

## EMV

# Neue Perspektiven in der Störfestigkeitsuntersuchung

Die Bewertung der Stöempfindlichkeit ist schwierig, da sie vom Betriebszustand des Gerätes abhängig ist. So treten die verschiedensten Effekte auf: Trotz sehr hoher Prüfpegel gibt es keine Funktions-Störungen obwohl bei einer etwas anderen Puls-Wiederholrate hingegen ein sehr geringer Pegel ausreicht, um das System zu stören. Diese Effekte sind schwer zu fassen und führen zu einer geringen Reproduzierbarkeit der Prüfungen. Es wird gezeigt, dass Echtzeit-Spektumanalysatoren hier ganz neue Möglichkeiten der Störfestigkeitsbewertung bieten.



Bei der Störfestigkeitsmessung nach DIN EN 61000 4 4 wird die Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen untersucht. Dabei werden Pakete mit Pulsen im ns-Bereich kapazitiv auf Leitungen des zu testenden Gerätes (EUT) eingekoppelt. Es handelt sich um eine im Frequenzbereich relativ breitbandige Störgröße. Als veränderliche Parameter stehen neben der Pulsform (Anstiegs- und Rückenzeiten) auch die Amplitude und Puls-Wiederholrate zur Verfügung.

Der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder wird in der DIN EN 61000 4 3 geprüft. Dabei wird der Prüfling typischerweise in einer Absorberkammer einem schmalbandigen elektromagnetischen Feld ausgesetzt. Veränderlich sind neben der Amplitude, die Frequenz und die Modulationsart. Dabei wird zwischen vier verschiedenen Reaktionen des EUTs unterschieden:

- ▶ bestimmungsgemäßes Betriebsverhalten,
- ▶ zeitlich begrenzter Ausfall oder Minderung der Funktion,

- ▶ zeitlich begrenzter Ausfall oder Minderung der Funktion, für deren Behebung ein Eingriff erforderlich ist,
- ▶ Ausfall oder nicht reversible Funktionsminderung.

Für den Entwickler wird es problematisch, wenn das Gerät die erforderlichen Prüfschärfegrade nicht einhält oder ungewollte Reaktionen zeigt. Dann ist zu analysieren, weshalb die Störgröße zu einer Beeinflussung führt und wie diese Störung ggf. vermieden werden kann. Im Idealfall sollten bereits in der Designphase des Gerätes Wechselwirkungen zwischen derartigen Störungen und Nutzsignalen bestimmt und entsprechend verhindert werden. Dazu braucht der Entwickler aber Messgeräte, mit denen er die beschriebenen Signale reproduzierbar erfassen und analysieren kann.

### Beispiel: Powerline Communication

Die bei der Störfestigkeitsuntersuchung beschriebenen Effekte können beispielhaft an der Powerline Communication (PLC) dargestellt werden. Zur hochratigen Datenübertragung auf dem Niederspannungsnetz wird von dem Modem ein Differenzsignal zwischen Phase und Neutraleiter eingespeist. Als Modulationsverfahren wird dazu OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) verwendet. Für den Inhouse-Bereich, der die Datenübertragung innerhalb des Hauses beschreibt, hat unter dem Homeplug-Standard eine gewisse Standardisierung der Modemeigenschaften

stattgefunden. Im Frequenzbereich zwischen 4,3 und 20,9 MHz werden 84 Träger mit einer spektralen Leistungsdichte von –50 dBm/Hz verwendet. In einzelnen Frequenzbereichen werden die Träger mit –80 dBm/Hz genotched. Dort befinden sich die Amateurfunkfrequenzbänder mit teilweise primärer Zuordnung im Frequenznutzungsplan.

Das Bild 1 zeigt das mit der DPX-Funktion des Echtzeit Spektrum Analysators (RSA) der Firma Tektronix aufgezeichnete Signal des PLC-Modems auf der Netzleitung. Der vom Modem genutzte Frequenzbereich sowie die verwendeten Träger sind im Frequenzbereich von 2,5 bis 22,5 MHz sehr deutlich zu erkennen. Eine vergleichbare Darstellung des genutzten Frequenzbereiches liefert auch ein herkömmlicher gesweepter Messempfänger oder Spektrumanalysator. Diese beiden Geräte haben aber bedingt durch die in der Norm festgesetzte Zwischenfrequenz-Bandbreite und den gesweepten Betriebsmode nur

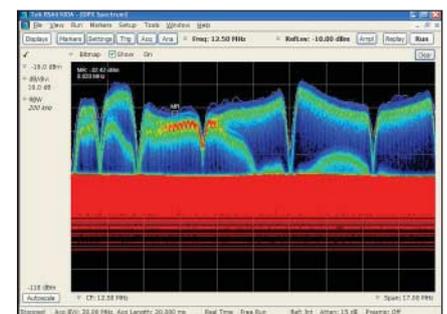


Bild 1: Signaldarstellung eines PLC Signals im DPX Mode

### AUTOR



Dipl.-Ing. Sven Battermann ist leitender wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Grundlagen der Elektronik und Messtechnik der Leibniz Universität in Hannover



**all-electronics.de**  
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf [all-electronics.de](http://all-electronics.de)!

