

SYSTEME, KOMPONENTEN UND TECHNOLOGIEN FÜR HYBRID- UND ELEKTROFAHRZEUGE

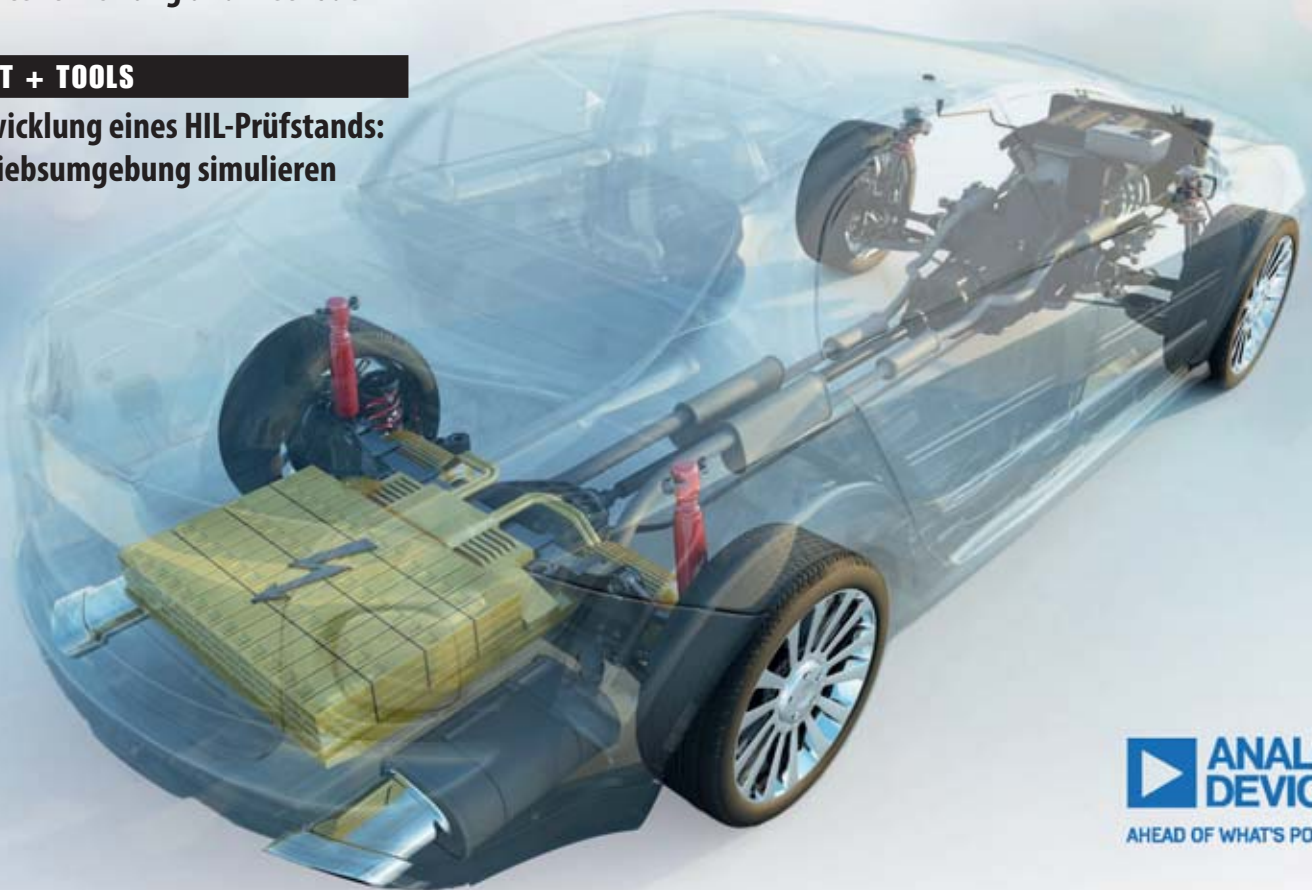
01 | 2022

BATTERIE + ANTRIEB

Recycling von Li-Ionen-Batterien:
Marktentwicklung und Methoden

TEST + TOOLS

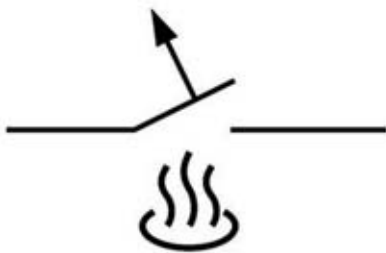
Entwicklung eines HIL-Prüfstands:
Betriebsumgebung simulieren



 **ANALOG
DEVICES**
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

SUBSYSTEME: WIRKUNGSGRAD MAXIMIEREN

Bild 1: Die Thermofuse ist ein Hochvolt-Trennschalter, welcher bei Überschreitung einer definierten Temperatur im inneren des Energiespeichers selbständig und irreversibel öffnet.



