

## EMV-EMPFÄNGER PXE VON KEYSIGHT TECHNOLOGIES

# EMV beim vernetzten Fahrzeug

Wie jedes komplexe Elektroniksystem kann auch die Automobilelektronik elektromagnetische Störungen verursachen oder äußerst empfindlich auf diese reagieren. Die Folgen eines Ausfalls können fatal sein. Wo die Quellen von elektromagnetischen Störungen liegen und welche Schritte Ingenieure ergreifen können, um deren Auswirkungen zu identifizieren, zu isolieren und zu reduzieren, zeigt dieser Beitrag.

Die Fahrzeugumgebung ist rau, mit leitungsgebundenen und gestrahlten Störaussendungen von Schaltreglern und Datenleitungen, sowie Transienten und Einbrüchen aufgrund von Lastabfällen und Stromstößen. Neue Automobiltechnologien und Betriebsbedingungen erhöhen jedoch die Belastung weiter und die Teststandards müssen sich entsprechend entwickeln. Beispielsweise wird bei den EMV-Anforderungen der ECE R10 inzwischen zwischen Elektrofahrzeugen an Ladestationen oder auf der Straße unterschieden. Auch die Einführung neuer HF-Technologien wie beispielsweise Radarsysteme bei 24/77/79 GHz und 5G-Konnektivität, die auch zwischen 24 und 86 GHz arbeitet, erfordern eine Überprüfung der Kompatibilität untereinander und mit bestehenden Fahrzeugsystemen..

### EMV-Umgebung

Die EMV-Problematik erstreckt sich auf alle Systeme, von Antriebsmotoren in EVs bis hin zur Bluetooth-Verbindung für das Infotainment. Dabei wird das gesamte HF-Spektrum von kHz bis GHz genutzt (Bild 1).

EMV wird grundsätzlich in vier Bereiche unterteilt, nämlich leitungsgeführte/gestrahlte Emissionen und leitungsgeführte/gestrahlte Störfestigkeit, mit ihren jeweiligen Normen und Grenzwerten. Leitungsgeführte Emissionen können unter offenen Laborbedingungen gemessen werden, aber Strahlungsmessungen erfordern ein Freifeldtestgelände (Open Area Test Site, OATS)



Der EMV-Empfänger PXE von Keysight mit Accelerated-TDS-Technologie. © Keysight Technologies

oder einen Absorberraum, um unerwünschte Signale zu eliminieren. Be trachtet man die gestrahlten Emissionen als Beispiel, so bezieht sich die ECE R10 auf CISPR 16 für breitbandige und schmalbandige Emissionen zwischen 30 MHz und 1 GHz mit den in Bild 3 dargestellten Grenzwerten für komplette Fahrzeuge in 10 m Entfernung (links) und für ESAs/Komponenten (rechts). Die Auflösungsbandbreite der Messung beträgt 120 kHz.

Der Schlüssel zur Messung der leitungsgebundenen und abgestrahlten Emissionen ist ein EMV-Empfänger, der den Anforderungen der CISPR 16 entspricht. Spezifische Eigenschaften, die benötigt werden, sind ein auswählbares Signalerfassungsverfahren und die Auflösungsbandbreite der Messung (Resolution Bandwidth, RBW) – die Fähigkeit der Messung, Frequenzanteile zu trennen. Die RBW variiert zwischen den

Standards und kann zwischen 9 kHz und 1 MHz liegen. EMV-Empfänger bieten mehrere Optionen für die Signaldetektion gemäß CISPR 16: Auf der Basis des anwendbaren Standards wird entweder ein Peak-, Quasi-Peak- oder Average-Detektor ausgewählt, jeweils mit unterschiedlichen Detektionszeitkonstanten, um zufällige oder sich nicht wiederholende Komponenten des gemessenen Signals mehr oder weniger zu dämpfen. Quasi-Peak wird z. B. entsprechend der Wiederholrate des Signals gewichtet, und der Empfänger muss bei der gemessenen Frequenz verweilen, damit der Detektor diesen Parameter auswerten kann. Peak ist dagegen eine fast unmittelbare Messung, so dass die Verweilzeit kürzer ist und sich immer ein höheres Ansprechverhalten als bei Quasi-Peak oder Average ergibt. Wenn also bei der Peak-Detektion die Grenzwerte eingehalten werden, dann ist alles in

Ordnung. Werden die Grenzwerte bei der Peak-Detektion nicht eingehalten, bleibt keine andere Wahl, als mit Quasi-Peak und Average zu versuchen, die Einhaltung der Grenzwerte nachzuweisen – bei herkömmlichen Empfängerdesigns eine sehr langsame Messung.

