

Precompliance-EMI-Tests

Konformitätsprüfungen auf Anhieb bestehen



Der R&S ESRP EMI Test Receiver und der R&S FSV3030 Signal- und Spektrumanalysator (bis 30 GHz) sind typische Messgeräte für Precompliance-Tests

Die meisten elektrischen und elektronischen Geräte müssen von unabhängigen Prüflaboren getestet werden, um sicherzustellen, dass sie die relevanten Normen für leitungsgebundene und gestrahlte Störaussendungen erfüllen.

Die Durchfallquote bei Konformitätstests ist oft hoch, sodass kostspielige und zeitaufwändige Überarbeitungen erforderlich werden. Precompliance-EMI-Tests im Rahmen des Entwicklungsprozesses geben Herstellern die Möglichkeit, Probleme bereits in einer frühen Phase des Produktzyklus zu identifizieren. Dies erleichtert die Anpassung des Designs und der elektromagnetischen Eigenschaften eines Produkts und schafft beste

Voraussetzungen, um Konformitätsprüfungen gleich auf Anhieb zu bestehen.

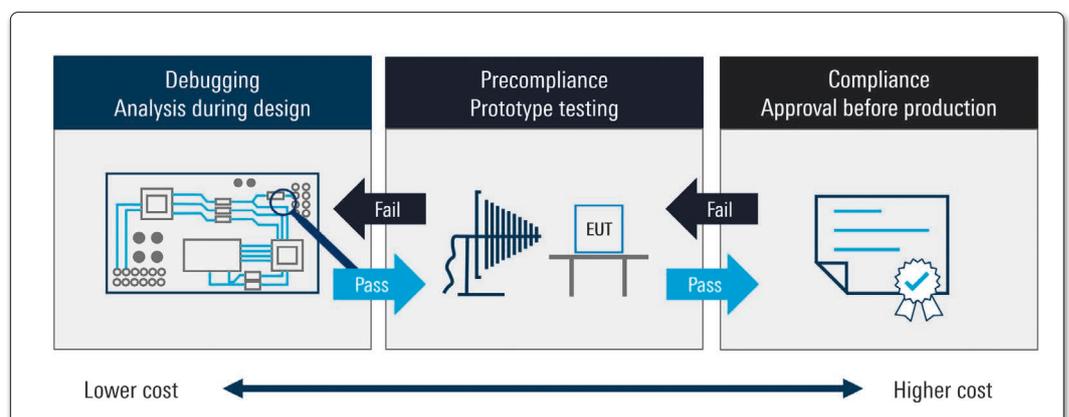
Hintergrund

Geräte müssen getestet werden, um nachzuweisen, dass sie verschiedenen Normen, wie z. B. CISPR oder MIL-STD, entsprechen. Diese Normen werden von den zuständigen Regulierungsbehörden, z.B. den entsprechenden EU-Behörden (in Europa) oder der FCC (in den USA), festgelegt. Die erforderlichen Konformitätstests müssen bestanden werden, bevor ein Gerät auf den Markt gebracht werden kann.

Konformitätstests werden meist von zertifizierten unabhängigen Prüflaboren oder Testhäusern

durchgeführt. Diese verfügen über spezialisierte Ausrüstung, besondere Einrichtungen wie z. B. Schirmkammern sowie geschultes Prüfpersonal. Eine Konformitätsprüfung ist somit teuer – die Prüfgebühren betragen tausende oder sogar zehntausende von US-Dollar pro Anlauf.

Nichtbestandene Konformitätsprüfungen sind aber leider keine Seltenheit. Je nach Art der Prüfung und den beteiligten Normen kann die Durchfallquote zwischen 70 und 90% liegen. Wenn nur einer der Tests nicht bestanden wird, gilt die gesamte Prüfung als fehlgeschlagen, und der Gerätehersteller muss einen neuen Termin ansetzen. Etwaige erforderliche Produktüberarbeitungen oder Nachbesserungen