Bilder: Intercable

Thermomechanischer Trennschalter

Passive Sicherheit für Batterien

Wird ein Thermal Runaway, Brand oder generell eine Überhitzung von Lithium-Ionen-Akkus im E-Auto detektiert, ist unmittelbar die Systemspannung zu reduzieren, um Kurzschlüsse und Lichtbögen möglichst zu vermeiden. Doch was passiert, wenn das BMS schon vorher ausfällt? Ein autarker thermomechanischer Trennschalter greift hier ein.

Autor: Christoph Baumgartner

KEYWORDS

Thermal Runaway / Brandschutz / Trennschalter / Glasampulle / Safety / Löschflüssigkeit

Die Erhöhung der Ausfallsicherheit von Energiespeichern ist oberstes Ziel bei der Entwicklung aktueller E-Autos. Spätestens bei einer Risikobetrachtung wird schnell klar: es ist unzulässig, die Fehlerbetrachtung rein auf die Steuerung und Elektronik zu beschränken. Hier kann der Einsatz eines sekundären Sicherheitssystems zum Schutz vor Totalausfall des Gesamtsystems sinnvoll sein.

In Bezug auf die Ausfallsicherheit sind Sekundärsysteme notwendig und nicht überflüssig. Ein möglicher Lösungsansatz ist die gleichzeitige Verwendung eines elektronischen und eines

passiven Abschaltsystems. Rein mechanische, autarke Auslösemechanismen sind bewährte Komponenten in diversen Anwendungen, wie zum Beispiel an Automatik-Schwimmwesten im Offshorebereich oder bei Sprinkleranlagen im Gebäudebrandschutz. Ihr Vorteil ist der einfache Aufbau und die Robustheit dieser Systeme.

Intercable hat diesen Grundsatz weiterverfolgt und ein passives „Failsafe-device“ entwickelt: Die Thermofuse ist ein Hochvolt-Trennschalter, welcher bei Überschreitung einer definierten Temperatur im inneren des Energiespeichers selbständig und irreversibel öffnet (Bild 1).

FUNKTIONSPRINZIP DER THERMOFUSE

Die Technik, die hinter der Thermofuse steckt, ist denkbar simpel: Als Aktuator kommt eine Glasampulle (Bild 2) wie bei einer Sprinkleranlage zum Einsatz, welche in diesem Fall jedoch einen



Bild 2: Als Aktuator für den Trennschalter kommt eine Glasampulle zum Einsatz, die mit einer Löschflüssigkeit befüllt ist.

elektrischen Hochvolt-Schalter geschlossen hält. Bei Überschreiten einer bestimmten Umgebungstemperatur (Triggertemperatur) platzt die Ampulle und öffnet den Hochvolt-Schalter. Die Ampulle enthält die ungiftige, nichtleitende Löschflüssigkeit Novec Engineered Fluid von 3M, welche beim Platzen schlagartig in die Schaltkammer expandiert und dort den entstehenden Lichtbogen löscht.

Da die Glasampulle keinen direkten Kontakt zu stromführenden Bauteilen hat, wird die Auslösecharakteristik auch nicht durch die Bestromung beeinflusst. Somit ist lediglich die Umgebungstemperatur ausschlaggebend. Die Thermofuse kann dabei auch gezielt in den Entgasungskanal bzw. Hot-Venting-Bereich von Energiespeichern platziert werden, um die Reaktionszeiten entsprechend zu reduzieren. Dazu ist sogar eine kopfüber-Montage möglich, um die Fensteröffnungen zur Ampulle gut platzieren zu können.

Die Entwicklung dieses Aktuators erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Ahrensburger JOB-Gruppe, Hersteller von Thermo-Bulbs für die Sprinkler- und Automobilindustrie. Diese Ampullen sind alles andere als fragil: mechanischer Schock bis 100 g und eine Axial-Dauerbelastung von 3 kN sind kein

Problem für diese Bauteile. Die Auslösecharakteristik ist eindeutig definiert, das Aktivierungsfenster ist zu 100 Prozent reproduzierbar. E-Bulbs sind für Medientechnik in sensiblen Bereichen wie Flucht- und Rettungswege schon Stand der Technik. In Netzteilen, Medizintechnik und Haushaltsgeräte werden die Mini-Feuerlöscher auch schon indesigned.

