

Anforderungen an Empfänger für EMV-Emissionsmessungen im Automotive- und Funkbereich

In den letzten zehn Jahren haben sich die Anforderungen bei Messungen der elektromagnetischen Verträglichkeit im Kfz-Bereich deutlich verändert. Durch den technologischen Wandel haben wir heute eine Kombination einer hohen Anzahl unterschiedlichster Komponenten und Subsysteme in einem Gesamtsystem.

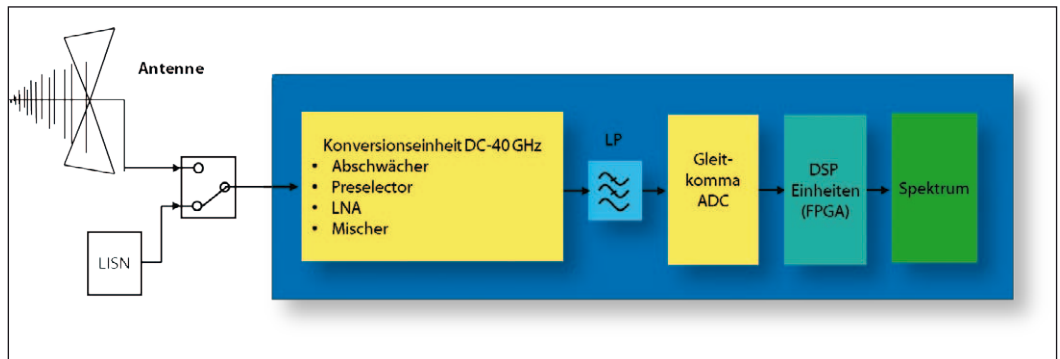


Bild 1: EMV-Zeitbereichsmesssystem TDEMI eXtreme

Dies sind einerseits sehr empfindliche analoge und auch digitale Empfangs- und Sendesysteme, welche möglichst wenig durch EMV-Störungen von anderen Komponenten beeinflusst werden dürfen, andererseits werden im Bereich der E-Mobilität Antriebe, Umrichter und Hochvoltssysteme eingesetzt. Solche Systeme zeigen elektromagnetische Störemissionen, welche stark vom jeweiligen Zyklus und Betriebszustand abhängig sind.

Zur Prüfung und Bewertung derartiger Systeme ist es erforderlich, Messempfänger zu verwenden, welche idealerweise sehr gute HF-Eigenschaften aufweisen, dies sind insbesondere eine hohe Empfindlichkeit und eine sehr hohe Dynamik. Um weitere Rückschlüsse über die Art

und Ursache der EMV-Störung treffen zu können, benötigen diese Funkstörmessempfänger, neben einer sehr guten HF-Performance, die Möglichkeit, große Bandbreiten schnell zu messen und über diese Bereiche Echtzeitauswertungen vorzunehmen.

Die Minimalanforderungen für ein Messgerät zur Messung von Störquellen sind in der Norm CISPR 16-1-1 spezifiziert. Diese Basisnorm wird von CISPR 25 und CISPR 12 referenziert und stellt die Grundanforderungen an einen Messempfänger dar, welcher für EMV-Messungen im Kfz-Bereich eingesetzt werden darf. Neben dem klassischen Messempfängermodus wird dabei auch seit dem Jahr 2010 in der CISPR 16-1-1 ein sogenanntes „FFT-based mea-

suring Instrument“ definiert und beschrieben. Dabei handelt es sich um ein EMV-Zeitbereichsmesssystem, welches im Gegensatz zum klassischen Messempfänger eine Vielzahl von Frequenzpunkten gleichzeitig auswertet und dabei alle Anforderungen der CISPR 16-1-1 Norm einhält.

Bei der Durchführung von sog. Funkmessungen muss der Prüfling außerdem, gemäß den ETSI-Standards, gemessen werden. Im ETSI-Standard wird neben der klassischen Messtechnik hierbei explizit auf die Vorteile eines Echtzeit FFT-Modus verwiesen. Während die CISPR 16-1-1 hohe Anforderungen an die Dynamik bzgl. Pulse festlegt, benötigt man bei der Messung nach ETSI Standards, so z.B. bei der Messung von Nebenaussendungen, eine hohe Unterdrückung von Nebempfangsstellen und Eigenempfangsstellen. Klassische Messempfänger geraten gerade bei der Abdeckung beider Disziplinen an die technischen Grenzen. Diese Grenzen sind durch den veralteten Aufbau dieser Empfänger bedingt. Während heute bereits jedes Smartphone zahlreiche Funkstandards beherrscht und teilweise die Funkbänder direkt digitalisiert und in Echtzeit auswertet, wird bei klassischen Funkstörmessempfängern immer noch ein Mischer verwendet, um schmale Bänder herunterzumischen und dann sequentiell auszuwerten. Dies

