Multi-GHz-Echtzeitscanning für EMV- und Funkmessungen - neue Optionen für die TDEMI-X-Produktfamilie

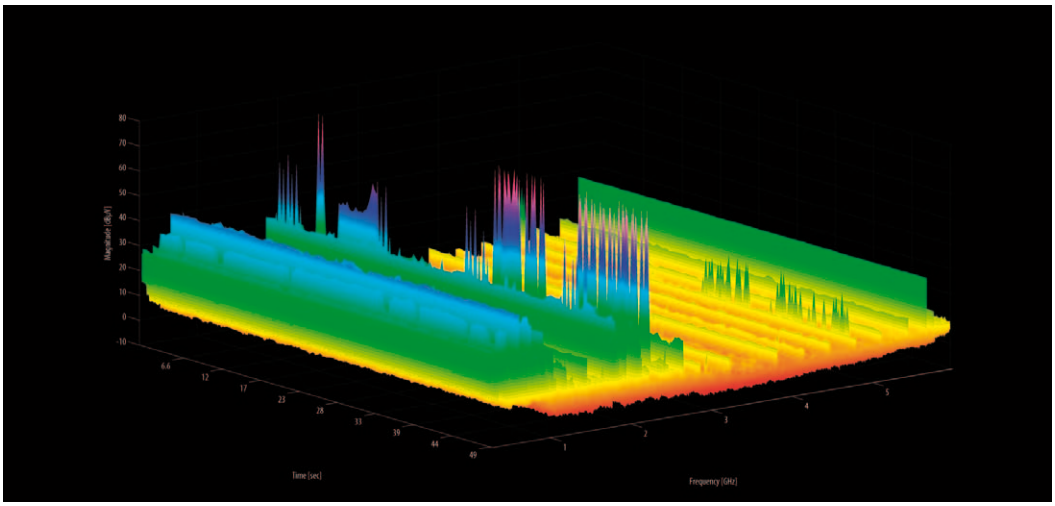

Bild 1: Echtzeitscanning von 30 MHz – 6 GHz

Emissionsmessungen wurden traditionell im Frequenzbereich mit Superheterodynempfängern durchgeführt. Durch die Einführung schneller Analog-Digital-Wandler, hochlinearer Verstärker und FPGAs mit einer hundertfachen Rechenleistungen im Vergleich zu leistungsfähigen PCs sowie patentierter Echtzeitverfahren ist es nun möglich, voll normkonforme Messungen mit einer Echtzeitbandbreite von 162,5 MHz (2013), 325 MHz (2015) und 645 MHz (2016) durchzuführen.

Von wesentlicher Bedeutung hierbei ist, dass - im Gegensatz zu konventionellen Echtzeit-Spektrumanalysatoren - die Messung im Echtzeit-Spektrogrammmodus der TDEMI-Produktfamilie voll normkonform nach CISPR 16-1-1, MIL461 sowie weiteren zivilen und militärischen Normen ist.

Diese Technologien ermöglichen es, Messungen der Funkstörspannung, der Störleistung sowie feldgebundene Messungen in Echtzeit durchzuführen. Beispielsweise können auf diese Weise für automotive Anwendungen leitungsgeführte Emissionsmessung im Frequenzbereich bis 30 MHz bzw. 110 MHz in Echtzeit durchgeführt werden. Echtzeit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine normkonforme Messung mit allen CISPR-Detektoren an allen Frequenzen gleich-zeitig möglich ist. Die Messung der Störleistung bis 300 MHz kann ebenfalls in Echtzeit durchgeführt werden. Dabei wird die Messzeit auf einen einzigen Durchlauf mit der Gleitzangenbahn reduziert. Für gestrahlte Emissionsmessungen bis 1 GHz kann diese ebenfalls mit zwei CISPR Detektoren (z.B. Quasi-Peak und CISPR-Average) in zwei Teilbereichen in Echtzeit erfolgen. Zunächst werden alle Positionen in Echtzeit über den Bereich von 30 MHz – 645 MHz gemessen, abschließend wird der Teilbereich 645 MHz – 1000 MHz an allen Positionen gemessen.

