidel

Wird durch den Kurzschluss einer Batterie im Energiespeicher eine chemische Kettenreaktion in Gang gesetzt, bei der unkontrolliert Wärme frei wird, lässt sich das sogenannte „Thermische Durchgehen“ der Batterie kaum noch verhindern. Die Sicherheitselemente im Batteriesystem sorgen daher dafür, dass der Stromfluss im System im Falle eines Defekts sofort unterbrochen wird. Die Kettenreaktion wird so verhindert.

Erkennt das Batteriemanagementsystem eine Fehlfunktion und schaltet dann zuverlässig ab? Funktionieren die Hochvolt-Schütze und weiteren Sicherungen wie Schmelz- und Pyro-Sicherungen? Diese Fragen stellen sich nicht nur beim Endprodukt, sondern während des gesamten Entwicklungsprozesses immer wieder. Auf der anderen Seite gilt es Fehlabschaltungen durch fehlerhafte Sicherheitseinrichtungen zu vermeiden. Angesichts einer stetig

wachsenden Zahl an Elektrofahrzeug-Varianten nimmt auch die Zahl der Batterievarianten zu und ebenso die Zahl der verschiedenen Sicherheitselemente. Jedes einzelne muss intensiv getestet werden.

Das Problem: Testeinrichtungen mit geeigneten Eigenschaften sind kaum zu finden. Das gilt insbesondere für zerstörende Tests. Das auf Beratungs- und Engineering-Dienstleistungen spezialisiertes Full-Service-Unternehmen um-



© Sergii | stock.adobe.com

laut hat sich daher im vergangenen Jahr entschlossen, selbst Testkapazitäten aufzubauen. Das Testequipment (Bild) lieferte der Stuttgarter Spezialist für Mess- und Testsysteme Smart Test solutions.

Sichere Testumgebung

Aus Sicherheitsgründen muss der Prüfling unter Schutzbedingungen für die Umwelt und natürlich die Versuchingenieure betrieben werden. Schließlich geht es um potenziell gefährliche Versuche, bei denen Explosionen und Feuer nicht ausgeschlossen sind. Bei dem Teststand in Braunschweig dient daher eine alte Lagerhalle als Testumgebung. Um das Testpersonal und das Equipment zu schützen, befinden sich die Prüflinge – also die Fahrzeugbatterie mit dem jeweils zu prüfenden Sicherheitssystem – während der Tests in verschlossenen Containern, zum Teil sogar über einem Wasserbecken schwebend, sodass im Ernstfall schnell gekühlt werden kann. Lediglich ein abgedichtetes Loch in der Containerwand dient der Durchführung der Kabelverbindungen zum Kurzschluss-Schalter und zur Messtechnik.

Modulares Testsystem

Das von Smart Test solutions entsprechend der Anforderungen des Umlaut-Teams entwickelte Testsystem ist modular aufgebaut. In einem etwas kleineren Schrank befindet sich der Kurzschluss-Schalter, der den Kurzschluss für eine definierte Zeit anschaltet. Um einen möglichst realitätsnahen Fehlerfall für die Abschaltvorrichtungen abzubilden, muss der Schalter prellfrei reale Batteriesysteme bei einem möglichst geringen Ohmschen Widerstand kurzschließen. Die Unterbringung in einem separaten Gehäuse hat den Vorteil, dass die Anschlusswege zum Prüfling kurz und damit die Leitungswiderstände niedrig gehalten werden können. Dadurch ist es bei Bedarf möglich, den Schalter mit dem Batteriesystem im Container zu platzieren. Der Gesamtwiderstand des Prüfstands liegt bei $< 1 \text{ m}\Omega$ – ein Wert, der im Falle eines Unfalls bei Kontakt der Batterie mit der Fahrzeug-Karosserie sehr gut auftreten kann.