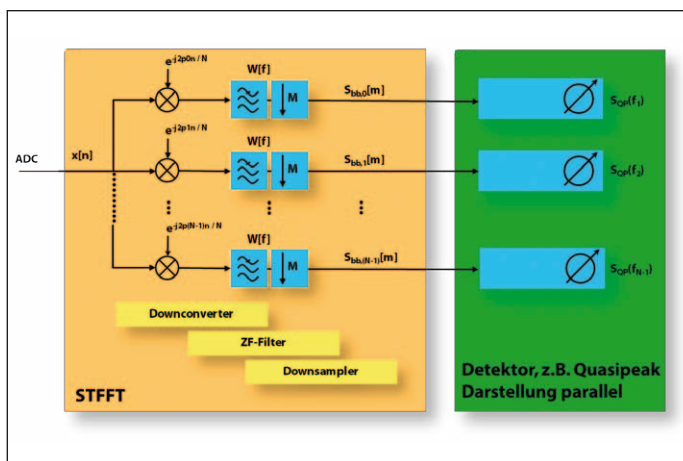


Bild 2: Mehrkanal-Messempfänger – Umsetzer, Filterbank, Dezimator und Detektor

Autoren:
Stephan Braun
Arnd Frech
Gauss Instruments München

Parameter	Peak	Quasi-Peak	Average
Pulswiederholrate f_p	100 Hz	100 Hz	5000 Hz
Pulsbreite	380 ps	380 ps	380 ps
Differenz	12 dB	0 dB (Referenz)	16,12 dB
Pulsamplitude	16 V	63,7 V	407 V

Tabelle 1: Anforderungen an die Eingangsstufe des Messempfängers

hat nicht nur den Nachteil, dass die Messungen sehr lange dauern, sondern einige Messungen mit solchen Messempfängern schlicht nicht möglich sind. Gerade bei OFDM-basierenden Übertragungssignalen oder Frequency-Hopping-Signalen weisen die ETSI-Standards hier auf die eindeutigen Vorteile der Verwendung von FFT basierenden Messverfahren hin. Des Weiteren verfügen viele klassische Messempfänger oder Spektrumanalysatoren üblicherweise nicht über genügend Dynamik, so dass oft zusätzlich externe oder teilweise auch interne Notchfilter verwendet werden müssen.

EMV-Zeitbereichsmesssysteme, wie z.B. das TDEMI X, sind so konzipiert, dass eine Echtzeitbandbreite von bis zu 325 MHz bzw. sogar bis zu 645 MHz zur Verfügung steht. Der CISPR-16-1-1-Standard verlangt dabei gleichzeitig eine Dynamik, welche derart hoch ist, dass diese von herkömmlichen Superheterodyn-Spektrumanalysatoren nicht erreicht wird. Im Gegensatz hierzu bietet der TDEMI-X-Messempfänger hier den signifikanten Vorteil, dass auch mit einer solch hohen Echtzeitbandbreite alle Anforderungen der CISPR-16-1-1-Norm jederzeit vollständig eingehalten werden. Die beim TDEMI X eingesetzten Technologien von mehreren parallelen ADCs sowie FPGAs mit einer Rechenleistung von ca. 200 PCs bieten somit gerade bei Funkmessungen erhebliche Vorteile gegenüber klassischen Messempfängern oder Spektrumanalysatoren.

Funktionsweise TDEMI eXtreme

Das empfangene Signal wird im Basisband (Frequenzbereich

DC bis 1 GHz) mittels einer hochlinearen Analog/Digital-Wandler-Einheit mit einer Rate von mehreren Gigasamples/Sekunde abgetastet und digitalisiert. Zusätzlich kommt im Frontend eine Vorselektion mit hochlinearen Vorverstärkern zum Einsatz. Für Messungen im Bereich oberhalb des Basisbands von 1 GHz wird eine sehr breitbandige Frequenzumsetzung mit integrierter Vorselektion eingesetzt. Die spektrale Darstellung des Messsignals kann einerseits digital superheterodyn oder mittels Kurzzeit-FFT erfolgen. Ein vereinfachtes Blockschaltbild der Funktionsweise eines TDEMI eXtreme (kurz TDEMI X) Messempfängers ist in Bild 1 dargestellt. Durch das mehrstufige Analog/Digital-Wandler-System erfolgt die Digitalisierung des Messsignals in Gleitkommazarithmetik mit entsprechend hoher Dynamik. Hierzu werden nach neustem Stand der Technik mehrere Analog/Digital-Wandler in Kombination eingesetzt.

Dieses Verfahren ermöglicht es, einen äquivalenten Dynamikbereich von ca. 22 Bit zu erreichen, womit es einerseits möglich ist eine sehr gute Sensitivität von z. B. ca. -25 dB μ V (Rauschboden in CISPR Band B) zu erzielen und andererseits gleichzeitig Pulse von mehreren Volt vollständig zu erfassen. Durch sehr leistungsfähige FPGAs mit einer Rechenleistung, welche jeweils ca. 200 handelsüblichen PCs entspricht, erfolgt die Auswertung in einer Bandbreite von bis zu 645 MHz vollständig lückenlos in Echtzeit. Mit dem vorliegenden System können so bis zu 64000 Frequenzpunkte gleichzeitig gemessen werden. Zudem ist die Dynamik nochmals um ca. 25 dB gegenüber vorherge-

henden Plattformen verbessert worden und der nutzbare Frequenzbereich für Applikationen bis hinauf zu 40 GHz erweitert.