**Hier klicken & informieren!**



eine begrenzte zeitliche Auflösung der Darstellung. Die ständige Umtastung zwischen den Trägern sowie die Abschaltung der Träger sind im Frequenzbereich allein nicht erkennbar. Hier zeigt sich der große Vorteil des RSA. Die Häufigkeit und Amplitude der auftretenden Signale und damit die zeitliche Dynamik werden durch die Einfärbung visualisiert. Die blauen Bereiche werden seltener erreicht als die gelben bzw. roten Bereiche. Sehr gut erkennbar ist auch die Hüllkurve der Peak-Werte. Mit dem DPX-Mode kann man sich in der Praxis einen ersten Überblick über das benutzte Spektrum verschaffen. Mit dem Frequency Mask Trigger kann dann eine frequenzselektive Triggerung erfolgen, um im weiteren Schritt die Analyse des Signals durchführen zu können. Die sehr variable gestaltete Triggerfunktion ermöglicht auch die Triggerung auf transiente Signale, die sehr selten auftreten aber ggf. die Ursache für Probleme sein können. Mit dem Trigger event Output (TTL-Signal) kann zusätzlich auch ein externes Anzeigegerät auf eine spezielle Störung der Datenübertragung angesteuert werden.

### Signal im Spektrogramm

Neben der Darstellung des Signals im Zeit- oder Frequenzbereich besitzen die RSA-Geräte zusätzlich eine Darstellung des Signals im Spektrogramm (Bild 2, unten). Dabei handelt es sich um eine Zeit-Frequenzbereichsdarstellung. Auf der Abszisse ist analog zum im Bild 2 oben dargestellten Spektrum die Frequenz und auf der Ordinate der zeitliche Verlauf aufgetragen. Die Größe der Signalamplitude wird durch die Einfärbung visualisiert. Im Spektrogramm ist deutlich die PLC-Kommunikation in einzelnen Paketen zu erkennen, also auch die im Frequenzbereich allein nicht erkennbare Abschaltung der Träger. Es kann folglich mehr Informations-

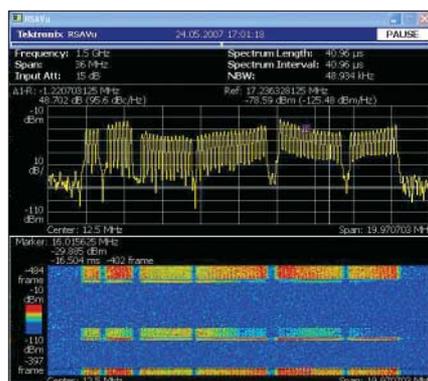


Bild 2: Darstellung des PLC-Signals im Frequenzbereich (oben) und als Spektrogramm (unten)



Bild 3: Darstellung des gestörten PLC-Signals im Frequenzbereich (oben) und als Spektrogramm (unten)

gehalt aus dem Signal extrahiert und vor allem dargestellt werden.

Ermöglicht wird dies durch lückenlose Aufzeichnung der Spektren über der Zeit. Die Aufzeichnung der Signale kann mit einer Bandbreite von bis zu über 100 MHz auch über einen längeren Zeitraum erfolgen. Die Analyse der generierten IQ-Datensätze kann dann offline erfolgen – beispielsweise mit der von Tektronix kostenlos zur Verfügung gestellten RSAVu Software. Bezogen auf die Störfestigkeitsmessung der Datenkommunikation zwischen zwei PLC-Modems ergeben sich damit ganz neue Analyseverfahren der Störwirkung. Bei der Störfestigkeitsuntersuchung nach DIN EN 61000 4 4 mit der Einspeisung von Burst-Impulsen auf die Netzleitung über die ka-

pazitive Koppelzange wurde festgestellt, dass die Störung der Datenkommunikation nur sehr unreproduzierbar möglich ist und gleichzeitig von der Pulswiederholrate abhängig ist. Die Bestimmung der Ursache war bei der Messung im Frequenzbereich aber nicht möglich.

Die Darstellung im Spektrogramm in Bild 3 zeigt hingegen die Wirkmechanismen deutlich auf. Die einzelnen eingespeisten Burst-Pulse sind als breitbandige Balken zu erkennen. Eine Störung der Kommunikation erfolgt nur, falls die Burst-Pulse im Daten- oder Synchronisations-Paket auftreten. Damit ist direkt die zeitliche Korrelation erkennbar, die zur Störung führt. Eine maximale Störeinwirkung ist immer dann zu erwarten, wenn die Pulswiederholrate sowie die Phasenlage mit dem Auftreten der Pakete übereinstimmen. Mit dieser Darstellung kann direkt der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Parametern hergestellt werden. Damit kann die Reproduzierbarkeit des Störfestigkeitstest erhöht werden und der Entwickler erhält direkte Lösungsansätze zur Vermeidung der Probleme, die dem Ergebnis des Störfestigkeitstests allein nicht zu entnehmen gewesen wären.

Die Ergebnisse lassen sich auf viele andere Bereiche übertragen. Im Kfz-Segment werden viele Tests mit gepulsten Signalen durchgeführt. Auch bei gestrahlten Störfestigkeitstest nach DIN EN 61000 4 3 hat die Modulation einen Einfluss auf das Störvermögen. In Verbindung mit einem Messgerät, wie dem RSA der Firma Tektronix, kann der Entwickler einen tieferen Systemeinblick und damit ein besseres Feedback erhalten, als es bisher der Fall war. (jj)


**infoDIRECT** 551e10707  
[www.elektronik-industrie.de](http://www.elektronik-industrie.de)  
 [Link zu Tektronix](#)