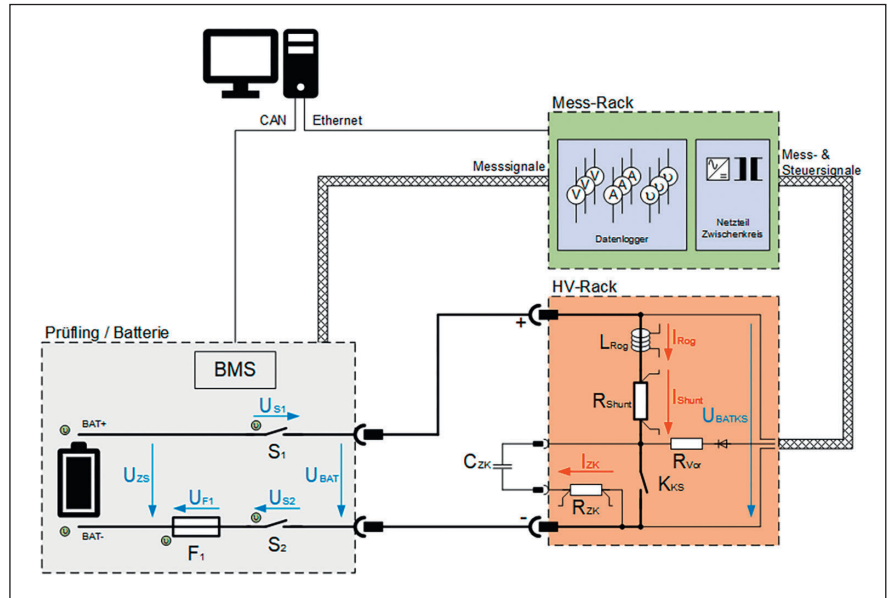


Bild: Für den Beratungs- und Engineering-Dienstleister umlaut hat Smart Test solutions das Equipment für den Test von Batterie-Sicherheitseinrichtungen geliefert. Das Blockbild zeigt die Messgrößen des Prüfstandes. © Smart Test solutions

Eine weitere Anforderung an den Kurzschluss-Schalter ist, dass sich Spannungen von bis zu 800V und Ströme von bis zu 13 kA sicher zu- und abschalten lassen. Der verwendete Schalter ist für sehr viel höhere Ströme ausgelegt, kurzzeitig kann er bis zu 45.000 A tragen und das auch mehrmals hintereinander. Außerdem ist der Schalter für einen erweiterten Temperaturbereich ausgelegt, sodass er auch in einer Klimakammer betrieben werden kann. Allerdings gibt es mit dem verwendeten Motorantrieb des Kurzschluss-Schalters das Problem, dass kurze Schaltzeiten $< 1 \text{ s}$ nicht darstellbar sind. Die zugekaufte Schalter-Komponente ist ursprünglich für Erdschluss-Anwendungen gedacht, bei denen nur gelegentlich Kurzschlüsse ausgelöst werden. Im Test-Setting für Batterie-Sicherheitseinrichtungen arbeitet sie zwar elektrisch sehr gut, aber nicht ideal. Gründe dafür sind neben den Problemen mit kurzen Schaltzeiten die mit Störsignalen verbundenen Eigenschaften des Antriebs.

Schnelle Ansteuerzeiten

Diese Defizite schmerzen, denn die Tests können nicht einfach wiederholt werden. Sobald ein Test einmal gestartet und der Kurzschluss ausgelöst worden ist, ist der Prüfling defekt. Smart Test solutions arbeitet daher bereits an einer selbst konstruierten elektromag-

netischen Schalter-Variante, die die Anforderungen des Teststandes optimal erfüllt. Das heißt vor allem: schnelles Ein- und Ausschalten in weniger als 60 ms mit via Ethernet fernsteuerbaren Ansteuerzeiten von Zehntel-Sekunden bis zu Minuten. Das ist bei Spitzenströmen bis zu 70 kA-DC und bis zu 1000 V Systemspannung keine leichte Aufgabe. Vor allem ein prellfreies Schalten der Kontaktelemente und gute Standzeiten standen auf der Kriterien Liste. Ein sicheres Trennen des Schalters bei Netzspannungsunterbrechungen oder Not-Aus-Bedienung wird ebenfalls erfüllt.

Alle Versorgungs- und Steuerungskomponenten im Schalter sind auf eine Betriebstemperatur von -25 bis $+65^\circ\text{C}$ ausgelegt, damit der Kurzschluss-Schalter mit dem Prüfling in einer Klimakammer betrieben werden kann und damit sehr kurze Verbindungswege für den Kurzschluss möglich sind. Ein abgedichtetes Gehäuse stellt sicher, dass im Fall eines Batterieabbrandes kein Schmutz eindringen kann.

Benötigte Messtechnik

Die Messtechnik im größeren Schrank des Kurzschluss-Testsystems umfasst 16 hochauflösende analoge Messkanäle mit synchroner Abtastung bei einer Abtastrate je Kanal von 1 Megasample sowie einen Datenlogger, der bei der

höchsten Abtastrate 32 Sekunden Aufzeichnungslänge bereitstellt. Damit können Spannungs- und Stromverläufe an allen Sicherungselementen und relevanten Stellen der Batterie erfasst werden. Ergänzend stehen noch zehn Temperaturmesskanäle für Thermoelemente zur Verfügung. Neben der Batterie mit ihren Sicherungseinrichtungen ist auch für den Zwischenkreis-Kondensator eine Anschlussmöglichkeit vorhanden, dessen Spannungs- und Stromverlauf ebenfalls miterfasst werden. Dieser lässt sich zudem über eine integrierte Ladeinheit auf bis zu 800 VDC vorladen.