Extrem schnelle Messungen

Der Frequenzbereich der TDEMI-X-Messgeräteserie kann zum einen hinab bis DC erweitert werden (Option OSC) oder mit Echtzeitscanning (Option UFSPA) ausgestattet werden. Dies ermöglicht es, extrem schnelle Messungen durchzuführen. Eine Anwendung ist hier beispielsweise die Emissions-

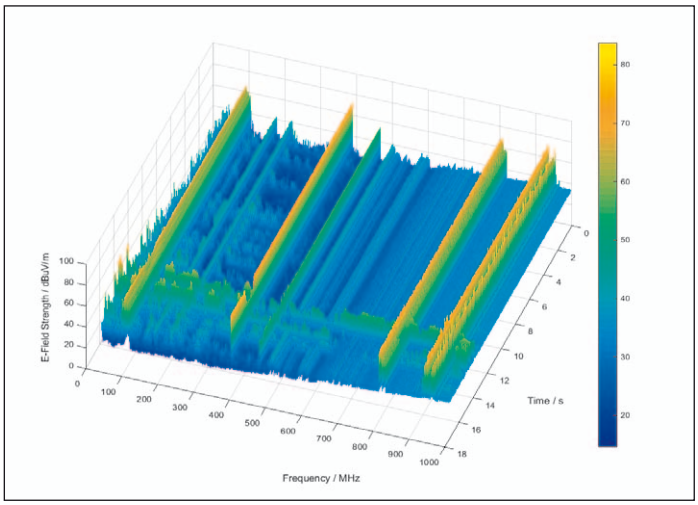

Bild 2: Spektrogramm einer Vorbeifahrtsmessung, Frequenzbereich 30 MHz – 1 GHz

Stephan Braun
Arnd Frech
GAUSS INSTRUMENTS
München
www.gauss-instruments.com/de/

messung von Schienenfahrzeugen (Bild 2) während der Vorbeifahrt. Oberhalb 1 GHz kann dieses Echtzeitscanning eingesetzt werden, um Prüflinge hinsichtlich ihrer Richtcharakteristik gemäß den EMV Produktnormen in kürzester Zeit vollständig zu charakterisieren und zu zertifizieren.

Durch den Einbau von Funk- und PLC-Modulen in Elektrogeräte müssen diese auch hinsichtlich des Themas Funk qualifiziert werden. Das TDEMI X verfügt hierzu über eine sehr gute Unterdrückung von Harmonischen durch ein höchstlineares Front-End und speziell abgestimmte Vorselektionsfilter. Dies erlaubt eine Messdynamik der Oberwellen von ISM-Bändern von ca. 100 dB und für PLC-Bänder von ca. 85 dB. Durch die schnelle Messung und Auswertung der Signale können sowohl die Richtcharakteristik als auch die Emission von Nebenaussendungen untersucht werden. Eine dynamische Analyse der Signale ist ebenfalls möglich. Bei den entsprechenden Messungen gemäß den vorgegebenen Standards sind - aufgrund der hohen Dynamik der Messgeräte - keine Notch-Filter nötig.

Funktionsweise

Durch die Verwendung von Hochgeschwindigkeits-Analog-Digital Wandlern, sowie durch weitere Erhöhung und Parallelisierung der Rechenleistung und Speicherkapazitäten ist es möglich z.B. den Frequenzbereich von 30 MHz – 6 GHz mit einer zeitlichen Auflösung von 500 ms gleichzeitig zu erfassen und als Spektrogramm in Echtzeit darzustellen. Bandbereiche von 162,5 MHz können zudem spektral mit 1 µs zeitlicher Auflösung an 64000 Frequenzpunkten gleichzeitig analysiert werden. Die Daten werden lückenlos gespeichert und können später ausgewertet oder weiterverarbeitet werden. Durch die Verwendung eines 64-Bit-Adressraums können Datenmengen von mehreren Gigabytes gespeichert und verarbeitet werden.