### **Neue Empfängertechniken reduzieren die Messzeiten**

Neue Empfängertechniken können jedoch die Messzeiten für die Quasi-Peak und Average Sweeps wesentlich verkürzen. Der EMV-Empfänger PXE von Keysight Technologies [3] verwendet Techniken des Software Defined Radio, bei denen die traditionelle Zwischenfrequenz eines klassischen Super-Heterodyn-Empfängers direkt digitalisiert wird, wobei alle Filter-, Erkennungs- und Verstärkerarbeiten von einem digitalen Signalprozessor (DSP) ausgeführt werden. Die Vorteile sind: verbesserte Messgenauigkeit, bessere Reproduzierbarkeit, besserer Filterformfaktor und die Fähigkeit, eine Fast-Fourier-Transformation (FFT) des digitalen Signals durchzuführen, was wiederum eine Messung im Zeitbereich (Time Domain Scan oder TDS) ermöglicht. Diese Technik kann Quasi-Peak- und Average-Detektions-Messungen er-

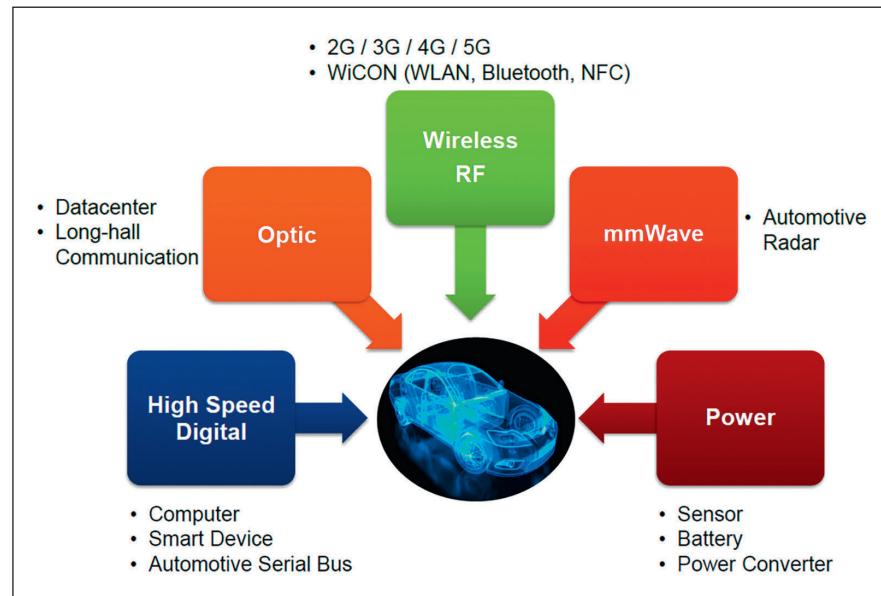


Bild 1: EMV-Betrachtungen im Automobilbereich betreffen das gesamte HF-Spektrum.

© Keysight Technologies

heblich beschleunigen, indem sie nur einmal auf der Bandbreite der FFT-Operation verweilt. Diese beträgt beim Keysight PXE 59 MHz oder 350 MHz im sogenannten Accelerated-TDS-Modus. Dadurch werden Hunderte, wenn nicht Tausende von RBW-Werten abgedeckt und die Geschwindigkeit wird durch die Reduzierung der Anzahl der Gesamt-scans weiter erhöht, wodurch weniger Schritte des Lokaloszillators und damit verbundene Wiederholverzögerungen notwendig sind. Zum Beispiel würde bei Verwendung des Keysight PXE eine Quasi-Peak-Abtastung von 30 MHz bis 1 GHz, wie in Bild 2 dargestellt, für vier Antennenpositionen mit der traditionellen schrittweisen Abtastung etwa 36 Stunden dauern. Mit dem Accelerated-TDS-Modus des Keysight PXE reduziert sich dieser Zeitraum auf weniger als 40 Sekunden (Bild 3).

Der Empfangsbereich des PXE (Bild 5) erstreckt sich von 2 Hz bis 26,5 GHz bei voller Einhaltung der Normen CISPR 16-1-1:2015, MIL-STD-461G (2015) und ANSI C63.2 EMV. Der Empfänger kann in Verbindung mit konformem Zubehör und Testfeld für behördliche Zwecke verwendet werden. Anwender finden den PXE auch für Pre-Compliance-Tests unentbehrlich, um das Risiko teurer Fehlversuche in behördlichen Testlaboris zu reduzieren. Die Amplitudengenauigkeit beträgt 0,2dB bei 1 GHz mit einer branchenweit führenden Empfindlichkeit von -169 dBm/Hz bei 1 GHz. Die Bedienung erfolgt intuitiv mit einem Windows 10 basierten Betriebssystem und einer Multi-Touch-Benutzeroberfläche.