Mehrkanalempfänger – FFT

Durch die Kombination von Kurzzeit-FFT und digitalem Superheterodynmodus kann nun gleichzeitig, über ein ganzes Band von 645 MHz, an allen Frequenzpunkten die Messung mit Quasi-Peak- und CISPR-Average-Detektoren erfolgen. Technisch wird dies durch eine hochgradige Parallelisierung erreicht. Die Kurzzeit-FFT ist hierbei einer der mathematischen Bausteine, der es ermöglicht, Berechnungen auf effiziente Weise durchzuführen und Symmetrieeigenschaften auszunutzen. Die gemäß CISPR 16-1-1 erforderlichen Detektoren müssen an allen Frequenzpunkten vollständig parallel realisiert werden, was zu sehr hohen Anforderungen an die Rechenleistung führt. Ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Kombination von Kurzzeit-FFT und Mehrkanalempfänger zeigt Bild 2. Das TDEMI X enthält eine Vielzahl solcher Funktionsblöcke.

Auch ein Echtzeit-Spektrumanalysator ist im TDEMI X bereits integriert, welcher an bis zu allen 64000 Frequenzpunkten eine Messung gemäß einer Zero-Span-Messung eines herkömmlichen Spektrumanalysators an einem einzigen Frequenzpunkt durchführen kann. Der Echtzeit-Spektrumanalysator des TDEMI X vereint damit auf einzigartige Weise die Vorteile der Zero-Span-Funktion mit der Möglichkeit, die Zero-Span-Messung an bis zu 64.000 Frequenzen gleichzeitig durchführen zu können.

Anforderungen an die Dynamik des Messempfängers

Anforderungen der CISPR 16-1-1

Im Wesentlichen werden heute für Emissionsmessungen gemäß CISPR 12 und CISPR 25 die Detektoren Peak, Average und Quasi-Peak verwendet. Die CISPR 16-1-1 formuliert unterschiedliche Anforderungen an die Genauigkeit hinsichtlich der Anzeige für Pulse und Sinussignale. So wird z.B. für ein Sinussignal eine Messgenauigkeit von ± 2 dB verlangt. Die Pulsanzeige wird je nach Detektor zunächst als absolute Pulsanzeige gegenüber einem Sinussignal spezifiziert. Bei dem Spitzenwertdetektor hat die Variation der Pulswiederholrate keinen Einfluss auf die Anzeige, während beim Quasi-Peak- und beim Average-Detektor eine Spezifikation der Abhängigkeit von der Pulswiederholrate gegeben ist. Man spricht hier von der relativen Pulsbewertung.

Gerade im Frequenzbereich zwischen 30 und 300 MHz stellt die CISPR 16-1-1 die höchsten Anforderungen an die Dynamik des Messempfängers. Daher soll im Folgenden dieser Bereich genauer betrachtet werden.

Absolute Pulsbewertung

Bei der absoluten Pulsbewertung wird eine Pulsfolge mit einer Pulswiederholrate f_p am Messempfänger angelegt. Für eine Anzeige von 60 dB μ V ergeben sich gemäß dem Standard CISPR 16-1-1 für den Impuls die Anforderung einer Pulsbreite von 380 ps. In Tabelle 1 ist eine Übersicht über die wesentlichen Anforderungen für eine Anzeige bei dem Referenzpegel von 60 dB μ V in Band C/D (Frequenzbereich 30 MHz bis 1 GHz) dargestellt. Die CISPR 16-1-1 legt fest, dass der Unterschied in der Anzeige zwischen Peak und Quasi-Peak bei einer Pulswiederholrate von 100 Hz genau 12 dB beträgt. Des Weiteren beträgt der Anzeigeunterschied zwischen Quasi-Peak bei einer

Pulse Repetition Frequency	Specification	Measured Value	Deviation
1000 Hz	-8 +/-1 dB	-7,72 dB	-0,28 dB
100 Hz	0 +/-0 dB	0 dB	0 dB
100 Hz	0 +/-0 dB	0 dB	0 dB
20 Hz	9 +/-1 dB	8,89 dB	0,11 dB
10 Hz	14 +/-1,5 dB	13,6 dB	0,4 dB
2 Hz	26 +/-2 dB	26,26 dB	-0,26 dB
1 Hz	28,5 +/-2 dB	29,04 dB	-0,54 dB

Tabelle 2: Relative Pulsbewertung Quasi-Peak-Detektor

Pulswiederholrate von 100 Hz und Average bei einer Pulswiederholrate von 5 kHz ca. 16,12 dB. Aus diesen Verhältnissen ergeben sich dann jeweils die erforderlichen Pulsamplituden, um jeweils eine Anzeige von 60 dBµV zu erreichen.

Ein Empfänger, welcher für Emissionsmessungen nach CISPR 12 oder 25 eingesetzt werden kann, muss also in der Lage sein, für eine Anzeige von 60 dBµV Pulse mit einer Amplitude von 407 V zu verarbeiten. Diese Anforderung kann nur durch eine sehr lineare Eingangsstufe mit ausreichend hoher Dynamik und durch einen Abschwächer mit hoher Pulsdynamik erreicht werden. EMV-Zeitbereichsmesssysteme mit einer Breitbandarchitektur, wie z.B. das TDEMI X, halten diese Anforderungen ein. Empfänger welche auf Spektrumanalysatorplattformen aufbauen, halten im

Gegensatz hierzu in der Regel nur die Anforderungen für Peak und Quasi-Peak ein.