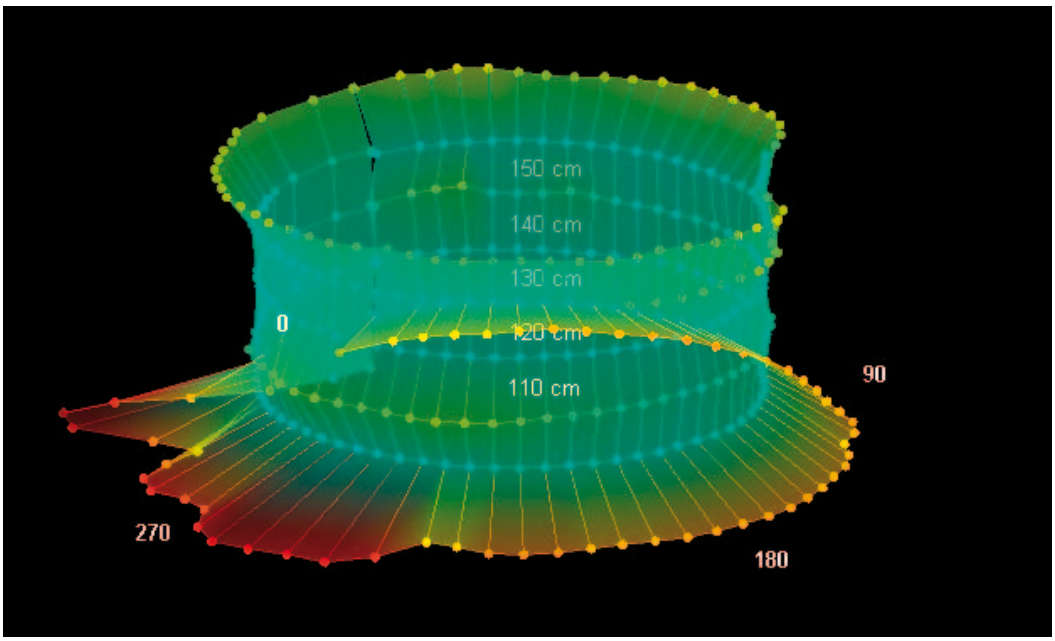

Bild 3: Richtcharakterstik eines Prüflings über 360° in verschiedenen Höhen

Weitere Merkmale sind die vollständige parallele Implementierung von bis zu 64000 echten Spektrumanalysatoren auf mehreren FPGAs. Echtzeit-Spektrumanalysatoren haben in der Regel den Nachteil, dass die Ergebnisse nur bedingt vergleichbar mit den Ergebnissen eines Spektrumanalyzers sind. Die patentierte TDEMI-Technologie der TDEMI-X-Geräte unterscheidet sich soweit von einem konventionellen Echtzeit-Spektrumanalysator, dass alle Merkmale eines echten Spektrumanalysators vorhanden sind, aber gleichzeitig eine parallele Darstellung erfolgt. Dabei werden die Vorteile beider Gerätetypen miteinander vereint. Die dabei erreichte Messgeschwindigkeit und Präzision ermöglicht es, Emissionsmessungen extrem schnell, genau und unkompliziert durchzuführen.

In Bild 1 ist das Ergebnis einer Messung im Bereich bis 6 GHz dargestellt. Man kann erkennen wie die unterschiedlichen Funkanwendungen (Bluetooth, WLAN, GSM, UMTS) in den entsprechenden Bändern arbeiten. Darüber hinaus können unterschiedlichste EMV-Störungen erfasst und gemessen werden.

