



e-functionality

Systemfunktion durch elektromagnetische Verträglichkeit

— Immer neue Funkdienste steuern heutzutage Systeme drahtlos, rufen Informationen ab und ermöglichen eine zunehmend differenzierte Kommunikation. All dies trifft bei Elektrofahrzeugen auf stetig leistungsstärkere elektrische Energieflüsse zum und im Fahrzeug. Um ein störungsfreies Miteinander zu gewährleisten, ist das Sicherstellen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) im Rahmen der Elektromobilität wichtiger denn je.

*Von Jan Spindler
Fotos: Steffen Jahn*



CAYENNE S E-HYBRID

Kraftstoffverbrauch (kombiniert): 3,4 l/100 km

Stromverbrauch (kombiniert): 20,8 kWh/100 km

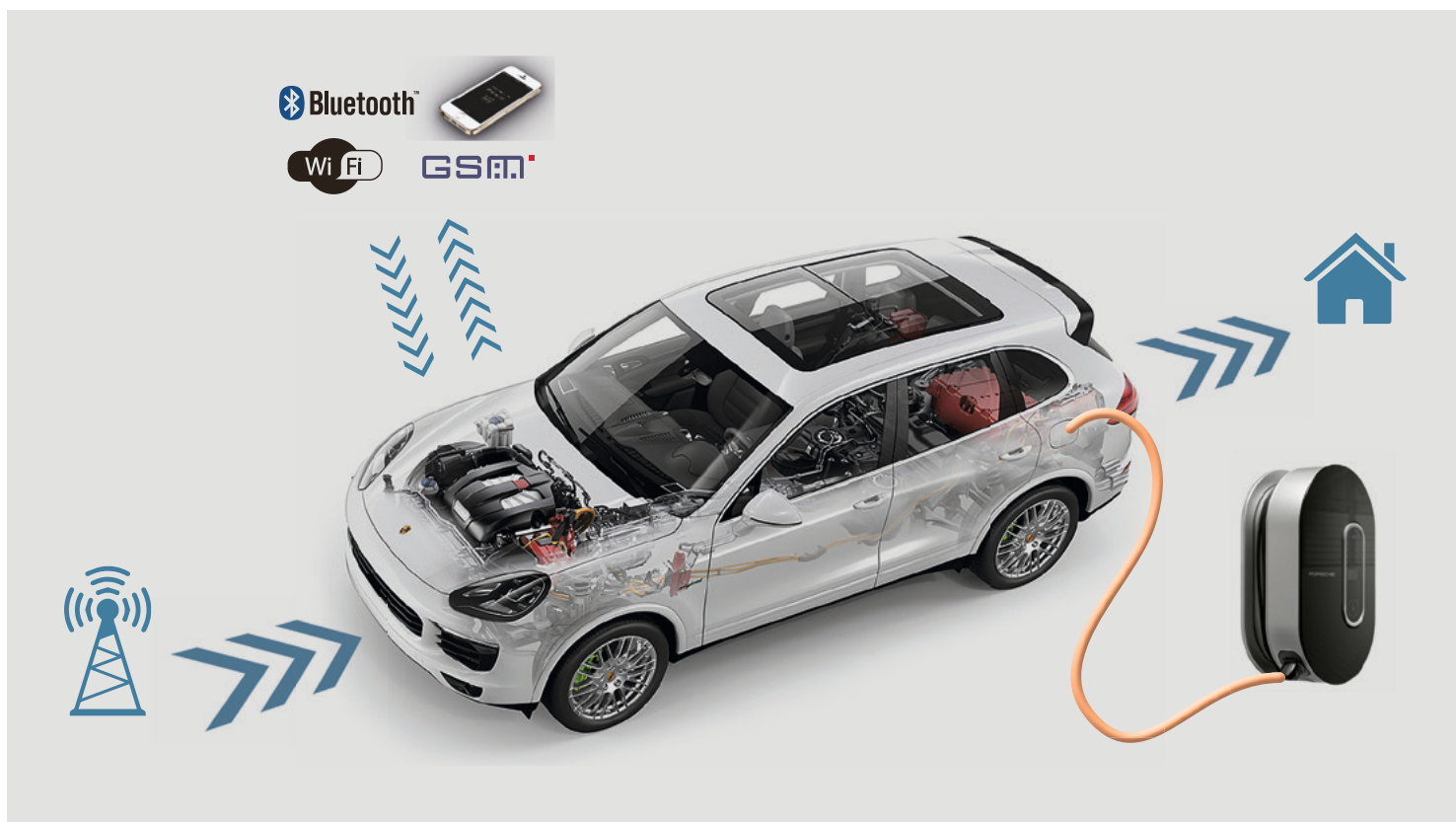
CO₂-Emission (kombiniert): 79 g/km

Effizienzklasse: A+

Neu sind die beiden Themen EMV und Elektromobilität nicht: Bereits 1892 wurde das „Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches“ vom Deutschen Reichstag verabschiedet, es gilt weltweit als das erste Gesetz, das sich unter anderem mit den Auswirkungen von elektromagnetischen Störungen auf Geräte und Installationen des Telegraphenwesens befasste. Bereits im gleichen Jahrzehnt arbeitete Ferdinand Porsche im Rahmen eines Entwicklungsauftrags der K. u. K. Hofwagenfabrik Jacob Lohner & Comp., Wien bereits an einem Radnabenmotor. Diese Entwicklung mündete 1900 schließlich in das Elektromobil „Lohner-Porsche-Radnabenwagen“.

Herausforderungen der Zukunft

Während das Elektromobil bis vor wenigen Jahren kaum verbreitet war, nahm die Bedeutung der EMV durch immer komplexere Kommunikationssysteme kontinuierlich zu. Neben den analogen Rundfunksendern hielten digitale Informationsdienste wie DAB und DVB-T, Mobilfunkdienste wie GSM und LTE, WLAN und Bluetooth Einzug in den Alltag und somit auch in das Fahrzeug. Immer höhere Taktraten, Leistungen und Packagedichten steigern mittlerweile die Anforderungen auch bei der EMV. Nieder- und