Autor:
Paul Denisowski
Rohde & Schwarz
GmbH & Co. KG
www.rohde-schwarz.com

Bild 1: EMV-Prüfverfahren

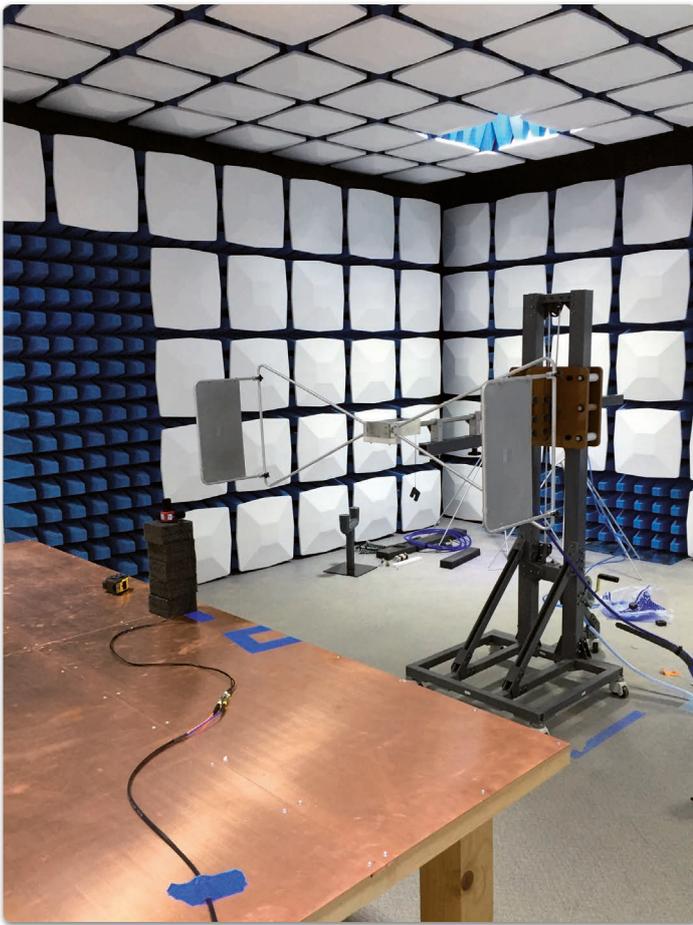


Bild 2: Bei gestrahlten Precompliance-Tests muss für die Bestimmung angemessener Grenzwerte der Abstand zwischen Prüfling und Antenne berücksichtigt werden

müssen vor der erneuten Prüfung vorgenommen werden, was zusätzliche Zeit und natürlich Geld kostet.

EMV-Tests als Teil des Entwicklungsprozesses

Formelle Konformitätsprüfungen liefern lediglich Ergebnisse in Form von „Bestanden“ oder „Nicht bestanden“ (Pass/Fail) und ermöglichen kaum Rückschlüsse auf die Ursachen des Scheiterns. Precompliance-Tests hingegen können jederzeit unterbrochen werden, sodass die Gründe für auftretende Probleme gründlich analysiert, getestet und behoben werden können.

Bild 1 veranschaulicht das EMV-Prüfverfahren. Die EMV-Fehlersuche und -Analyse sollten direkt in den Entwicklungsprozess integriert werden. Falls die ersten Messungen keine gravierenden

Probleme aufdecken, gelangt der Prüfling in die Precompliance-Testphase. Die Precompliance-Tests sollten den entsprechenden Konformitätstests möglichst nahe kommen. Scheitert der Prüfling bei einem dieser Precompliance-Tests, kehrt er zur Design- und Fehlerbehebungsphase zurück, um entsprechend angepasst zu werden. Nach erfolgreich absolvierten Precompliance-Tests erfolgt die vollumfängliche Konformitätsprüfung in einem Prüflabor oder einem Testhaus. Eine erfolgreiche Konformitätsprüfung führt zur offiziellen Zertifizierung, nach der das Gerät in Verkehr gebracht werden darf.

Testort und Testumgebung

Formelle Konformitätsprüfungen erfordern spezielle Testumgebungen und Testaufbauten. Bei leitungsgebundenen

Tests sind die Umgebungsanforderungen recht schlicht: Zusätzlich zu den Testgeräten und dem benötigten Zubehör sind lediglich eine einfache Erdungsfläche und ein nicht leitender Tisch erforderlich. Aus diesem Grund sind leitungsgebundene Precompliance-Tests den vollumfänglichen Konformitätstests sehr ähnlich.

Hingegen wird für gestrahlte Konformitätstests in der Regel eine Schirmkammer oder ein geeignetes Freiluftprüfgelände benötigt. Aufgrund des Umfangs, der Kosten und der komplexen Anforderungen einer solchen Testumgebung können bei den meisten gestrahlten Precompliance-Tests nicht die exakten Bedingungen einer Konformitätsprüfung reproduziert werden.