Emissionsmessungen von Schienenfahrzeugen und E-mobility

In Bild 2 ist das gemessene Emissionsspektrum bei der Vorbeifahrt eines Schienenfahrzeugs dargestellt. Die ein-

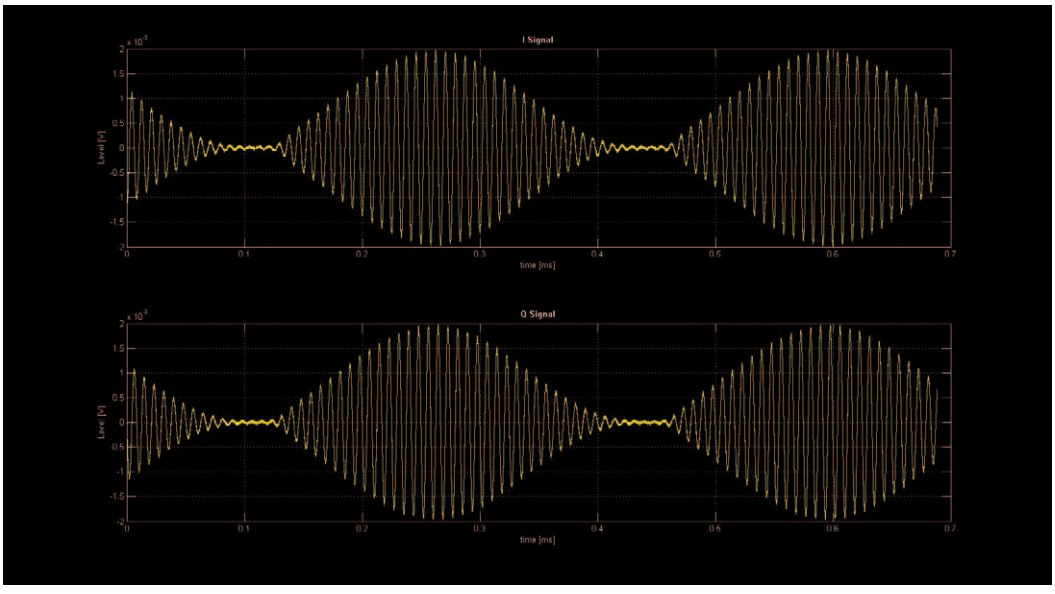

Bild 4: Empfangenes AM-Signal in I-Q Darstellung

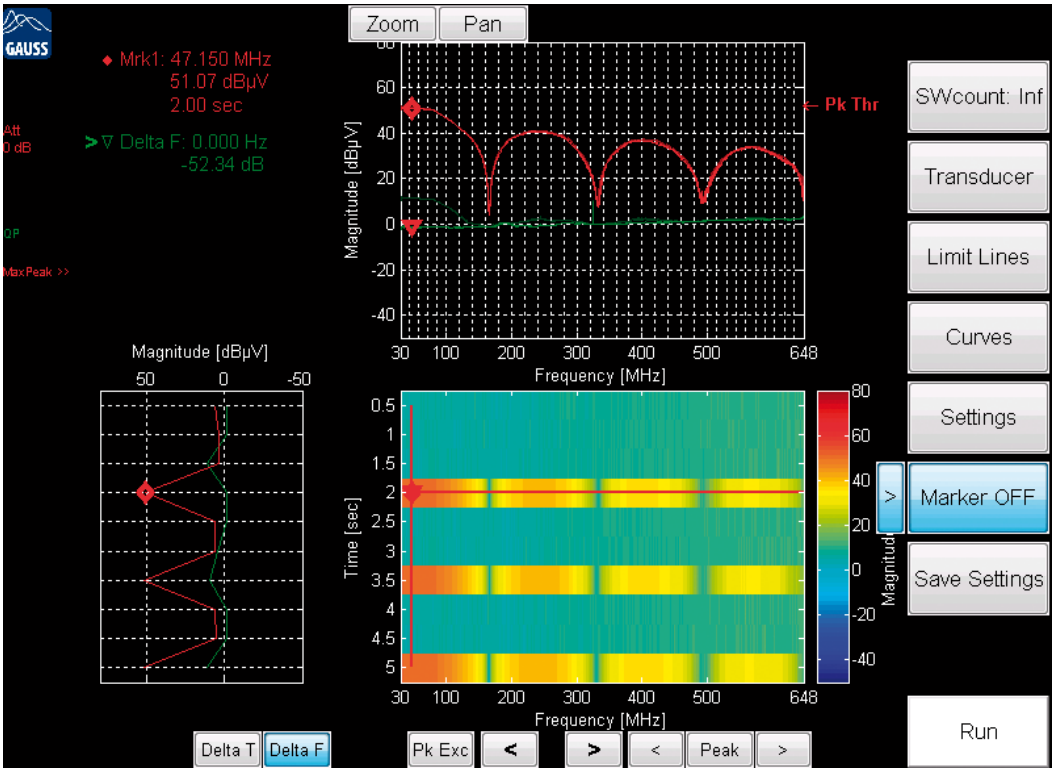

Bild 5: Spektrogrammmodus mit Quasipeak (QP) und Spitzenwert (MaxPeak) parallel, 645 MHz Echtzeitbandbreite

zelnen Spektren welche mit 40 ms Abstand aufgenommen wurden sind über die Zeit von ca. 15 s dargestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass bei ca. 11 s eine Breitbandstörung mit etwa 1 GHz Bandbreite auftritt. Es folgen weitere Breitbandstörungen mit einer Bandbreite von rund 600 MHz. Die stationären Umgebungsstörungen sind ebenfalls zu erkennen, außerdem die FM-Rundfunksender, Funk, sowie unterschiedliche GSM Bänder.

Analyse der Richtcharakteristik von Signalen

In einem vollautomatisierten Messsystem wird das TDEMI X derart betrieben, dass der Prüfling kontinuierlich rotiert während die Messung im Spektrogrammmodus in Echtzeit durchgeführt wird. Es erfolgt also eine Synchronisation zwischen der Position des Drehtischs und dem Echzeitspektrogramm. Es werden sämtliche Frequenzpunkte gleichzeitig gemessen, wobei die Abstrahlung hinsichtlich Winkel, Höhe und Polarisation an jedem Frequenzpunkt gespeichert wird. Basierend auf diesen Daten kann die vollständige Richtcharakterisitk eines Prüflings dargestellt werden. Wird die Messung an mehreren Höhen wiederholt, so ergibt sich eine dreidimensionale Darstellung wie in Bild 3 gezeigt.

Analyse und Demodulation von Signalen