Hochvoltsysteme, Kommunikations- und Versorgungsleitungen sowie Antennen und potenzielle Störquellen liegen dicht beieinander. Zusätzlich werden neue Spannungsebenen im Fahrzeug mit 48 Volt, 400 Volt und 800 Volt eingeführt (siehe auch „e-power“ ab Seite 10 sowie den Artikel „Dynamische Bordnetzsimulation“ in der Ausgabe 2/2015). Diese Entwicklungen erfordern klare Regularien hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit, um die Funktionen im und außerhalb des Fahrzeugs sicherzustellen. Ohne solche Regularien können weder die Sicherheit noch die technische Funktionsfähigkeit der Fahrzeugsysteme gewährleistet werden. >



Ein Hybridfahrzeug in seiner elektromagnetischen Umgebung

Aktuell wird die elektromagnetische Verträglichkeit laut der europäischen Richtlinie 2014/30/EU definiert als

„die Fähigkeit eines Betriebsmittels, in seiner elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere Betriebsmittel in derselben Umgebung unannehmbar wären.“

Um die Funktionen der Komponenten und Nutzdienste gewährleisten zu können, ist es notwendig, Anforderungen zu definieren und die EMV in der Entwicklung zu berücksichtigen. Dabei wird im Wesentlichen zwischen Anforderungen an die Störfestigkeit und an die Störaussendung unterschieden. Die Prüfung der **Störfestigkeit** soll den Schutz des Fahrers, der Fahrgäste und anderer Verkehrsteilnehmer gewährleisten. Durch gestrahlte und leitungsgebundene Störungen kann es zu funktionalen Einflüssen kommen, verbunden mit Irritationen des Fahrers und anderer Verkehrsteilnehmer, sowie zur Beeinflussung des Fahrzeugdatenbusses. Durchaus realistische Szenarien sind beispielsweise Fehlfunktionen von Scheinwerfern und Heckleuchten oder sogar der Ausfall von Steuergeräten.

Im Bereich der **Störaussendung** liegt der Fokus auf dem Schutz von elektrischen und elektronischen Einrichtungen im eigenen Fahrzeug sowie in Fahrzeugen und Systemen im Umfeld.