Daher werden bei gestrahlten Precompliance-Tests oft Modifikationen vorgenommen – etwa werden den Messergebnissen Toleranzen hinzugefügt. Eine kleinere Messkammer führt beispielsweise zu höheren Emissionen als bei der endgültigen Konformitätsprüfung, da der Abstand zwischen Antenne und Prüfling geringer ist. In diesem Fall müssen die Emissionsgrenzwerte angehoben werden, um den stärkeren Signalen Rechnung zu tragen. Ein typischer Precompliance-Abstand von 3 m (wie in Bild 2 gezeigt) anstatt eines typischen Abstands bei der Konformitätsprüfung von 10 m könnte eine Anhebung der Emissionsgrenzwerte um etwa 10 dB erfordern.

Prüfmittel: Funkstörmessempfänger und Spektrumanalysatoren

Für Precompliance-Tests kommen hauptsächlich zwei Arten von Messgeräten zum Einsatz. Spektrumanalysatoren und Funkstörmessempfänger dienen überwiegend der Prüfung von Emissionsgrenzwerten, während Oszilloskope in erster Linie für die Fehlersuche und -behebung eingesetzt werden.

Funkstörmessempfänger und Spektrumanalysatoren

(Aufmacherbild) sind Frequenzbereichsgeräte. Sie erfassen und zeigen die Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz an. Die Analyse im Frequenzbereich ist für EMI-Tests von entscheidender Bedeutung, da leitungsgebundene oder gestrahlte Leistungspegel in einem von einer Norm festgelegten Frequenzbereich gemessen werden. Spektrumanalysatoren und Funkstörmessempfänger arbeiten mit automatisierten Verfahren, bei denen der relevante Frequenzbereich schrittweise durchlaufen oder gescannt wird. Diese Funktionalität ist entweder in das Gerät integriert oder wird über Software realisiert.

Grenzwertlinien

Der Test gilt als „bestanden“, wenn sämtliche gemessenen Werte unterhalb einer definierten Grenzlinie für die Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz bleiben. Diese maximal zulässigen Leistungswerte können entweder direkt am Messgerät eingestellt oder in das Gerät geladen werden.

Detektortypen

Die Detektoren bestimmen, wie die Messungen während eines Intervalls zu einem einzigen Messpunkt zusammengefasst werden. Bild 3 zeigt die Messung eines gepulsten Signals. Die Ergebnisse wurden für jedes Signalintervall mit verschiedenen Detektortypen berechnet. Der Durchschnittsdetektor liefert einfach den Durchschnittswert über jedes Intervall. Der Spitzenwertdetektor ermittelt den Maximalwert in jedem Intervall. Quasi-Spitzenwertdetektoren wurden ursprünglich entwickelt, um das subjektive Störungsempfinden eines Hörers bei impulsartigen Störungen eines AM-Radiosenders besser abzubilden. Heutzutage werden Quasi-Spitzen- oder CISPR-Detektoren generell verwendet, um die Störung eines Signals durch eine Art Lade- und Entladeverhalten zu messen. Die Wirkung verschiedener Detektortypen ist in Bild 3 dargestellt.

