



■ Relais:

## Sicher abschalten

Eine der Kernanforderungen bei Hybrid- und Elektrofahrzeugen ist die Sicherheitsabschaltung der Hochvoltbatterie. Eine Notabschaltung kann z.B. bei systembedingten Fehlern oder bei Unfällen erforderlich werden. Hier kommt es beim Abschalten auf jede Millisekunde an.

Die Königsdisziplin ist das Abschalten von hohen Gleichströmen bei gleichzeitig hoher Batteriespannung von beispielsweise 400 V. Im Gegensatz zum Abschalten von Wechselstromlasten entsteht bei Gleichströmen bereits ab etwa 12 V ein intensiver Öffnungslichtbogen. Der Lichtbogen selbst ist eine Gasentladung, welche die Luftstrecke zwischen den stromführenden Kontakten durch Thermionisation leitend hält. Die Temperatur des Lichtbogens kann bis zu 10.000 K

betragen, welche das umliegende Material stark beansprucht und eventuell sogar schmelzen lässt. Daher ist es das erklärte Ziel, den Lichtbogen möglichst schnell zu löschen, um dieser sicherheitskritischen Anwendung gerecht zu werden.

### Die Lös(ch)ung steckt im Detail

Aus diesem Grunde stecken Relais-Hersteller wie Panasonic Electric Works viel Know-how in die Entwick-

### Batterie-Trenneinheit

Aufbauend auf den beschriebenen Relais hat Panasonic Electric Works eine Batterie-Trenneinheit (Battery Disconnect Unit; BDU) entwickelt.

Diese Einheit bildet die Schnittstelle zwischen der Hochvoltbatterie und dem elektrischen Antrieb. Sie enthält neben zwei Haupt-Relais und einem Stromsensor auch eine Vorlade- und Diagnoseelektronik und ist für Dauerströme von 300 A ausgelegt. Kurzzeitig, d.h. maximal eine Minute, können sogar



Ströme von 600 A geführt werden, so dass auch sehr leistungsstarke Antriebe bedient werden können. Im Fehlerfall trennen die eingesetzten EV-Relais Ströme bis zu 2500 A problemlos und tragen somit entscheidend zur Sicherheit von Elektrofahrzeugen bei.

lung dieser Gleichstrom-Relais. Nur durch Kombination mehrerer Maßnahmen können die Anforderungen auch ökonomisch sinnvoll erfüllt werden. Durch geeignete Wahl der Kontaktwerkstoffe kann das Relais entweder für höhere Stromführung (d.h. geringer Kontaktwiderstand) oder für das Abschalten (d.h. höherer Schmelzpunkt bzw. geringerer Abbrand) optimiert werden.

Da im Fehlerfall der extreme Kurzschluss-Strom in definierter Richtung erfolgt, lässt sich durch den Einsatz von starken Blasmagneten die Funkenlöschung deutlich beschleunigen. Dazu wird an der Kontaktkammer an den gegenüberliegenden Seiten jeweils ein Permanentmagnet angebracht, so dass sich ein nahezu homogenes magnetisches Feld senkrecht zur Kammer ausbildet. Dieses Feld lenkt das ionisierte Gas des Lichtbogens gemäß der Lenzschen Regel so ab, dass sich die Funkenstrecke deutlich erhöht und eine Funkenlöschung auch bei einem vergleichsweise geringen Kontaktabstand von etwa 1 mm erfolgt. Zusätzlich werden Brückenkontakte eingesetzt, um die Luftstrecke bei praktisch gleichem Bauraum zu verdoppeln.

#### **Wasserstoffgefüllte Keramikammer**

Panasonic Electric Works setzt konsequent auf die bewährte und patentierte Lösung, Kontakte in eine hermetisch dichte Keramikammer zu integrieren. Diese Kontaktkammer besteht aus ei-

ner Hochleistungskeramik und grenzt den Lichtbogen elektrisch und vor allem thermisch von anderen Komponenten ab. Die hohe mechanische Stabilität der Kammer erhöht die Systemicherheit zusätzlich. Als weiterer Vorzug werden sowohl die Kontaktkammer als auch der zugehörige Betätigungsmechanismus gekapselt und dauerhaft mit Wasserstoffgas befüllt. Die Gasfüllung verhindert zum einen die Oxidation der Kontakte, und zum anderen weist Wasserstoff eine um den Faktor 7 höhere Wärmeleitfähigkeit auf als Luft oder Stickstoff. Die enorme Hitze, die durch den Lichtbogen hervorgerufen wird, kann somit besser abgeführt werden und bewirkt damit eine hervorragende Schaltleistung.

Durch diese Konstruktion und die patentierte Abdichtung der Kontaktkammer ist die geforderte Langzeitstabilität hinsichtlich Dichtigkeit problemlos erreichbar. Der Wasserstoff bleibt da, wo er hingehört – in der Kontaktkammer. Eindrucksvoll belegen dies Messungen von Teilen, die mehrere Jahre im Feldeinsatz waren. Ein sehr geringer Wasserstoffverlust durch Diffusion ist unvermeidlich, jedoch kann die kühlende Wirkung auf den Lichtbogen über die gesamte Lebenszeit des Relais gewährleistet werden.

#### **Wo Strom fließt, ist auch das Magnetfeld nicht weit**

Eine zusätzliche Herausforderung für die Bauteilkonstrukteure ist die Be-

herrschung der hohen elektromagnetischen Kräfte, die durch Kurzschlussströme hervorgerufen werden.

Nicht selten müssen die Relais einen Strom von mehreren tausend Ampere für einige hundert Millisekunden führen können, bevor die Sicherung den Stromkreis unterbricht. Bei Strömen in dieser Größenordnung sind die abstoßenden elektromagnetischen Kräfte zwischen den stromführenden Teilen so groß, dass es zu einer Zwangsöffnung des Brückenkontaktes kommen kann. Dabei übersteigt die elektromagnetische Kraft zwischen dem festen und dem beweglichen Kontakt die Kontaktkraft, welche durch die Relais-Spule erzeugt wird. In diesem Fall spricht man auch von Levitation. Dieser Zustand muss in der Applikation unbedingt vermieden werden, da sich das Relais an seiner Leistungsgrenze befindet. Sollte es bei diesen Strömen zu einer längeren Öffnung oder gar zum Prellen kommen, ist der Energie-Eintrag durch die elektrische Leistung, die im Megawatt-Bereich liegen kann, so hoch, dass das Relais innerhalb weniger Millisekunden zerstört wird. Konstruktiv kann die Levitation durch eine verstärkte Kontaktkraft hin zu größeren Strömen verschoben werden.

Um jedoch höhere Kontaktkräfte zu erzeugen, steigt in der Regel auch die Spulenleistung des Relais an und damit auch die Verlustleistung des Systems.

*Thomas Merkel, Panasonic Electric Works / sj*