## **EMV-Messpraxis**, Teil 1

## Messgeräte, Sonden und Zubehör



Wer im europäischen Wirtschaftsraum ein elektrisches oder elektronisches Gerät in Verkehr bringt, ist verpflichtet, die Bestimmungen der EMV-Richtlinie einzuhalten, also die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) zu gewährleisten. Das betrifft Hersteller und Importeure in den Mitgliedsländern der EU sowie Island, Liechtenstein und Norwegen. Für den Bereich Störaussendung der EMV gibt es kostengünstige Geräte, mit denen sich Pre-Compliance Messungen durchführen lassen.

Moderne Elektronik stellt, bedingt durch immer höhere Taktfrequenzen und stärkere Integration, permanent steigende Anforderungen an die einzusetzende Messtechnik für die Überprüfung und Optimierung der Störsicherheit von Geräten. Um elektromagnetische Verträglichkeit zu garantieren, muss ein

> Quelle: EMV-Messtechnik, Hameg leicht gekürzt

sehr großes Frequenzspektrum von etwa 150 kHz bis 1 GHz beherrscht werden. Dabei ist zu erwarten, dass bei kommenden Normanpassungen dieser Frequenzbereich nach oben noch erweitert wird. Der damit verbundene Messaufwand und die Kosten sind zum Teil erheblich, lassen sich aber bei überlegtem Einsatz vernünftiger Messmittel und geeigneter Methoden gut kontrollieren.

## Was kosten EMV-Maßnahmen?

EMV muss nicht teuer sein. Untersuchungen haben gezeigt, dass EMV-Maßnahmen etwa 3 bis 5% der Gerätekosten betragen, wenn EMV-Verträglichkeit vom Beginn einer Entwicklung an mit "hineinkonstruiert" und entwicklungsbegleitend getestet wird.

Blauäugigkeit bezüglich elektromagnetischer Verträglichkeit kommt allerdings oft teuer. Wird die EMV erst nach Fertigstellung eines Geräts zum Thema, so kann es leicht vorkommen,

dass die EMV-Maßnahmen letztlich mehr als 50% der geplanten Entwicklungskosten betragen, d.h., man beginnt nochmals von vorne und bezahlt viel Geld für lange Messreihen und externe Dienstleister.

Normgerechte Prüfungen erfolgen meist in entsprechend ausgerüsteten und spezialisierten Labors. Die dazu notwendige Messtechnik ist teuer und die Verfahren sind sehr aufwendig. Während der Entwicklungszeit ist es dagegen wichtig, rasch und ohne großen Aufwand zu genügend aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen. Für die Kontrolle der Wirksamkeit von EMV-Maßnahmen ist es während der Entwicklung nicht wichtig, mit normengerechten Versuchsaufbauten zu arbeiten. Vielmehr geht es darum, rasch die kritischen Zonen im Schaltungsaufbau und die Signalleitungen mit einem hohen Störpotential zu erkennen, um mit vergleichenden Messungen die optimalen und kostengünstigsten EMV-Maßnahmen zu finden.

## Das Oszilloskop

Trotz seiner Vielseitigkeit ist ein Oszilloskop für EMV-Störaussendungsmessungen leider ungeeignet, denn es zeigt die Form eines Signals an und nicht sein Spektrum (Frequenzanteile mit ihren jeweiligen Pegeln). Die bei Störaussendungsmessungen anzuwendenden Normen verlangen Mittelwert- und Quasi-Spitzenwertmessungen, die in Form einer frequenzselektiven Messung des Spektrums vorzunehmen sind. Die Messbandbreite hängt dabei von der Messfrequenz ab. Der bei Störaussendungsmessungen zu erfassende Frequenzbereich reicht von 150 kHz bis 1 GHz. Dabei muss das Messgerät über eine hohe Empfindlichkeit verfügen.

Die Anzeige eines größeren Frequenzbereichs und die logarithmische Darstellung der Spektren mit einem Anzeigeumfang von ca. 80 dB lassen auf einen Blick erkennen, wo die Schwach- und Schwerpunkte liegen und welche Auswirkungen eine Maßnahme hat.

# Der Spektrumanalysator

Die entwicklungsbegleitende Messtechnik verlangt keineswegs nach dem Rolls-Royce unter den Spektrumanalysatoren. Da Spektrumanalysatoren nicht tagtäglich eingesetzt werden, ist es sogar besser, einfach zu bedienende Geräte einzusetzen, welche von jedem Entwickler problemlos verwendet werden können. Wichtig ist es, rasch und mit wenig Aufwand vergleichende Messungen durchführen zu können.