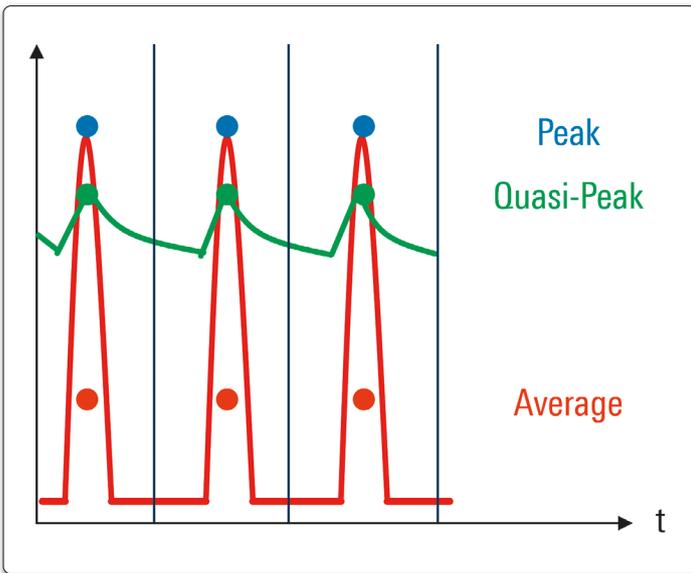


Bild 3: Gängige Detektortypen

Messungen mit einem Spitzenwertdetektor sind erheblich schneller als mit einem Quasi-Spitzenwertdetektor, in der Regel um mindestens mehrere Größenordnungen. Zudem liegen die Ergebnisse des Spitzenwertdetektors stets über denen des Quasi-Spitzenwertdetektors. Wenn ein Prüfling den Precompliance-Test mit dem schnelleren Spitzenwertdetektor besteht, wird er auch die langsameren Tests mit dem Quasi-Spitzenwertdetektor bestehen. Deshalb ist der Spitzenwertdetektor in der Precompliance-Testphase häufiger anzutreffen, während für Konformitätsmessungen oft ein Quasi-Spitzenwertdetektor verwendet wird.

Spektrogramme

Darüber hinaus werden bei EMI-Precompliance-Tests oftmals Spektrogramme genutzt. Ein Spektrogramm stellt die Leistung in Abhängigkeit von Frequenz und Zeit dar. Um diese drei Größen in nur zwei Dimensionen darzustellen, wird die Signalleistung oder -intensität auf das sichtbare Farbspektrum abgebildet: Rot steht für die maximale Leistung und Lila oder Violett für die minimale Leistung. Die neuesten Messungen erscheinen in der obersten Zeile der Anzeige und „fließen“ dann nach unten.

Spektrogramme sind nützlich, weil sie veranschaulichen, wie sich Signale im Laufe der Zeit und über einen Frequenzbereich hinweg ändern. Dies ermöglicht eine einfache Identifizierung von zeitvariablem Signalverhalten wie Driften oder Frequenzsprüngen. Spektrogramme ermöglichen auch das Erkennen kleiner Signale in Anwesenheit größerer Signale. Die meisten Spektrumanalysatoren und Funkstörmessempfänger bieten Spektrogramme als Standardfunktion. Auch bei Oszilloskopen sind sie üblich, wenn Frequenzbereichsinformationen im sogenannten FFT-Modus angezeigt werden.

Vorselektion

Bei EMI-Tests sind die Eingangssignale weder bekannt noch kontrollierbar. Deshalb kann es passieren, dass Signale außerhalb des Messbereichs oder der Messkala („off-screen“) den ersten Mischer des Testgeräts überlasten, was zu Kompression oder Verzerrung führt und in ungültigen oder irreführenden Messergebnissen resultiert.

Die Vorselektion schützt den ersten Mischer. Sie wird als schaltbare Filterbank implementiert, die es einem Funkstörmessempfänger ermöglicht, lediglich die relevanten

Frequenzen auszuwählen. Der entsprechende Filter wird vom Empfänger automatisch anhand der konfigurierten Eingangsfrequenz gewählt. Viele EMI-Normen fordern ein „Messgerät“ mit Vorselektion, weshalb die Konformitätsprüfung mit Funkstörmessempfängern und nicht Spektrumanalysatoren durchgeführt wird. Einige Spektrumanalysatoren bieten zwar ebenfalls eine Vorselektionsfunktion. Diese basiert jedoch üblicherweise auf einer Hochpassfilterung mit YIG-Technologie und nicht auf einer schaltbaren Filterbank.

Zeitbereichs-Scan

Das klassische Messverfahren von Funkstörmessempfängern ist der schrittweise Frequenz-Scan mit kleiner Auflösungsbreite. Diese Methode ist zwar sehr genau, aber auch langsam – insbesondere bei Anwendungen mit breiten Spektralbereichen wie Messungen von gestrahlten Störaussendungen.

Moderne Funkstörmessempfänger unterstützen Zeitbereichs-Scans, indem sie den Messbereich in große Spektralblöcke unterteilen. Das Gerät digitalisiert und verarbeitet jeden Block mittels FFT. Der Zeitbereichs-Scan bietet eine erhebliche Geschwindigkeitssteigerung gegenüber dem schrittweisen

Scan, ohne Genauigkeitsverluste. Zeitbereichs-Scans sind für die meisten Konformitätsprüfungen zugelassen und können auch bei Precompliance-Tests viel Zeit sparen.