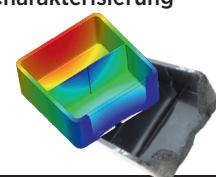
### **Test-Services**

Manche Anwender möchten möglicherweise die Inhouse-Tests durch die Dienstleistungen eines speziellen Automobiltestservices ergänzen, insbesondere wenn die Fristen knapp bemessen sind. So können die Kosten und die Zeit »



### **IHR SPEZIALIST FÜR DUROPLAST TECHNOLOGIE**

- ◀ Artikeloptimierung
- ◀ Prozess-Simulation
- ◀ Werkzeugauslegung/-simulation
- ◀ Kostenanalyse
- ◀ Gestaltung Prozessfluss
- ◀ Projektleitung
- ◀ Schulungen
- ◀ Werkzeug-/Prozess-Bemusterung
- ◀ Material Charakterisierung



[schwarz-plastic-solutions.de](http://schwarz-plastic-solutions.de)

### **INFO**

**Für die meisten Länder ist die** relevante Automobil-EMV-Norm die UN-Verordnung ECE R10, derzeit in Revision 5, die auch die EMV-Anforderungen für Elektro- (EV) und Hybrid-Elefktrofahrzeuge (HEV) abdeckt. In den USA setzen die Society of Automotive Engineers (SAE) und die Automobilhersteller die Standards. Diese beziehen sich in der Regel auf internationale Normen für EMV-Grenzwerte und Prüfverfahren, wie sie von ISO, IEC, CISPR sowie amerikanischen ANSI-Dokumenten definiert werden. Andere Länder, wie z.B. Indien und China, haben lokale Anforderungen. Auch die Fahrzeughersteller haben ihre internen Standards, oft mit strengeren Spezifikationen, wie z.B. Ford CS2009, Chrysler-Fiat CS-11979 oder Nissan NDS02.

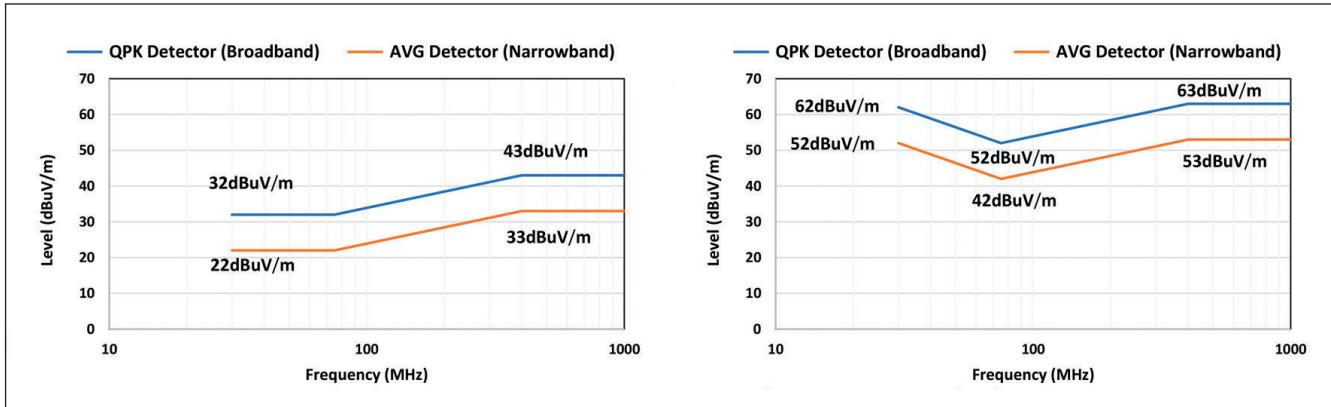


Bild 2: Grenzwerte für abgestrahlte Störungen nach ECE R10 aus CISPR 16 von Fahrzeugen (links) und ESAs/Bauteilen (rechts).

