

Hochvolttechnik auf dem Prüfstand

02/02/2023 Porsche Engineering nutzt für die Entwicklung von E-Antrieben moderne Testverfahren, zu denen sowohl Realtests als auch Untersuchungen in einer virtuellen Umgebung gehören. Durch ihren Einsatz kann die Entwicklungszeit erheblich verkürzt und der Bedarf an Testfahrzeugen reduziert werden.

Um die Effizienz bei der Entwicklung neuer Komponenten und Systeme für Elektroantriebe weiter zu erhöhen, kommen bei Porsche Engineering speziell an die Anforderungen der Hochvolttechnik angepasste Testmethoden zum Einsatz. So werden Hochvoltbatterien an den Standorten Bietigheim-Bissingen und Nardò auf Fahrzeug- und Komponentenprüfständen getestet, während für die Prüfung der Software von Pulswechselrichtern (PWR) sogenannte „Hardware-in-the-Loop"(HiL)-Simulationsumgebungen bereitstehen. Dabei wird die reale Hardware in einem virtuellen Fahrzeugsystem getestet.

Der PWR spielt in Elektrofahrzeugen eine zentrale Rolle, denn er wandelt die Gleichspannung aus der Batterie in die mehrphasige Wechselspannung und das damit verbundenen Drehfeld für den elektrischen Antriebsmotor um. Bei der Energierückspeisung im Schubbetrieb arbeitet der PWR gegenläufig und wandelt die Wechselspannung des Motors in eine Gleichspannung, mit der die Batterie

geladen wird. „Zur exakten PWR-Regelung für die verschiedenen Leistungs- und Komfortanforderungen in unterschiedlichen Fahrsituationen sind komplexe Regelalgorithmen sowie Sicherheitsfunktionen notwendig, die vor Inbetriebnahme des Antriebs getestet werden müssen", erklärt Rafael Banzhaf, Technischer Projektleiter bei Porsche Engineering. „Dabei geht es beispielsweise darum, das Antriebssystem in Ausnahmesituationen wie beispielsweise bei einem Crash mit Airbag-Auslösung in einen sicheren Zustand zu überführen." Vor Entwicklung des PWR-HiL-Systems mussten die Tests im Fahrzeug oder an einem realen Prüfstand durchgeführt werden, wobei immer die Gefahr bestand, dass bei Software-Fehlern im Steuergerät etwas beschädigt wird.

Porsche Engineering hat für Tests der PWR-Software darum ein Prüfstandkonzept entwickelt, bei dem das reale PWR-Steuergerät als Hardware-in-the-Loop eingebunden ist. „Das Steuergerät entspricht exakt der Ausführung im Fahrzeug, sodass wir verlässliche Aussagen zur Funktion der aufgespielten Software machen können", so Thomas Füchtenhans, Entwicklungsingenieur bei Porsche Engineering. „Die einzige Modifikation ist eine Trennung der Hochvolt- von den Niedervoltbauteilen wie dem PWR-Controlboard im Steuergerät. Sie ist aus funktionalen und aus Sicherheitsgründen notwendig, hat auf die Tests aber keinen Einfluss."

Berechnungen in Nanosekunden

Bei den HiL-Tests steuert das PWR-Controlboard nicht reale Hardware an, sondern eine Simulation des PWR-Leistungsteils. Diese ist ihrerseits mit Simulationen der Hochvoltbatterie, des elektrischen Antriebsmotors, des Bussystems und des Restfahrzeugs verbunden, um Einflüsse durch Fahrzeugsysteme wie Airbags oder das Bremsregelsystem und den Fahrer auf die PWR-Regelung berücksichtigen zu können. Die Simulation liefert umgekehrt virtuelle Sensordaten wie Phasenströme oder Temperaturen zurück an das PWR-Steuergerät, womit der Regelkreis geschlossen ist. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit werden die Simulationen für die Batterie und das Rest-Fahrzeug dabei auf einem Real-Time-Computer (RTPC) und für die Leistungselektronik und den Elektromotor mit noch schnelleren FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) ausgeführt, die Simulationszeiten im Nanosekunden-Bereich erlauben.

Zu den möglichen Versuchsumfängen auf dem HiL-Prüfstand gehören vor allem funktionale Tests nach Lastenheftanforderungen, aber auch Flashtests neuer Software, Absicherungstests als Sicherheitsstufe vor weiterführenden Untersuchungen im Fahrzeug, Tests der Schnittstellen, der Diagnosefunktionen, der Ausführungszeiten sowie der Cybersecurity und virtuelle Dauerlaufuntersuchungen. „Tests an realen Prüfständen oder im Fahrzeug können wir mit dem PWR-HiL zwar nicht vollständig ersetzen, allerdings können wir deren Umfang erheblich reduzieren, wodurch wir die realen Prüfstände entlasten, Kosten erheblich reduzieren und die Sicherheit erhöhen", berichtet Banzhaf.