Testgeräte: Oszilloskope

Oszilloskope werden vorrangig für Zeitbereichsmessungen eingesetzt. Sie sind wertvolle Messwerkzeuge, um die Quellen nicht konformer Emissionen aufzuspüren, Fehler zu beheben oder zu beseitigen. Viele moderne Oszilloskope unterstützen auch Frequenzbereichsmessungen. Außerdem bieten sie in der Regel eine hohe Bandbreite. Mit Oszilloskopen können sowohl leitungsgebundene als auch gestrahlte Signale untersucht werden.

Ein potenzieller Nachteil bei der Verwendung von Oszilloskopen für Precompliance-Tests besteht darin, dass sie normalerweise keine native Unterstützung für Grenzwertlinien bieten, obwohl Grenzwertlinien und andere EMI-bezogene Funktionen per externer Software implementiert werden können.

Schnelle Fourier-Transformation (FFT)

Einige Oszilloskope können zur Darstellung und Analyse von Frequenzbereichsdaten eingesetzt werden, indem an

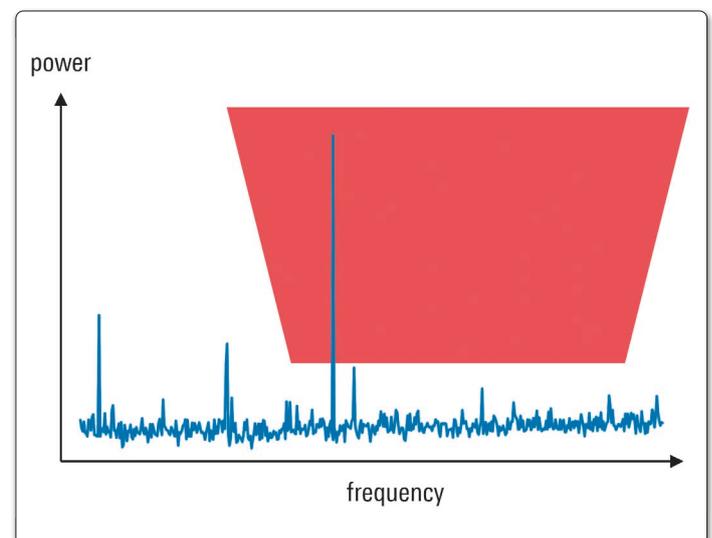


Bild 4: Ein Frequenzmaskentrigger kann dazu beitragen, das zugrundeliegende Ereignis im Zeitbereich zu ermitteln

den erfassten Zeitbereichsdaten eine FFT durchgeführt wird. Das ist hilfreich für Precompliance-Tests, da Zeit- und Frequenzbereichsdaten gleichzeitig angezeigt werden. Der Benutzer kann Ereignisse aus beiden Bereichen miteinander korrelieren. Das ist besonders nützlich bei der Fehlersuche im Zusammenhang mit EMI-Problemen, insbesondere wenn die Oszilloskope mit einem Trigger für den Frequenzbereich ausgestattet sind. Dieser Trigger löst aus, wenn eine Frequenzmaske oder ein Bereich verletzt wird, wie in Bild 4 gezeigt. Sobald das Oszilloskop durch dieses Ereignis im Frequenzbereich getriggert wurde, kann das zugehörige Ereignis im Zeitbereich analysiert werden, um die Ursache dieser Verletzung zu ermitteln.

Die hohe Bandbreite und die Fähigkeit, Zeit- und Frequenzbereichsdaten miteinander in Beziehung zu setzen, machen Oszilloskope daher äußerst wertvoll für die Fehlersuche bei Problemen, die während Precompliance-Tests entdeckt werden. Funktionen wie Spektrogramme und Grenzwertlinien können von allen drei beschriebenen Gerätekategorien unterstützt werden. Funkstörmessempfänger bieten zusätzlich Vorselektion und Zeitbereichsscans. Sie eignen sich auch für vollumfängliche Konformitätsprüfungen, sodass ihre Verwendung bei Precompliance-Tests zu einer engeren Korrelation mit den Ergebnissen der Konformitätsprüfung führt.

Zubehör für Precompliance-Tests

Zusätzlich gibt es eine Reihe von verschiedenen Werkzeugen und Zubehör, die für Precompliance-Messungen notwendig sind.