Der Spektrumanalysator gehört als Standardmessgerät an den Arbeitsplatz eines Entwicklers. Wie hilfreich die Spektrumanalyse wirklich ist, wird schnell klar, wenn man aktiv mit Spektrumanalysatoren arbeitet.

## Die Netznachbildung

Sie gehört neben dem Spektrumanalysator zur Basisausstattung im Labor- und Zertifizierungs-Einsatz. Eine Netznachbildung dient zur Isolierung, Erkennung und Quantifizierung von leitungsgebundenen Störungen. Im Zertifizierungslabor wird sie im Allgemeinen in Verbindung mit einem Messempfänger eingesetzt. Für den Bereich der Pre-Compliance-Messtechnik ist jedoch der Einsatz zusammen mit einem Spektrumanalysator die erheblich praktikablere Lösung.

## Feldgeführte Störsignale

Unter feldgeführten Störungen wird die Abstrahlung von Störsignalen verstanden, im Unterschied zu sogenannten leitungsgeführten Störungen. Die EMV-Vorschriften legen den Frequenzbereich für die Erfassung der feldgeführten Störsignale auf 30 MHz bis 1 GHz fest, wobei zu erwarten ist, dass Normerweiterungen zum Bereich höherer Frequenzen hin noch erfolgen werden.

Normengerecht werden die feldgeführten Störpegel mittels Antennen und Messempfängern in einem reflexionsfreien Umfeld, welches frei von Drittstörungen ist, gemessen (meist in sogenannten Absorberhallen). Entwicklungsbegleitend sind derartige Messungen jedoch ineffizient, weil zeitraubend und teuer. Gefragt sind schnell getroffene Aussagen über das Störpotential innerhalb einer Schaltung und insbesondere auf sämtlichen Leitungen, welche eine Leiterplatte oder ein Gerät verlassen. Obwohl in diesem Abschnitt von feldgeführten Störungen die Rede ist, sind es die Leitungen, die wie Antennen wirken

Im Entwicklungslabor konzentriert sich die EMV-Arbeit vorwiegend auf die Beurteilung der durch solche Leitungen verschleppten Störungen. Die Messungen können im unmittelbaren Nahfeld, teilweise sogar direkt auf den Signal-, Versorgungsund Masseleitungen oder auf den Kabelschirmen erfolgen. Wer zum ersten Mal mit einem Spektrumanalysator eine Schaltung untersucht, wird mit Erstaunen feststellen, dass selbst auf Signalleitungen für langsame oder statische Signale erhebliche hochfrequente Signalanteile, ausgehend von anderen Schaltkreisen, vorkommen. Mit einem Oszilloskop sind diese Signalanteile meist überhaupt nicht zu erkennen. Das elektromagnetische Störfeld entsteht durch die metallische Struktur einer Leitung - unabhängig vom eigentlichen Nutzsignal auf dieser Leitung.

Im Entwicklungslabor lassen sich diese Störgrößen ohne größeren Aufwand mit einem Spektrumanalysator und für diese Messung geeigneten Sonden sichtbar machen.

Will man den Erfolg einzelner Entstörmaßnahmen nachprüfen, bieten sich sogenannte Schnüffelsonden an in Form von E-Feld- und H-Feld-Sonden.

### **Aktive E-Feld-Sonde**

Sie ist breitbandig und sehr empfindlich. Mit ihr kann man die Gesamtabstrahlung einer Baugruppe oder eines Geräts beurteilen. In der Regel wird sie in



Spektrumanalysatoren der Serie Hameg 5000 bieten in Verbindung mit der Netznachbildung HM6050 Ergebnisse, die mit denen von einem EMV-Dienstleister ermittelten vergleichbar sind

0,5 bis 1,5 m Abstand vom zu untersuchenden Objekt eingesetzt. Damit lassen sich sowohl die Wirkungen von Abschirmmaßnahmen überprüfen als auch Filtermaßnahmen beurteilen, die Leitungen betreffen, welche das Gehäuse verlassen und somit die Gesamtabstrahlung beeinflussen.

Wegen der hohen Empfindlichkeit kann es vorkommen, dass mit der aktiven E-Feld-Sonde auch Drittstörungen gemessen werden. Die Messung erfolgt deshalb so, dass zuerst bei ausgeschaltetem Prüfling die Störungen aus der Umgebung erfasst und nach Einschalten des Prüflings die neu hinzugekommenen Signale analysiert werden.

Die Messergebnisse sind wie alle Fernfeld-Antennenmessungen auch vom Prüfaufbau abhängig. Insbesondere spielt die Lage der Kabel eine nicht zu unterschätzende Rolle. Sollen reproduzierbare Messungen erfolgen – nicht nur einmalige Vergleichsmessungen verschiedener Maßnahmen – so wird empfohlen, die Versuchsanordnung genau festzulegen und z.B. auf einem Brett zu fixieren.