Die Entwicklung des PWR-HiL-Prüfstands ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit verschiedener Porsche-Engineering-Standorte. Derzeit sind sechs PWR-HiL-Systeme im Einsatz, ein weiterer Ausbau der Kapazitäten ist schon in Planung. „Eine Besonderheit unseres Ansatzes ist die vollständige Remote-Steuerung der Prüfstände" sagt Füchtenhans. „Dadurch können beispielsweise Applikateure auf

Erprobung in Schweden oder den USA die Simulationen von ihrem Standort aus steuern. Da alle Prüfstände miteinander und mit den Archivierungssystemen verbunden sind, können die Daten unmittelbar auf Servern für alle Beteiligten bereitgestellt werden. Vor allem der Standort Shanghai bietet dabei große Möglichkeiten für hohe Testeffizienz, da er aufgrund der Zeitverschiebung zwischen Europa und China im internationalen Teamverbund eine Testdurchführung und -auswertung rund um die Uhr erlaubt."

Testcase-Generierung mit KI

Ein weiterer Vorteil des PWR-HiL von Porsche Engineering ist der hohe Automatisierungsgrad. Die von den Kunden gelieferten Anforderungsdokumente für die PWR-Regelung werden automatisiert eingelesen. Aus den Vorgaben wird dann ebenfalls automatisiert die Testspezifikation abgeleitet, die zur Generierung unterschiedlicher Testfälle und ausführbarer Versuche dient. „Die geschlossene Automatisierungskette steigert die Effizienz im gesamten Testprozess. Statt mehrerer Wochen, die das manuelle Erstellen der mehr als 1.000 Testfälle für eine PWR-Testreihe dauert, benötigen wir nur wenige Stunden", so Banzhaf.

In Zukunft ist geplant, auch Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) einzusetzen: Per Natural Language Processing (NLP) soll die KI Lastenhefte, die als einfaches Textdokument geliefert werden, richtig interpretieren und in maschinenlesbaren Code umwandeln. Daraus werden dann automatisch die Testsequenzen generiert. Diese Tätigkeit führen heute Experten aus, die über ein umfassendes Gesamtsystem-Know-how verfügen müssen. „Unser Ansatz transferiert das Expertenwissen in die digitale Welt und trägt so dazu bei, Entwicklungszeit und -kosten einzusparen. Erste Validierungen sind sehr erfolgreich. Daher bin ich davon überzeugt, dass wir KI mittelfristig auch im regulären Testprozess einsetzen", erklärt Banzhaf.

Auch wenn virtuelle Testverfahren immer mehr Bereiche abdecken – reale Erprobungen von Hochvoltbatterien können sie dennoch nicht völlig ersetzen. Darum unterhält Porsche Engineering in Bietigheim-Bissingen eine umfangreiche Infrastruktur mit Fahrzeug- sowie System- und Zellprüfständen. Erstere dienen der genaueren Analyse von Batterien auf Komponentenebene, während Letztere Rückschlüsse bis in die Zellchemie hinein erlauben. Mithilfe flexibel anpassbarer Fahrprofile und Lastkollektive lassen sich die für den Test relevanten Fahrsituationen simulieren. Je nach Ziel der Untersuchung werden das Lade- und Entladeverhalten der Batterie, ihre Kapazität, die Innenwiderstände sowie das Temperaturverhalten erfasst und aufgezeichnet.

Auf den Fahrzeugprüfständen lassen sich Batterien im eingebauten Zustand testen, etwa für Messungen der Batteriekapazität und -ströme im WLTP-Fahrzyklus. Das ist vor allem bei Dauerlauffahrzeugen wichtig, bei denen alle 20.000 km die Prüfung der Batterie zum obligatorischen Testumfang gehört. „Ein Ausbau der Batterie für die Untersuchungen würde hier zu viel Zeit kosten. Statt rund einer Woche mit Ausbau beträgt die Durchlaufzeit von der Anlieferung des Fahrzeugs über die Testvorbereitung und den Test bis hin zur Datenauswertung bei uns nur circa 48 Stunden", sagt Dirk Pilling, Entwicklungsingenieur Hochvoltbatterien bei Porsche Engineering. Zudem verweist er auf einen

weiteren Aspekt: „Arbeiten an der Batterie könnten den Fahrzeugdauerlauftest verfälschen, beispielsweise weil Verschraubungen zur Fahrzeugkarosserie gelöst und beim späteren Wiedereinbau neu verbunden werden." Auf einem weiteren Prüfstand können Batteriegehäuse Dichtigkeitstests unterzogen werden. „Undichtigkeiten entstehen unter anderem durch Korrosions- oder Vibrationsschäden. Dringt dann Wasser in das Batteriesystem ein, kann es zu Kurzschlüssen kommen", erklärt Dr. Ulrich Lange, Fachprojektleiter Hochvoltbatterien bei Porsche Engineering.