Relative Pulsbewertung

Der Peak-Detektor bewertet die Störemissionen unabhängig von der Pulswiederholrate. Daher ist für den Spitzenwertdetektor kein weiterer Nachweis der Einhaltung nötig. Für den Average-Detektor ergibt sich über einen verringerten Anzeigebereich der Nachweis des Zusammenhangs, dass die Anzeige proportional zur Pulswiederholrate ist. Für den Quasi-Peak-Detektor ergibt sich ein relatives Anzeigeverhalten gemäß Tabelle 2, welches anhand einer mit dem TDEMI X durchgeführten Messung ermittelt wurde. Aus Tabelle 2 geht hervor, dass der Quasi-Peak-Detektor nochmals ca. 31 dB zusätzliche Dynamik für Pulse erfordert.

Anforderungen für Funkmessungen

Für Funkmessungen ist es hingegen erforderlich, dass der Empfänger eine möglichst hohe Unterdrückung von Oberwellen und Nebenempfangsstellen bietet. Superheterodynempfänger mit einer schmalbandigen Vorselektion können zum Teil recht effektiv Oberwellen unterdrücken. Allerdings ist die Unterdrückung von parasitären Mischprodukten welche durch den bei solchen Empfängern verwendeten Diodenmischer entstehen wiederum begrenzt. Ein weiteres Problem besteht darin, dass das sog. 2x2-Mischprodukt durch eine Vorselektion nicht unterdrückt werden kann. Ein hochlineares Frontend, kombiniert mit mehreren leistungsfähigen Analog/Digital-Wandlern sowie einer optionalen schnellen breitbandigen Vorselektion, kann diese Problem deutlich besser

lösen. In Bild 3 ist die Messung eines Sinussignals bei 120 MHz dargestellt. Die Messung wurde mit einem TDEMI X (Option PRLNA-UG) durchgeführt. Es ergibt sich ein Oberwellenabstand von 78,8 dB. Die Unterdrückung von weiteren Nebenempfangsstellen beträgt ca. 90 dB. Gleichzeitig wird ein Rauschboden von unter -15 dBµV bis 1 GHz erreicht. Die Unterdrückung der Harmonischen im Beispiel in Bild 4 beträgt in diesem Fall 97,7 dB. Im unteren Bereich sieht man deutlich das Rauschen des Signalgenerators.

Vergleich der Dynamik mit Superheterodynempfänger

Bei der Emissionsmessung von Nebenausstrahlungen (engl. spurious emissions measurements) ist es erforderlich, dass der verwendete Messempfänger eine sehr hohe Dynamik besitzt. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, dass der Messempfänger eine möglichst hohe Unterdrückung von sog. Nebenempfangsstellen aufweist. Der Abstand zwischen Hauptträger und Nebenempfangsstellen wird in diesem Zusammenhang als nutzbarer Dynamikbereich bezeichnet.

In Bild 5 ist eine solche Messung an einem klassischen Messempfänger dargestellt. Zur Prüfung des Messempfängers wurde ein

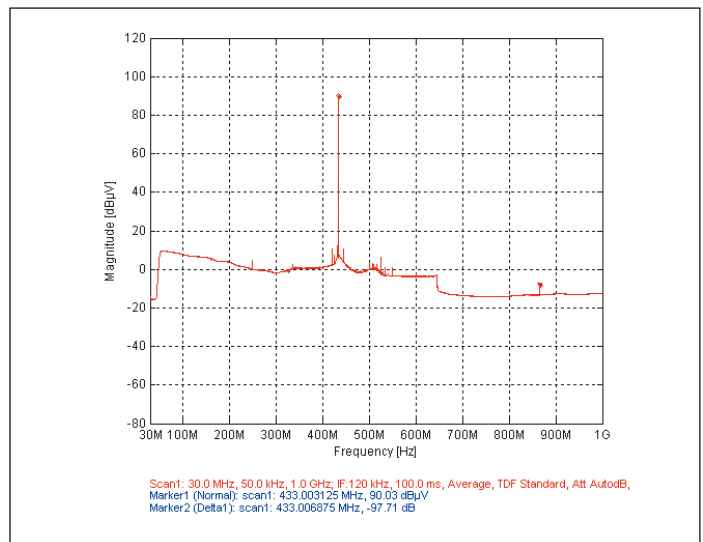
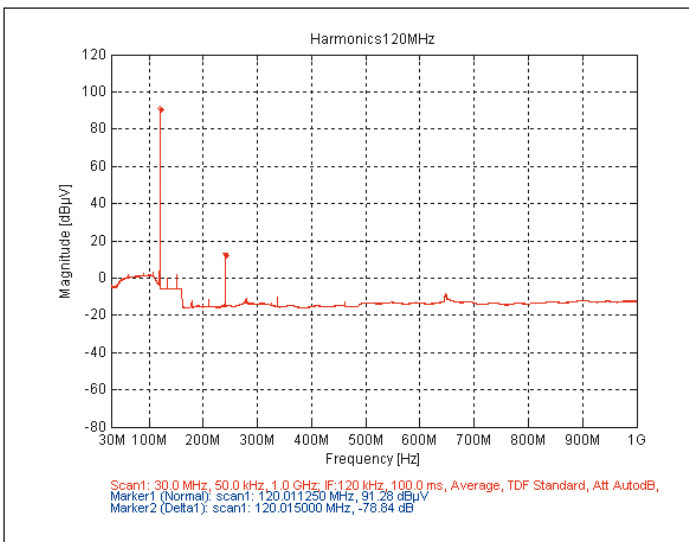