Dabei gilt es, Funkdienste etwa im AM- oder FM-Bereich zu schützen, die unter anderem von Behörden und zivilen Diensten genutzt werden.

Für die Ladesysteme gelten vergleichbare Anforderungen, da diese in Wohn- und Industriegebieten stehen. Dabei gilt es sicherzustellen, dass auch beim Laden eines Fahrzeugs weiterhin ungestörter Radioempfang gewährleistet ist. Gleichzeitig muss die Ladesäule robust sein gegenüber Störungen, sodass der Ladevorgang zuverlässig abläuft.

Maßgebliches Genehmigungsverfahren nach ECE R 10

Maßgebend für die Genehmigung von Fahrzeugen im Hinblick auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit ist die ECE-Norm R 10 – Funkentstörung. Sie wurde in ihrer aktuellen Auflage (Revision 5) um Anforderungen für Fahrzeuge mit RESS (Rechargeable Energy Storage Systems) ergänzt und gilt somit auch für Plug-in-Hybride und Elektrofahrzeuge. Eine wesentliche Erweiterung stellten dabei die Angaben über die Schnittstelle zur Ladesäule und damit dem öffentlichen Versorgungsnetz dar, denn mit PHEV (Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen) und BEV (batterieelektrischen Fahrzeugen) kam die Welt der privaten Automobile erstmals in direkten Kontakt mit dem Niederspannungsnetz. Dabei gelten jedoch Anforderungen, die in

der Fahrzeugbranche neu sind. Die leitungsgebundenen Messverfahren hinsichtlich der Störaussendungsmessung von harmonischen Oberwellen und Flickern wurden bisher in der automotiven Entwicklung nicht berücksichtigt.

Die aktuellen Serienfahrzeuge arbeiten mit Ladeleistungen von 3,6 bis 22 Kilowatt, die über AC-Ladesysteme abgedeckt werden. Der Anschluss des Fahrzeugs wird über einphasige (230 Volt) oder dreiphasige (400 Volt, 16 Ampere oder 32 Ampere) Anschlüsse realisiert. In der EMV-Halle sind diese Anschlüsse typischerweise gefiltert vorhanden, sodass das Fahrzeug direkt über die Netznachbildung angebunden werden kann.

Die steigenden Ansprüche an Reichweite und Dauer des Ladevorgangs bedingen höhere Ladeleistungen. Ladesysteme mit Leistungen über 100 Kilowatt werden über das DC-Laden realisiert. Um die geforderten EMV-Messungen im Ladebetrieb zu absolvieren, müssen auch diese Ladesysteme im EMV-Labor aufgebaut werden. Damit keine Störungen in die EMV-Halle geleitet werden, müssen die DC-Leitungen gefiltert geführt werden. Das erfordert eine Schnittstelle außerhalb der EMV-Halle, die den Anschluss von Ladesystemen über 100 Kilowatt ermöglicht.

Neben dem notwendigen Platz und der Anschlussleistung stellen diese Systeme auch Anforderungen an den Aufbau. ➤





Die Schnittstelle zwischen dem Fahrzeug und der Ladeinfrastruktur erfordert neue Messverfahren in den Bereichen Testing und EMV. Diese gilt es zu etablieren und abzusichern, um Funktionalität und Robustheit des Systems zu gewährleisten.



So sind neben den DC-Leitungen Kommunikationsleitungen notwendig, damit das Fahrzeug mit der DC-Ladesäule und der Bedieneinheit kommunizieren kann. Diese werden typischerweise als Lichtleiter in die EMV-Halle geführt und sind mit speziell entwickelten PLC-Modems (power line communication) gekoppelt. Da sich ein Modem während der EMV-Prüfung innerhalb der EMV-Halle befindet, muss es robust gegenüber den eingestrahnten elektromagnetischen Feldern und Pulsen (störfest) sein und darf möglichst keine elektromagnetischen Felder emittieren (emissionsarm). Um Einflüsse durch die Peripherie bei der Typisierung von BEV- und PHEV-Fahrzeugen möglichst auszuschließen, ist somit ein umfangreicher Messaufbau nötig.