Prototypen für Tests

Eine Schlüsselrolle bei allen Batterietests in Bietigheim-Bissingen spielt die integrierte Werkstatt. „Dort werden die Batterien für Messungen vorbereitet und mit der notwendigen Sensorik versehen, es werden aber auch ganze Batteriepacks und -module als Prototyp für die Tests aufgebaut und die Batterien nach dem Test für die Befundung zerlegt", so Lange. Die Werkstatt übernimmt auch teilweise die Vorbereitung der Batterien, die für Untersuchungen im Nardò Technical Center (NTC) bestimmt sind.

In den vergangenen zwei Jahren hat Porsche Engineering im NTC eine komplette Versuchseinrichtung für sogenannte Misuse-Tests nach GB/T und ECE an Hochvoltbatterien errichtet. Dabei wird untersucht, wie sich die Batterie bei einem „Thermal Runaway" einer Batteriezelle verhält, der beispielsweise durch eine Überhitzung zustande kommt. Im NTC werden diese Misuse-Tests in einem Gebäude durchgeführt. „Tests des Thermal Runaway in geschlossenen Gebäuden stellen höchste Anforderungen an das Sicherheitsniveau der Anlagen, damit das Feuer der brennenden Batterie unter Kontrolle bleibt und keine Schäden anrichtet", so Antonio Toma, BEV-Koordinator im Nardò Technical Center.

Das Engineering-Team in Nardò hat darum gemeinsam mit den Sicherheitsexperten und der Feuerwehr des NTC ein ausgeklügeltes Sicherheitskonzept entwickelt. Die Batterien werden nach Anlieferung für die Untersuchung vorbereitet und dann dem Test unterzogen. Automatisch auslösende Feuerlöschsysteme sorgen dabei für ein hohes Sicherheitsniveau. Nach dem Test wird der Zustand der Batterie bewertet. Ist er kritisch, muss die Batterie 24 Stunden in einer abgeschlossenen, mit Brandmeldern ausgerüsteten Box ruhen, bevor die Experten des NTC mit der Schadensanalyse und der Befundung beginnen können. Nach der Untersuchung wird die Batterie bis zur Entsorgung in einem Schutzraum eingelagert, der ebenfalls mit einem Brandschutzsystem ausgestattet ist.

Auf dieser Basis bietet das NTC einen Rundum-Service an, der neben Überhitzungs- und Selbstentzündungstests der Zellen auch speziell an die Kundenwünsche angepasste Misuse-Tests der Batterie und Untersuchungen der Feuerfestigkeit des Batteriegehäuses umfasst. Der Leistungsumfang reicht von der Lagerung über Vorbereitung und Testdurchführung bis hin zur Post-mortem-Analyse und einem detaillierten Reporting. „Der große Vorteil der Durchführung im Testgebäude ist, dass wir unter Laborbedingungen arbeiten. Außerdem kommen wir aus der Automobilentwicklung, kennen also die spezifischen Anforderungen und können mit den Kunden auf Augenhöhe arbeiten", fasst Toma zusammen.

Mit der Kombination aus realen und virtuellen Verfahren kann Porsche Engineering maßgeschneiderte Test-Services anbieten. In jedem Fall profitieren die Kunden von Expertenwissen, Methoden und Services auf dem aktuellen Stand der Technik.

Zusammengefasst

Bei Porsche Engineering kommen speziell an die Anforderungen der Hochvolttechnik angepasste Testmethoden zum Einsatz. Dazu gehören klassische Prüfstände, aber auch HiL-Prüfstände für den virtuellen Test von PWR-Controllern. Dort soll Künstliche Intelligenz in Zukunft dazu beitragen, Entwicklungszeit und -kosten einzusparen.

Info

Text erstmals erschienen im Porsche Engineering Magazin, Ausgabe 1/2023.

Text: Richard Backhaus

Fotos: Rafael Kroetz; Luca Santini

Copyright: Alle in diesem Artikel veröffentlichten Bilder, Videos und Audio-Dateien unterliegen dem Copyright. Eine Reproduktion oder Wiedergabe des Ganzen oder von Teilen ist ohne die schriftliche Genehmigung der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG nicht gestattet. Bitte kontaktieren Sie newsroom@porsche.com für weitere Informationen.

MEDIA ENQUIRIES



Sandro Kälin

Head of Communications Porsche Schweiz AG
+41 41 487 91 16
sandro.kaelin@porsche.ch

Link Collection

Link to this article
https://newsroom.porsche.com/de_CH/2023/innovation/porsche-engineering-nardo-technical-center-ntc-elektroantriebe-hochvolttechnik-pruefstand-31141.html

Media Package
https://pmdb.porsche.de/newsroomzips/2590c11a-9a2d-4c4e-8c67-63049c76289e.zip

Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft
Porscheplatz 1
70435 Stuttgart