Die aktive E-Feld-Sonde lässt sich auch zur Untersuchung von Störungen aus der Umgebung verwenden. Wird vermutet, dass eine unbekannte Störquelle in einem Gerät eine Funktionsstörung verursacht, so kann mittels aktiver E-Feld-Sonde und Spektrumanalysator die elektromagnetische Umgebung erfasst werden. Dank der Analyse im Frequenzbereich lässt sich meist sehr schnell die Störquelle finden. Dies macht es möglich, erforderliche Nachbesserungen so gezielt auszuführen, dass man bei der Abnahmeprüfung nicht ein zweites Mal durchfällt.

#### **Aktive H-Feld-Sonde**

Eines der Erfolgsrezepte in der EMV ist es, die Störströme zu beachten. Der gängige Einsatz von Oszilloskopen verleitet zu einem reinen "Spannungsdenken". Erfolgreiche EMV-Ingenieure denken aber vor allem "in Strömen". Um Störströme berührungsfrei und ohne Auftrennen von Leitungen aufspüren zu können, sind aktive H-Feld-Sonden ein optimales Hilfsmittel.

Aktive H-Feld-Sonden sind Nahfeldsonden, denn die magnetische Feldstärke ist im Nahfeld

hf-praxis 10/2018



Der Messsondensatz Hameg HZ530 besteht aus drei aktiven Sonden (E-Feld-, H-Feld- und Hochimpedanz-Sonde)

direkt mit den Leitungsströmen verknüpft. H-Feld-Sonden sind relativ unempfindlich gegen Drittstörern und zeigen ein starkes Ansteigen des gemessenen Pegels bei der unmittelbaren Annäherung an die Störquelle. Sie erlauben damit, sehr gezielt Störströme innerhalb einer Schaltung zu lokalisieren.

Bewegt man eine H-Feld-Sonde entlang eines Gehäuses oder einer Abschirmung, sind "undichte" Stellen wie beispiels-weise Schlitze leicht erkennbar. Durch die weiter fortschreitende Integration auf Leiterplatten stößt auch die Lokalisierung von Störern mit einer H-Feld-Sonde an Grenzen. Hilfe bietet hier z.B. die µH-Feld-Sonde HZ545, denn damit kann man bis auf Millimeter exakt die jeweilige Störquelle lokalisieren. Diese Sonde findet Einsatz bei der Identifizierung



#### H-Feld-Sonde und Spektrumanalysator im Einsatz

von Störern direkt auf der Leiterplatte.

Hält man die H-Feld-Sonde an ein Kabel und analysiert die Signale mit einem Spektrumanalysator, so kann man feststellen, dass selbst auf Netzleitungen oder "langsamen" Datenleitungen wie beispielsweise Telefonleitungen verblüffend hohe Pegel hochfrequenter Signalanteile (z.B. Harmonische der Clock-Signale) auftreten. Mit der H-Feld-Sonde und der logarithmischen Amplitudendarstellung am Spektrumanalysator ist einfach festzustellen, ob alle Leitungen etwa gleich stark "verseucht" sind, oder ob gewisse Leitungen mehr oder weniger Störungen auskoppeln. Damit lässt sich die Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen im Labor oder in einem geschirmten Raum ohne großen Messaufwand rasch und einfach beurteilen.

## Teiler-Tastkopf

Mit einem Teiler-Tastkopf kann breitbandig gemessen werden, ohne den Messpunkt mit der üblichen Eingangsimpedanz eines Spektrumanalysators von 50 Ohm zu belasten. Die Kapazität liegt z.B. unter 2 pF, der ohmsche Anteil fällt mit steigender Frequenz. So ein .. Hochimpedanz-Tastkopf" kann auch an ein Oszilloskop mit 50-Ohm-Eingang angeschlossen werden. Low-Capacitance-Tastköpfe weisen eine noch geringere Eingangskapazität (z.B. 0,3 pF) auf und ermöglichen daher höhere Bandbreite (bis zu 3 GHz, z.B. HZ543). Der Low-Capacitance-Tastkopf besitzt eine winzige Tastspitze und wird ohne "Masseleitung" betrieben. Der Rückstrom des Messsignals fließt "kapazitiv" über die "Belastung" durch den Messenden. Es wird damit tatsächlich möglich, das EMV-Störpotential eines IC-Pins oder einer einzelnen abgehenden Leitung zu messen. Durch die "kapazitive und hochohmige" Messmethode lassen sich auch sogenannte Gleichtaktstörungen an ihrer Quelle aufspüren.

Teil 2 im nächsten Heft

26 hf-praxis 10/2018