Entwicklungsbedarf bei Hochvoltsystemen

Die Leistungselektroniken von E-Fahrzeugen werden mit dem Ziel hoher Wirkungsgrade entwickelt.

Die dafür notwendigen schnellen Schaltereignisse führen zu hohen Störspektren im Hochvolt-Bordnetz. Aktuelle Fahrzeuge mit Hochvoltssystemen besitzen geschirmte Leitungen, die hinsichtlich der EMV über eine Schirmwirkung verfügen. Bei den aktuellen Konzepten ist jedoch der Ladestecker im Bereich DC-Laden eine Schwachstelle, da hier das Schirmkonzept nicht vollumfänglich umgesetzt werden kann. Der Grund hierfür: Der Ladestecker ist kein koaxialer Stecker. Der Schirm kann somit nicht flächig mit einem geringen HF-Übergangswiderstand angebunden werden, wie das bei Steckverbindungen der Hochvoltkomponenten vorgeschrieben ist. Ebenso sind die DC-Leitungen von der Ladesäule nicht geschirmt ausgeführt, Störungen aus dem Hochvolt-Bordnetz können somit abgestrahlt werden. Dadurch sind Grenzwertüberschreitungen bei der leitungsgeführten Störaussendung auf den DC-Leitungen zu erwarten, wenn keine alternativen Maßnahmen getroffen werden.

Hinzu kommen Forderungen der OEMs, auch bei verkürzten Ladezeiten während des Ladevorgangs Radio/TV/DAB empfangen zu können. Diese werden bei der ECE R 10 nicht berücksichtigt, da fahrzeuginterne Empfangssysteme deutlich sensibler sind. Hinsichtlich der Störaussendung ist aus diesem Grund die internationale Norm CISPR 25 zu beachten, die für

Fahrzeuge, Boote und von Verbrennungsmotoren angetriebene Geräte Grenzwerte und Messverfahren zum Schutz von an Bord befindlichen Empfängern definiert.

Vergleicht man beispielsweise die Grenzwerte der leitungsgeführten Störaussendung beider Normen, so zeigt sich, dass im Mittelwelle-Frequenzband der Grenzwert für den Mittelwert-Detektor der CISPR 25 mit 26 Dezibel unter den Anforderungen der ECE R 10 liegt. Um die Anforderungen zu erfüllen, müssen unter anderem geeignete DC-Filter zwischen Hochvoltspeicher und Ladestecker eingebaut werden. Je nach Anwendung sind dabei Spannungsbereiche bis zu 800 Volt und Ströme von 200 Ampere zu berücksichtigen.



Weiterhin gilt es, Hochvolt- und DC-Leitungen im Fahrzeug möglichst separiert zu führen, um Überkopplungen zu reduzieren. Speziell innerhalb der Hochvoltbatterie treffen Hochvoltleitungen und Kommunikationsleitungen aufeinander,

die für die Überwachung der Zellen notwendig sind und mit dem Batteriemanagementsystem (BMS) kommunizieren. Wird diese Kommunikation durch die Hochvoltleitungen gestört, kann es zum Ausfall von einzelnen Kommunikationsblöcken kommen bis hin zum gesamten Kommunikationsabbruch. Das BMS wird in diesem Fall reagieren und aus Sicherheitsgründen die Hochvoltschütze öffnen. OEMs legen deshalb besonderen Wert auf robuste Kommunikationsverfahren sowie störungsrobuste Zellcontroller, die unempfindlich gegenüber Einkopplungen auf Spannungsversorgungsleitungen des Zellcontrollers sind.

Induktive Ladesysteme als Herausforderung von morgen

Elektromobilität und EMV werden auch in Zukunft untrennbar miteinander verbunden sein. Weitere neue Herausforderungen stellen beispielsweise induktive Ladesysteme dar, die in den kommenden Revisionen der ECE R 10 berücksichtigt werden. Zusammen mit neuen Technologien im Bereich Elektromobilität wird auch die Anzahl an PHEV- und BEV-Fahrzeugen steigen. Als logische Konsequenz wächst im gleichen Augenblick die Infrastruktur mit Schnellladesäulen, deren Leistungen deutlich über 100 Kilowatt liegen. ■