Bild 3: Messung von Harmonischen, Sinus bei 120 MHz

Bild 4: Messung der Harmonischen bei 433 MHz

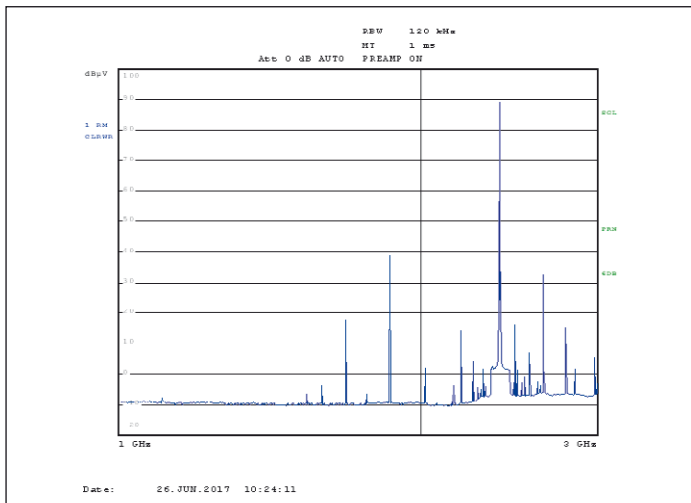


Bild 5: Messung eines 2,4 GHz Signals mittels klassischem Messempfänger

Sinussignal bei 2,4 GHz eingespeist. Man kann deutlich erkennen, dass der Messempfänger Nebenempfangsstellen bei ca. 1,8 GHz zeigt und damit ein nutzbarer Dynamikbereich von lediglich ca. 50 dB zur Verfügung steht. Dieser Dynamikbereich ist für typische Funkmessungen sehr knapp und man wird daher zusätzlich ein Notchfilter zur besseren Unterdrückung verwenden müssen.

Untersuchung von Frequency-Hopping-Signalen

Die Verfahren zur Untersuchung von Frequency-Hopping-Signalen sind im ETSI-Standard in Abschnitt 5.4.4 "Accumulated Transmit Time, Frequency Occupation and Hopping Sequence" erläutert. Zum einen müssen alle Frequenzpunkte, welche verwendet werden, gefunden werden und zum anderen muss an allen Frequenzpunkten, bei denen das Frequency-Hopping-Verfahren eingesetzt wird, geprüft werden, ob Sendezeit und Abstand zwischen den Sendezeiten eingehalten werden.

In Bild 6 ist die Emissionmessung eines Bluetooth-Moduls dargestellt. Für jeden Frequenzpunkt wird das zeitliche Verhalten dargestellt. Die an jedem Frequenzpunkt gemessene Leistung (RMS-Detektor) über der Zeit wird über den Bandbereich

als 3D-Darstellung wiedergegeben. Mit dem TDEMI X ist es direkt möglich, die Abstände der Impulse sowie alle verwendeten Frequenzpunkte zu dokumentieren.

Emissionsmessungen

Der TDEMI-X-Messempfänger ist sowohl im Empfängerbetrieb als auch im Echtzeit-Spektrogrammbetrieb vollständig 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 645 MHz durchzuführen. Die Timing-Analyse kann während oder nach der Messung an einem oder mehreren Frequenzpunkten durchgeführt werden. Selbstverständlich können alle Betriebsarten ferngesteuert werden, um z.B. Abnahmemessungen voll zu automatisieren und die Daten für Dokumentationszwecke zu exportieren.

Scanzeiten

Üblicherweise werden Emissionsmessungen nach zivilen Normen mit dem Quasi-Peak-Detektor durchgeführt. Typische Scanzeiten für die Emissions-