Bei der Demodulation von AM- und FM-Signalen ist es möglich, diese mit dem TDEMI in Echtzeit zu streamen oder über Lautsprecher auszugeben. Weiterhin kann mit der Option IQ-UG das empfangene Signal mit einer maximalen Samplingrate von 325 MHz (I + Q) abgespeichert und ausgewertet werden. In Bild 4 ist die Darstellung eines solchen demodulierten AM Signals als I+Q Signal dargestellt.

Emissionsmessung mit 645 MHz Echtzeitbandbreite (CISPR Spektrogrammmodus)

Das TDEMI X ermöglicht es, mittels Echtzeitauswertung alle Quasipeak-Messpunkte und CISPR-Average-Messpunkte gleichzeitig zu messen und zur Darstellung zu bringen. Damit ermöglicht das Messsystem einmalige Möglichkeiten zur Analyse von Signalen und Finalen Abnahmemessungen.

In Bild 5 ist eine Messung eines CISPR-B-Impulses mit 0,6 Hz Pulswiederholrate für Peak und Quasipeak dargestellt. Die eingestellte Verweildauer (dwell time) beträgt 500 ms, wobei die abgebildete Darstellung über den Zeitraum von 5 s vollständig lückenlos ist. Man kann erkennen, wie die einzelnen Pulse mit dem Spitzenwertdetektor (rot) erfasst werden und mit dem Quasispitzenwertdetektor (grün) kontinuierlich bewertet werden. Weiter ist zu erkennen, dass das System eine hohe Dynamik, deutlich mehr als von CISPR 16-1-1 gefordert wird, aufweist und der Impuls ohne Verzerrungen gemessen wird.

Das TDEMI X ist im Empfängermodus und Spektrogrammmodus voll normkonform und kann daher in beiden Betriebsarten für Full Compliance Messungen eingesetzt werden. Der Spektrogrammmodus vereint die Vorteile des Single Frequency Modus eines klassischen Messempfängers mit der Möglichkeit, die Messung an allen Frequenzpunkten über einen Bandbereich von bis zu 645 MHz gleichzeitig durchzuführen. Die Timing Analyse kann während oder nach der Messung an einem oder mehreren Frequenzpunkten durchgeführt werden. Zur Automatisierung kann selbstverständlich auch der Spektrogrammmodus ferngesteuert und die Daten exportiert werden.