ERWEITERTES EINSATZGEBIET

Ein weiterer Vorteil der Thermofuse sind dabei die erweiterten Einsatzmöglichkeiten: Da keine aktive Steuerelektronik benötigt wird, ist die Thermofuse auch schon bei der Herstellung und Lagerung von Energiespeicher-Modulen ein wichtiger Beitrag zur Sicherheit. Ebenso ist auch ein Einsatz bei stationären Energiespeichern als Ergänzung zum bestehenden Gebäudebrandschutz sinnvoll, um im Schadensfall gefährliche Spannungen abzuschalten und Löscheinsätze entsprechend sicherer zu gestalten.

Damit der Trennschalter auch im Brandfall bzw. bei Temperaturen $>200\text{ °C}$ noch einwandfrei funktioniert, bestehen sämtliche Einzelteile aus einem speziellen Kunststoff, welcher sogar kurzzeitige Belastungen bis 1000 °C verträgt. Innerhalb weniger

KEINER ÜBERTRÄGT MEHR LEISTUNG.

Hochvoltkontaktsystem RADSOK®-R8S



Keine E-Mobilität ohne Steckverbinder. Die neueste Generation des RADSOK®-Kontaktsystems erfüllt heute schon die Anforderungen von morgen. Die optimierte Leistungsdichte wurde speziell für Einsätze in anspruchsvollen Hochvolt- und Hochstromapplikationen entwickelt. Selbst komplexe Herausforderungen lassen sich bei minimalen Platzverhältnissen meistern. Amphenol Automotive garantiert höchste Qualität und ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis.

Kleiner.

Größe des Stecksystems ist durch das Kabel bestimmt.

Stärker.

Leistungsfähiger als alle bestehenden Lösungen.

Sicherer.

Perfektes Design schließt eine Fehlbedienung aus.

Amphenol Automotive
Amphenol-Tuchel Electronics GmbH



www.amphenol-automotive.de





Bild 3: Die Thermofuse vor (links) und nach der Auslösung (rechts).

Sekunden nach Überschreitung der Triggertemperatur von 140 bis 160 °C trennt die Thermofuse Gleichstrom bis 1000 V/200 A und kurzzeitig Stromspitzen bis 500 A (Bild 3).

VALIDIERUNG

Um sämtliche Fail-Szenarien von Brand bis Thermal Runaway darzustellen, werden im hauseigenen Labor von Intercable unterschiedliche Temperatureinträge gewählt, um die Thermofuse auszulösen: von Hot Venting über Thermoschock oder langsamen Temperaturanstieg, bis hin zu direkter Beflammung. Als absoluter Härtest gilt dabei der direkte pyrotechnische Partikelbeschuss mit 1000 °C und flüssigen Metallpartikeln. Selbst dieser extremen Belastung muss die Struktur standhalten, das System funktionsfähig bleiben und sicher auslösen. Daneben erfolgen auch reelle TP-Nageltests an kompletten Energiespeichern, welche mit dem Trennschalter ausgestattet sind. Ein



Bild 4: Thermofuse-Prototyp nach erfolgtem Partikelbeschuss: Die Abschaltfunktion hat er vollständig erfüllt.

weiterer Fokus der Prüfungen gilt auch dem Nachweis der Robustheit über Lebensdauer, welche mittels Vibrationstests, Shock-Tests, klimatischer und thermischer Lagerungen und diversen Umwelteinflüssen nachgewiesen wird (Bild 4).

AUSBLICK

Der nächste Schritt bei der Weiterentwicklung der Thermofuse ist eine Miniaturvariante, welche direkt in den Modulpol integriert ist. Wenn jedes Modul mit einer eigenen Thermofuse ausgestattet ist, lässt sich maximal Redundanz bei minimaler Reaktionszeit erreichen, da bei einem Thermal Runaway jedes infizierte Modul unmittelbar elektrisch getrennt wird und die Wärmeübertragung über den Modulverbinder zu den Nachbarmodulen unterbrochen ist. Um den geforderten Spannungsklassen von 800 V in aktuellen E-Autos gerecht zu werden, soll die Standard-Ausführung der Thermofuse bis 1000 V bereits 2023 in Serie gehen. (na) //

Umgebung	Einsatztemperatur	-40 / + 220 °C dauerhaft
	Kurzzeit	3 min @ +1000 °C
	Vibrationsfestigkeit	LV 124-2 Profil D
	Schock	LV124-2
Elektrische Eigenschaften	Schalt-Auslösetemperatur	140 °C - 160 °C
	Spannungsklasse	1000 V
	Stromtragfähigkeit dauerhaft	200 A @85 °C (80 mm ²)
	Stromtragfähigkeit kurzzeitig	800 A
	Abschaltzeit	<3 ms
	Übergangswiderstand	<100 µΩ
	Dimensionen	
Gewicht		<200 g
	Abmessungen	31 × 43 × 55 mm ³

Tabelle 1: Technische Daten der Thermofuse im Überblick

Autor
Christoph Baumgartner
 Applied Research bei Intercable