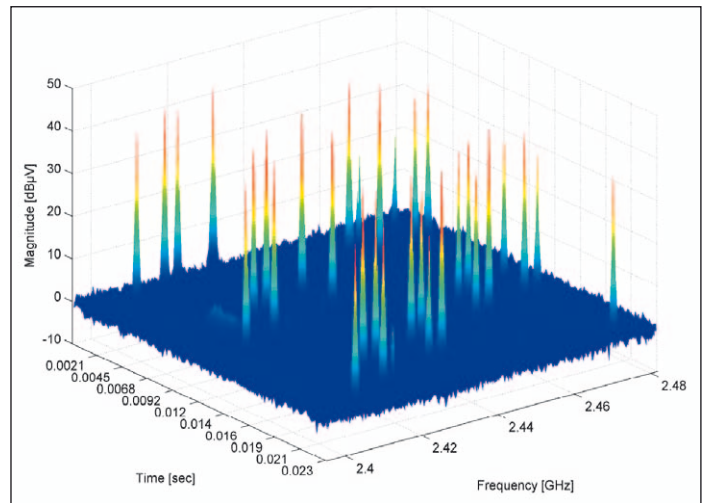


Bild 6: Messung eines Frequency-Hopping-Signals

messungen mit dem Quasi-Peak-Detektor unter Verwendung eines Superheterodynempfängers (klassisch) sind in Tabelle 3 exemplarisch dargestellt und mit dem TDEMI X mit Option 645M-UG (645 MHz Echtzeitbandbreite) verglichen. Tabelle 4 nennt die Scanzeiten für typische Messungen mit dem Peak- und Average-Detektor unter der Verwendung einer typischen Verweildauer von 100 ms.

Messungen nach CISPR 25

Messungen nach CISPR 25 erfordern eine Messung in vielen einzelnen Bändern, in denen Funkdienste, z.B. FM-Radio, nicht gestört werden dürfen. Zwischen diesen Bändern ist meistens kein Grenzwert defi-

niiert. Lediglich durch Gesamt- abstrahlungsmessung der CISPR 12 werden diese Bereiche spezifiziert. Daraus ergibt sich zusätzliche die Anforderung an eine hohe Dynamik des Messempfängers. Beim TDEMI X ist es direkt möglich, diese Grenzwertlinien zu spezifizieren, den gesamten Bereich zu messen und einen Report zu erhalten. Ein Beispiel bringt Bild 7.

Das TDEMI X mit 645 MHz Echtzeitbandbreite besitzt eine sehr hohe Dynamik. Diese Dynamik ist außerdem auch von Vorteil, wenn z.B. leitungsgeführte Messungen bis 110 bzw. 200 MHz erfolgen müssen. Gerade im Automobilbereich existieren starke gepulste Störer, welche besonders hohe Anforderungen an die Dynamik des Messemp-

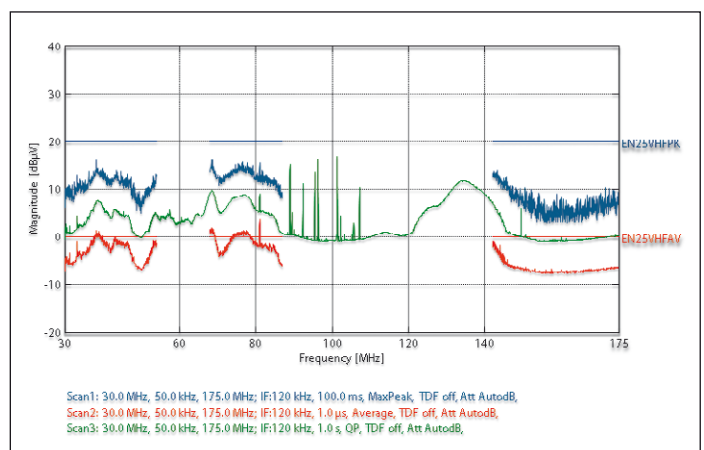


Bild 7: Typische Emissionsmessung nach Automotive Standard mit Grenzwerten in einzelnen Segmenten

Frequenzbereich	Band	Scanzeit klassisch ca.	Scanzeit TDEMI X ca.
9...150 kHz	A	24 min	1 s
150 kHz - 30 MHz	B	1:40 h	1 s
30...300 MHz	C	1:30 h	1 s
30 MHz - 1 GHz	C/D	5:25 h	3 s

Tabelle 3: Typische Scanzeiten eines Superhetempfängers im Vergleich zu TDEMI X mit Quasi-Peak und CISPR-AVG parallel

Frequenzbereich	Band	Scanzeit klassisch ca.	Scanzeit TDEMI X ca.
9...150 kHz	A	3 min	100 ms
150 kHz - 30 MHz	B	10 min	100 ms
30...300 MHz	C	10 min	100 ms
30...645 MHz	C/D	20 min	100 ms
30 MHz - 1 GHz	C/D	35 min	250 ms

Tabelle 4: Typische Scanzeiten eines Superhetempfängers im Vergleich zu TDEMI X mit Spitzenwert und Mittelwertdetektor

fängers stellen. Beispielhaft ist in Bild 8 die Messung eines Pulses mit niedriger Pulswidthrate dargestellt. Der breitbandige Impuls verlangt von einem Messgerät einen Aussteuerungsbereich, der weit über 100 dB Dynamik liegt. Der Puls, welcher hier mit einer Maximalanzeige von 60 dB μ V gewichtet angezeigt wird, hat mehrere Volt Spitze und würde vergleichsweise ein System aus Mischer und Vorverstärker benötigen, dessen 1-dB-Kompressionspunkt bei ca. 26 dBm liegen würde. Hier kommen die Vorteile einer solch potenten Basisbandtechnologie und der hohen Dynamik des TDEMI X voll zum

Tragen. Der Rechteckimpuls, welcher im Frequenzbereich ein SI-Spektrum ergibt, wird verzerrungsfrei wiedergegeben, wie in Bild 8 zu sehen. Es sind keinerlei Verzerrungen der einzelnen Spitzen nach unten zu erkennen. Die beiden Kurven verlaufen absolut parallel.