Die Unterbringung in einem eigenen Schrank hat den Vorteil, dass die Messtechnik in sicherer Entfernung vom Prüfling betrieben werden kann. Gemessen wird zum Beispiel die Batteriespannung, denn die weist bei einem Kurzschluss einen charakteristischen Verlauf auf, sie bricht kurzfristig ein. Durch den Nachweis der Charakteristik wird gezeigt, dass der Kurzschlussschalter einen Kurzschluss auslöst, wie er auch im batterieelektrischen Fahrzeug vorkommen kann, und dass der entsprechende Test sauber durchgelaufen ist. Weitere Beobachtungsgrößen sind das Auslösesignal für die Pyrosicherung und die Höhe des Kurzschlussstroms. Die Pyrosicherung sorgt im Falle eines Kurzschlusses dafür, dass die stromführenden Leitungen durch eine kleine Sprengung vom Energiespeicher abgetrennt werden.

Der Kurzschlussstrom wird auf zwei Wegen gemessen: zum einen mit einer Rogowski-Spule und zum anderen mittels eines hochleistungsfähigen, äußerst genauen Mess-Shunts. Beide Methoden haben ihre Eigenheiten. Eine Rogowski-Spule besteht aus einem Leiterdraht, der gleichmäßig um einen nicht-magnetischen Kern gewickelt wird. Sie wird um den Leiter oder Anlagenteil gelegt, der den zu messenden Strom führt. Durch den Wechselstrom in der zu messenden Leitung wird in die Rogowski-Spule eine Spannung induziert, die proportional zum Leiterstrom ist. Hohe Kurzschlussströme in der Energieverteilung verursachen bei Rogowski-Spulen im Gegensatz zu Stromwandlern keine hohen Kräfte und Verluste. Es können auch keine für die Messung nachteilige Sättigungs- oder

Remanenzeffekte auftreten, die bei normalen Stromwandlern eine aufwendige Entmagnetisierung erfordern. Allerdings kann es bereits bei geringsten Inhomogenitäten der Spule zu hohen Abweichungen bei der Messgenauigkeit kommen. Der hier gewählte Typ ist zudem schnell und lässt Anstiegszeiten $< 5 \mu\text{s/V}$ zu, was selbst schnelle Änderungen von Stromwerten zulässt.

Der Mess-Shunt hingegen wird in den Strompfad integriert. An dem Widerstand fällt eine Spannung ab, die proportional zum Strom ist, der durch den Widerstand fließt. Durch die parallele Messung des Kurzschlussstroms mit beiden Methoden wird sichergestellt, dass der Prüfstand tatsächlich einen realistischen Wert abbildet. Zudem können sowohl das statische als auch das dynamische Verhalten der Stromflüsse im Batteriesystem aufgezeichnet werden.

Ergebnis und Ausblick

Die ersten Erfahrungen mit dem Testaufbau sind durchweg gut. Eine Erweiterung der Kapazitäten ist geplant. Neben dem Test der Sicherheitseinrichtungen lässt sich der Batterie-Kurzschluss-Tester auch für andere Batterietests einsetzen. Er liefert beispielsweise Antworten auf die Fragen, welchen Spitzenstrom eine Batterie liefern kann, wie schnell sich die Batterie als Ganzes oder ihre einzelnen Zellen entladen, oder welches Kurzschluss- und welches thermische Verhalten die Batterie aufweist. Möglich ist auch das Entladen des Energiespeichers über einen definierten Übergangswiderstand. Für solche und weitere Zwecke sind in dem Tester Anschlüsse für die Integration zusätzlicher Leistungswiderstände und Induktivitäten vorgesehen. ■ (eck)

www.smart-testsolutions.de



Wolfgang Neu ist Geschäftsführer der Smart Testsolutions GmbH in Stuttgart. © Smart Testsolutions



Dr. Christian Neidel ist Senior Manager eMobility bei umlaut in Aachen. © umlaut

Labornetzgeräte

direkt vom Hersteller

made in Baden-Württemberg

Unser Fachpersonal berät Sie gerne über:

- AC- und DC-Quellen
- Bidirektionale Hochleistungs DC-Quellen
- DC-Quellen mit integrierter Last
- Elektronische Lasten

Hochleistungs DC-Quellen



- 750 W – 1,4 MW, Ausgangsspannungen bis 2.000 VDC
- Maximaler Ausgangsstrom bis 50.000 A

Kontaktieren Sie uns:
Unser Team berät Sie gerne.

ENTWICKLUNG

PRODUKTION

VERTRIEB



Besuchen Sie unseren digitalen Messestand unter:
www.et-system.de



ET SYSTEM®

Solutions with system.

ET System electronic GmbH
Hauptstraße 119 - 121
68804 Altlußheim
Telefon: 06205 / 3 94 80
E-Mail: info@et-system.de