© Keysight Technologies

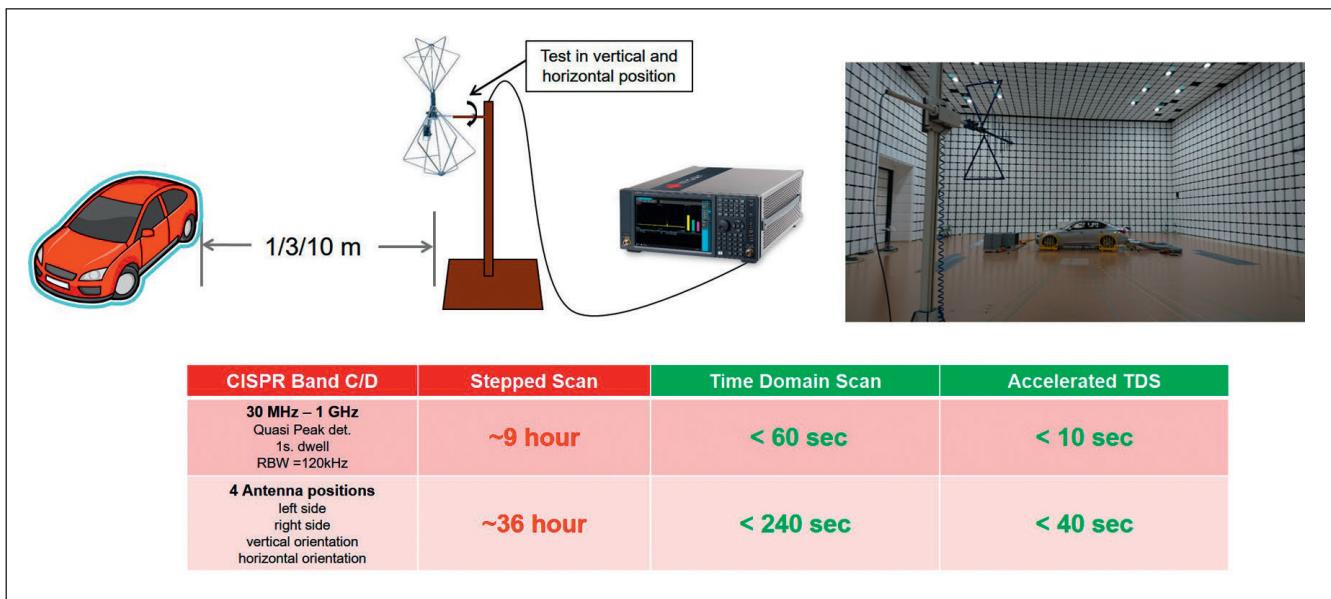


Bild 3: Der EMV-Empfänger Keysight PXE reduziert die Testzeiten deutlich. © Keysight Technologies

bis zur Markteinführung reduziert werden. Keysight Technologies [4] bietet einen solchen Service in seiner akkreditierten Testeinrichtung in Böblingen, Deutschland, und an einem neuen Standort im Silicon Valley, der in Kürze eröffnet wird. Die Nutzer minimieren die Risiken bei der Anschaffung von Testhardware und haben Zugang zu Beratungs- und EMV-Expertise in Normen und Testmethodik sowie zu modernem Equipment. Der Service wird auf einer „Pay-per-Use“-Basis angeboten, was wiederum Kosten und Risiken reduziert. In Böblingen werden Pre-Compliance- und vollständige Konformitätstests gemäß einer großen Palette von EMV-, Produktsicherheits- und Umweltsicherheitsstandards durchgeführt, einschließlich des „E-Kennzeichens“ für Automobil-EMV.

Die Beratungsleistungen umfassen Design und 3D-Simulation mit aktiver Unterstützung beim Simulationsaufbau und bei der Entwicklung von Teststrate-

gien. Auch Regressionstests und Fehlerbehebung bis zur Fehlerursache durch EMV-Experten können inbegriffen sein. Verfügbare Software-Tools sind: Genesys für die Synthese und Simulation von HF-Boards und -Subsystemen, ADS für die Generierung von Front-End-Designs und die Durchführung von Simulationen, GoldenGate für die Erstellung von HF-Layouts und die Verifizierung von Back-End-Designs, EMPro für das Design von Antennen und die Analyse von 3D-EM/EMV-Effekten und SystemVue für die Simulation virtueller Systeme und die Verifikation auf Systemebene.

## Fazit

Die Bewertung der elektromagnetischen Verträglichkeit zwischen einer Vielzahl unterschiedlicher Systeme im Automobilbereich ist eine gewaltige Aufgabe. Für die OEMs steht viel auf dem Spiel, und die Sicherheit der Anwender hat noch höhere Priorität. Die

Verwendung der EMV-Empfänger der PXE-Serie von Keysight Technologies garantiert beste Messgenauigkeit bei höchster Geschwindigkeit, unterstützt durch einen Test- und Beratungsservice, der den Anwender vom ersten Entwurf bis hin zum vollständigen Konformitätstest unterstützt. ■ (oe)

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

## Quellenverzeichnis

- [1] <https://archive.org/details/modelfordcarits00pagrict/page/n1>
- [2] Radiocommunications Agency EMC awareness – <http://www.emcia.org/awareness/Pages/InterferenceExamples/Automotive.htm#MobileTrans>
- [3] <https://www.keysight.com/en/pdx-2959855-pn-N9048B/pxe-emi-receiver-2-hz-to-265-ghz?nid=55381.5116252&cc=GB&lc=eng>
- [4] <https://www.keysight.com/gb/en/products/services/test-as-a-service-taas.html>

**Asad Bajwa** ist EMV-Laborleiter und Business Manager bei Keysight Technologies mit mehr als 15 Jahren Erfahrung in Produktprüfung, Bewertung, Zertifizierung und Management.