• Netznachbildung

Eine Netznachbildung (Line Impedance Stabilization Network, LISN) sorgt bei leitungsgebundenen Emissionsprüfungen für zuverlässige Ergebnisse. Eine Hauptfunktion einer Netznachbildung besteht darin, eine stabile Impedanz auf der Netzseite des Netzkabels des

Prüflings bereitzustellen. Da die Impedanz von Steckdosen stark variieren kann, sorgt eine Netznachbildung für konsistente, wiederholbare Ergebnisse, unabhängig vom Ort der Messung. Zudem verhindert sie, dass HF-Signale, die im Stromnetz vorhanden sind, über das Netzkabel des Prüflings in das Gerät eindringen. Dadurch wird sichergestellt, dass alle gemessenen Emissionen vom Prüfling selbst stammen und nicht aus dem Stromnetz kommen.

• Antennen

Gestrahlte Konformitätstests werden immer im sogenannten Fernfeld durchgeführt, wobei die Antenne einige Meter vom Prüfling entfernt platziert wird. Aufgrund der breiten Frequenzbereiche, die von den meisten Normen für gestrahlte Tests gefordert werden – normalerweise 1 GHz oder mehr –, ist eine Breitbandantenne oder eine Kombination von Antennen erforderlich, um den gesamten Frequenzbereich effizient abzudecken. Einige gängige Beispiele sind logarithmisch-periodische und bikonische Antennen.

Die gleichen Antennentypen können sowohl bei Konformitäts- als auch bei Precompliance-Tests Verwendung finden. Zu beachten ist jedoch, dass bei Precompliance-Tests die Abstände zwischen Antenne und Prüfling oft kürzer sind, sodass die Grenzwertlinien für gestrahlte Emissionen angepasst werden müssen.

Diese Antennentypen eignen sich jedoch nicht für die Fehlersuche oder die Aufspürung der Ursache einer Störaussendung. Ihre Größe und Sperrigkeit lassen es nicht zu, präzise Informationen darüber zu gewinnen, welcher Teil oder welche Komponente des Prüflings nicht-konforme Emissionen erzeugt.

• Nahfeldsonden für die EMV-Fehlersuche

Nahfeldsonden bieten sich als geeignete Werkzeuge für Messungen in räumlicher Nähe zur Emissionsquelle an. In der Praxis liegt das Nahfeld bei der EMV-Fehlersuche im Bereich



Bild 5: Einige für Precompliance-Tests typischerweise eingesetzte Nahfeldsonden

von wenigen Zentimetern. Dank ihrer geringen Größe und der Möglichkeit, sie physisch nahe an der Quelle zu positionieren, zeichnen sich Nahfeldsonden durch eine hohe räumliche Auflösung aus. Benutzer können damit die Emissionsquelle genau lokalisieren, beispielsweise einen Pin eines Chips oder eine Signalleitung auf einer Leiterplatte. Allerdings unterstützen Nahfeldsonden lediglich relative Messungen und eignen sich somit für die Identifizierung von Emissionsquellen, jedoch nicht für die Messung genauer Leistungspegel zur Überprüfung von Grenzwerten.

• Software

Bei Precompliance-Tests wird häufig spezialisierte Software verwendet. Sie dient zur Erstellung von Skripten oder zur Automatisierung von Tests. Die Software kommuniziert mit mehreren Geräten und Zubehörteilen oder steuert diese über eine einzige Benutzeroberfläche. Außerdem lassen sich Antennenfaktoren, Kabelverluste usw. problemlos in die Messergebnisse einbeziehen. Die Software erfasst und zeigt die gemessenen Daten mit erweiterten Optionen an, etwa mit benutzerdefinierten

Grenzwertlinien. Dies ermöglicht eine höhere Geschwindigkeit und Wiederholgenauigkeit als bei manueller Bedienung, sodass selbst Benutzer ohne Erfahrung mit Precompliance-Tests schnelle und präzise Tests durchführen können.

Zusammenfassung

Precompliance-Tests sparen Zeit und Geld, da sie potenzielle Probleme bereits früh im Produktzyklus aufdecken. Der gezielte Einsatz von passenden Werkzeugen und Techniken verbessert die Chancen, die vollumfängliche Konformitätsprüfung auf Anhieb zu bestehen.

Wer schreibt

Paul Denisowski ist Applikationsingenieur bei Rohde & Schwarz, wo er sich auf Störungssuche, Funkpeilung und Tests von Mobilfunknetzen spezialisiert hat. Er verfügt über mehr als 20 Jahre Erfahrung in der Test- und Messtechnik. Paul hat einen Master-Abschluss in Elektrotechnik von der North Carolina State University und war Gastdozent am Tokyo Institute of Technology. ◀