Messungen nach CISPR 12

Messungen nach CISPR 12 werden schließlich am Gesamtfahrzeug durchgeführt. Dabei liegen die Grenzwerte zwar höher, allerdings muss auch hier die Emissionsmessung des Fahrzeugs aus mehreren Richtungen

und in mehreren Betriebszuständen erfolgen. Durch den Einsatz einer hohen Echtzeitbandbreite können derartige Messungen nun signifikant beschleunigt und vereinfacht werden. Die Messungen sind sowohl im Empfängermodus als auch im Echtzeit-Spektrogrammmodus möglich.

In Bild 9 ist die Emissionsmessung eines Elektroautos in der Vorbeifahrt dargestellt. Es sind deutlich unterschiedliche Betriebszustände während der Vorbeifahrt zu erkennen.

Zusammenfassung

Messgeräte mit sehr hoher Genauigkeit bei gleichzeitig hoher Geschwindigkeit und Echtzeitbandbreite sind erforderlich, um den heutigen Anforderungen Rechnung zu tragen. Dabei müssen Messempfänger Pulse von mehreren hundert Volt verarbeiten können, um die Anforderungen der CISPR-16-1-1-Norm einzuhalten. Besonders Empfänger, welche auf einer Spektrumanalyzer-Hardware aufbauen, kommen hierbei schnell an die Grenzen. Für Automotive-Messungen müssen Pulse mit hoher Linearität erfasst und korrekt zur Anzeige gebracht werden. Darüber hinaus benötigt man gleichzeitig für Funkmessungen eine hohe Unterdrückung von Nebenempfangsstellen und

Oberwellen. Idealerweise sollte der Messempfänger zudem auch noch einen sehr niedrigen Rauschboden aufweisen, um z.B. in Kommunikationsbändern auch Störungen unterhalb von 0 dB μ V akkurat zu erfassen.

Ein TDEMI-X-Messempfänger mit den Optionen 645 MHz Echtzeitbandbreite und PRLNA-UG kann all diese Anforderungen sehr gut einhalten und ist damit als universelles Messgerät für diese Aufgaben bestens geeignet.

Zur Durchführung der Emissionsmessung nach CISPR 12 und 25 lässt sich im Bereich bis 1 GHz die Emissionsmessung durch die Verwendung der Echtzeitbandbreite von 645 MHz somit erheblich beschleunigen und vereinfachen. Oberhalb 1 GHz ist die Verwendung des Multi-GHz-Echtzeit-Scanning eine Möglichkeit, um zuverlässig und schnell die Abstrahlcharakteristik an allen Frequenzpunkten zu erfassen. Die Darstellung der Messdaten kann als 3D-Richtdiagramm erfolgen oder auch als klassischer 2D-Plot an einzelnen Frequenzpunkten. Auch eine tabellarische Auswertung der Maxima erfolgt dann mittels Software.

Die Automatisierung der Emissionsmessung erfolgt durch die Messsoftware EMI64k, welche z.B. die Fernsteuerung von Drehfisch und Antennenmast und die Dokumentation der Messergebnisse ermöglicht. Auch können Messergebnisse gegeneinander verglichen werden. Der TDEMI X ist ein universell einsetzbares und höchst wirtschaftliches Messgerät, welches sowohl die Messung nach CISPR, MIL und VG erheblich beschleunigen kann, aber auch gerade beim Thema Funkmessung deutliche Vorteile gegenüber der klassischen Messtechnik bietet.

Quellen

[1] S. Braun, A. Frech: 645 MHz Echtzeitbandbreite für Full-Compliance-Messungen mit dem TDEMI X, hf-praxis 3/2016, Seite 44-47, Link zum Artikel: www.beam-verlag.de/

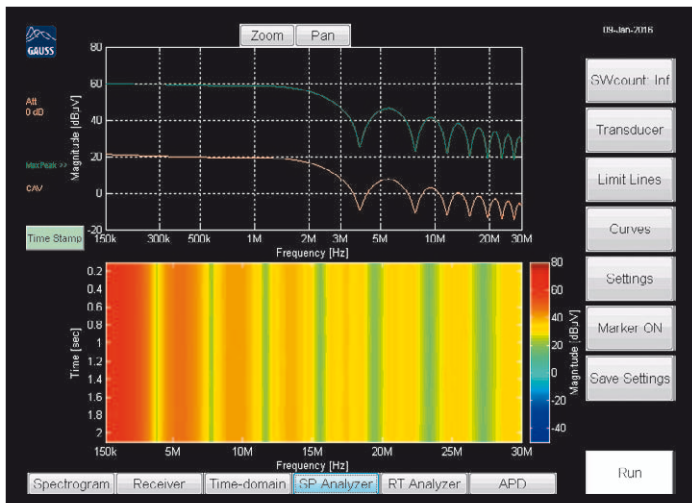


Bild 8: Breitbandimpuls und hohe Linearität (150 kHz - 30 MHz)