Low-Noise- und DC-Option für höchste Präzision und Dynamik

Das TDEMI X mit der Option MIL/DO-UG sowie OSC-UG verfügt über einmalige Möglichkeiten bei den Messungen nach CISPR 25, MIL461 DO160 sowie VG Norm und PLC Normen. Neben der Messung ab DC mit zwei Kanälen ermöglicht diese Option eine weitere Erhöhung der Dynamik. Dabei ist es möglich, z.B. im leitungsgeführten Messbereich von DC – 110 MHz eine Unterdrückung der Oberwellen von ca. 85 dB zu erreichen. Dieser Wert kann durch die Verwendung der Vorselektion nochmals verbessert werden. Der exzellente Rauschboden im Bereich ab DC ermöglicht es Messungen nach allen automotiven, zivilen und militärischen Normen durchzuführen.

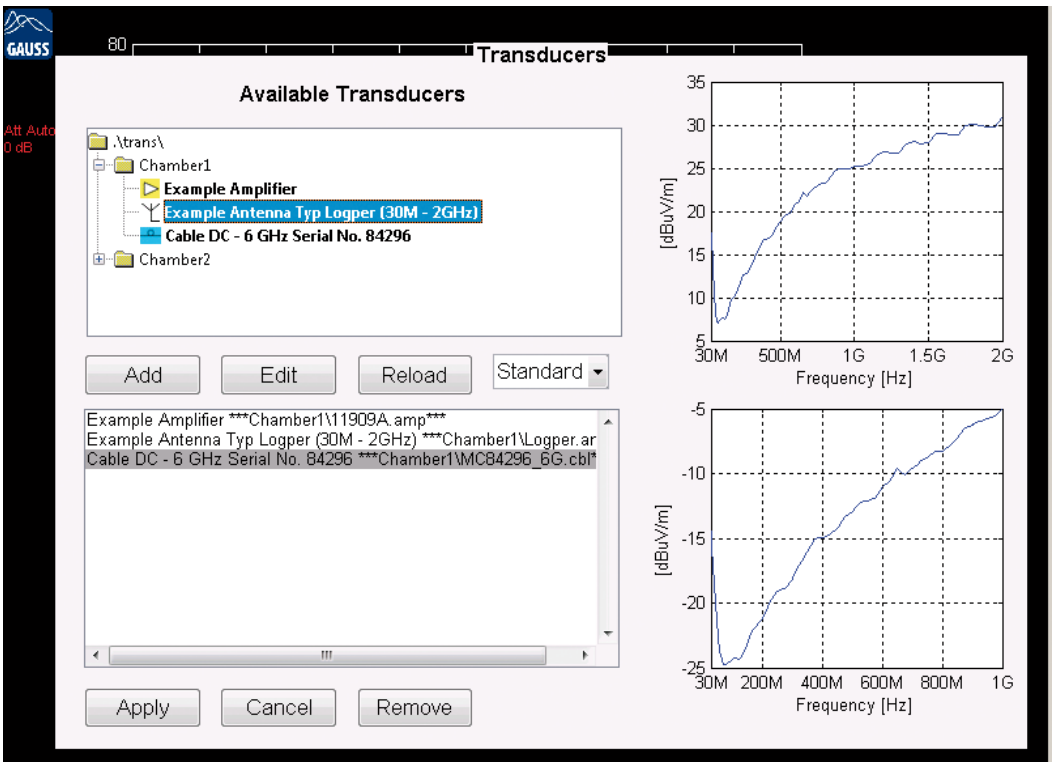

Bild 6: Auswahl der Transducerdaten

Auch PLC-Messungen können in diesem Bereich ohne die Verwendung zusätzlicher Notch-Filter erfolgen.

Messungen von Mikrowellenherden

Mikrowellenherde arbeiten im ISM-Band bei ca. 2.4 GHz. In diesem Bereich zeigen diese Geräte üblicherweise starkes, nicht stationäres Emissionsverhalten. CISPR 11 regelt hierbei die zulässigen Emissionen außerhalb des Bandes. Typischerweise liegen die Grenzwerte außerhalb des ISM-Bandes um ca. 60 dB niedriger als die eigentliche Emission. Durch den Einsatz einer integrierten Filterbank und integrierter einzelner rauscharmer Vorverstärker wird eine Oberwellenunterdrückung von typischerweise 100 dB erreicht. Damit ist es möglich mit dem TDEMI X eine Emissionsmessung im Bereich 1 GHz – 18 GHz für Mikrowellenherde komplett an einem Stück durchzuführen.

Bedienkonzept

Das TDEMI X wird mit einem Touchscreen gesteuert. Grenzwertlinien, Transducer, Transducer-Sets, Einstellungen und Scanlisten können abgespeichert und in Verzeichnissen strukturiert werden. Der Benutzer sieht so unter anderem sofort, welche Einstellungen er vorgenommen hat und kann komplette Setups einfach erneut laden um eine Messung schnell durchzuführen. Zu Dokumentationszwecken können alle Einstellungen und Graphen exportiert werden. Die Einstellungen werden bei Verwendung des Reportgenerators RG-UG automatisch dokumentiert.

In Bild 6 ist das Auswahlfenster zum Anlegen der Transducer und Sets dargestellt. So können z.B. pro Messplatz oder pro Messhalle alle verwendeten Transducer in Verzeichnisse abgelegt werden. Im oberen Graphen wird die Kurve des aktuell ausgewälten Transducers angezeigt. Beim Zusammensetzen der Messkette (Antenne, Vorverstärker, Leitung) erhält man im unteren Graphen sofort das Resultat der Korrekturfaktoren der zusammengesetzten Messkette.

Wirtschaftliche Aspekte

Prüfverfahren welche eine Vor- und Nachmessung verwenden sind in der Regel mit hohen Kosten und sehr hohem zeitlichen Aufwand verbunden. Bei einer Vor- und Nachmessung bleibt zusätzlich immer eine Unsicherheit übrig, welche sich daraus ergibt, dass Prüflinge sich zwischen der Vor- und Nachmessung unterschiedlich verhalten und oft wechselnde Betriebszustände dafür verantwortlich sind.

Gemäß der Normung sind zwar derzeit noch solche Messverfahren zulässig, allerdings mit dem Risiko behaftet, dass Störungen nicht korrekt erfasst werden und dadurch falsche Prüfberichte erzeugt werden können.

Durch den Einsatz von Messgeräten wie dem TDEMI X, mit einer Echtzeitbandbreite von 645 MHz, ist es nun erstmals möglich, für Störspannungsmessungen, Störleistungsmessungen und gestrahlte Emissionsmessungen zum einen die Messzeit deutlich zu verringern und zum anderen dabei gleichzeitig die Prüfqualität deutlich zu erhöhen. Der Echtzeitspektrogrammmodus vereint alle Vorteile der zur Maximierung verwendeten Einzelfrequenzpunktmessung eines klassischen Empfängers mit der Möglichkeit, alle diese Frequenzen über einen Bandbereich von 645 MHz gleichzeitig zu erfassen und zu maximieren. Durch das vorgestellte Multi-GHz-Echtzeitscanning können zudem insbesondere oberhalb 1 GHz die Messungen deutlich vereinfacht und beschleunigt werden. Gerade die Emissionsmessung von Funkmodulen wird deutlich vereinfacht und auch Nebenaussendungen können schnell, bequem und sicher erfasst und charakterisiert werden. Die Demodulation und die Auswertung der IQ-Daten mit einer Abtastrate von 325 MHz pro I und Q Kanal runden die Signalanalysemöglichkeiten für nahezu alle Anwendungen ab. ◄

■ *GAUSS INSTRUMENTS*
www.gauss-instruments.com/de/