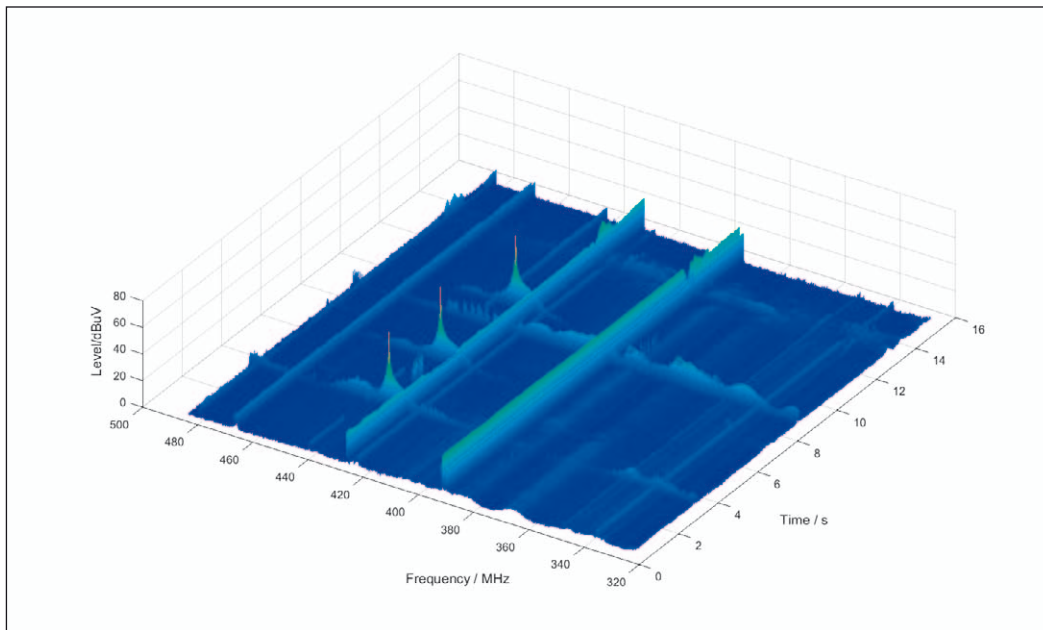


Bild 9: Beispiel für die Vorbeifahrtsmessung eines Elektroautos mit unterschiedlichen Betriebszuständen [5]

app/download/24071892/HF-Praxis+3-2016+III.pdf

[2] CISPR16-1-1 Ed 3.1, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring

apparatus. International Electrotechnical Commission, 2010.

[3] S. Braun, M. Aidam, P. Russer: Development of a multiresolution time domain EMI measurement system that fulfills CISPR 16-1-1, International Symposium on Electromagnetic

Compatibility, 8-12 Aug. 2005, Chicago

[4] S. Braun, A. Frech: Anforderungen der CISPR 16-1-1 an Messempfänger, Spektrumanalysatoren und FFT-basierende Messinstrumente, EMC Europe Guide 2013, Inter-

ference Technology – The International Journal of Electromagnetic Compatibility, Dec. 2012, pages 66-73

[5] S. Braun, A. Frech: Anwendung der EMV-Zeitbereichsmesstechnik für Schienenfahrzeuge und E-Mobility, emv 2016 – Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit, Düsseldorf, Germany, 23. bis 25. 2. 2016, ausgezeichnet mit dem Best Paper Award 2016

[6] ETSI EN 300 328 V2.1.1, Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU, European Telecommunications Standards Institute 2016

[7] S. Braun, A. Frech: Höchste Prüfqualität von EMV-Messungen durch Normgerechte Messung an allen Frequenzen, SMT emv-esd, Fachzeitschrift für Advanced Packaging & Elektronikfertigung, 11/2016, Seite 44-48 ◀

Fachbücher für die Praxis



Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

Joachim Müller,
21 x 28 cm, 142 Seiten, zahlr. Abb. und Tabellen
ISBN 978-3-88976-159-0,
beam-Verlag 2011, 32,- €
Art.-Nr.: 118100

In den letzten Jahren ist es der Industrie gelungen, hochwertige vektorielle Netzwerkanalysatoren vom schwergewichtigen Gehäuse bis auf Handheldgröße zu verkleinern. Doch dem nicht genug: Durch ausgefeilte Software wurden einfache Bedienkonzepte bei steigender Funktionalität erreicht. Auch für den Funkamateurler wird neuerdings die

Welt der Netzwerkanalyse durch Selbstbauprojekte, deren Umfang und Funktionalität den Profigeräten sehr nahe kommen, erschlossen. Damit sind die Voraussetzungen für die Anwendung der vektoriellen Netzwerkanalyse im Feldeinsatz aus Sicht der verfügbaren Gerätetechnik geschaffen.

Fehlte noch die geräteneutrale Anleitung zum erfolgreichen Einstieg in die tägliche Praxis.

Das in Hard- und Software vom Entwickler mit viel Engagement optimal durchkonstruierte Gerät büßt alle seinen hervorragenden Eigenschaften ein, wenn sich beim Messaufbau grundlegende Fehlerquellen einschleichen.

Dieses Buch beschäftigt sich mit den Grundlagen des Messaufbaus, unabhängig vom eingesetzten Gerät, um den Praxiseinstieg zu meistern.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter www.beam-verlag.de oder bestellen Sie über info@beam-verlag.de