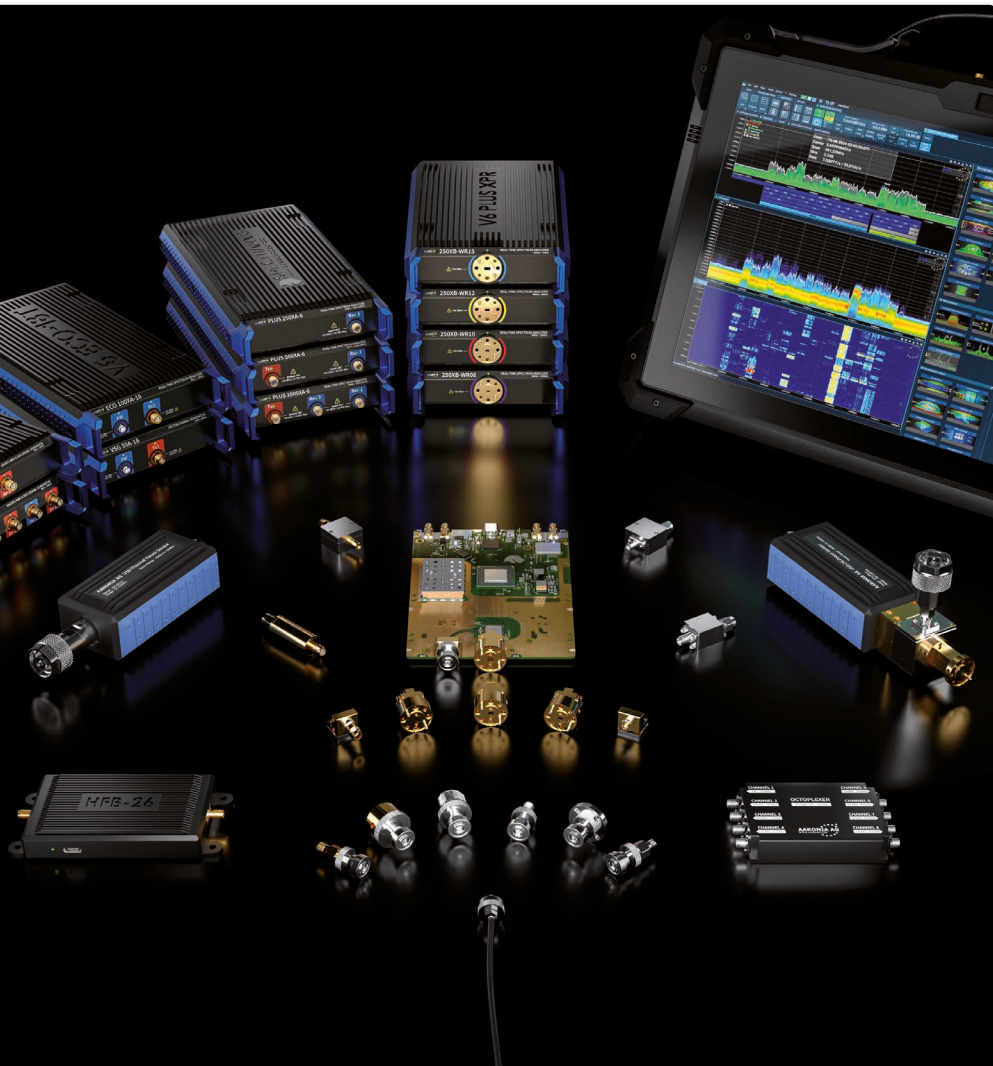


Präzision endet nicht am Messgerät

Auch das Zubehör entscheidet über die Aussagekraft von Hochfrequenzmessungen – je höher die Frequenzen, desto mehr.



Kabel, Adapter, Kupplungen & Co.

In der Hochfrequenz-Messtechnik entscheidet deshalb nicht nur das Messgerät über das Messergebnis. Kabel, Adapter, Kupplungen, Kalibrierstandards, Drehmomentschlüssel und Schutzkappen gehören gleichermaßen zur Messkette und beeinflussen das Ergebnis. Je höher die Frequenz, desto weniger Fehler verzeiht der Aufbau. Bei 30 GHz beträgt die freie Wellenlänge noch rund 10 mm, bei 60 GHz etwa 5 mm, bei 100 GHz nur noch 3 mm. Ein kaum sichtbarer Spalt, ein schief angesetzter Innenleiter oder eine verschmutzte Referenzfläche wird nicht nur zum mechanischen Schönheitsfehler, sondern zur Störstelle.

Im Umfeld von 5G, 5G-Advanced, 77-GHz-Radar, Satellitenkommunikation und 6G-Aufbauten kommt dem Messzubehör eine immer größere Bedeutung zu. 5G-FR2 beginnt oberhalb von 24 GHz und reicht je nach Band bis in den Bereich um 52 GHz. Automotive-Radar arbeitet typischerweise bei 76 bis 81 GHz. Forschungsaufbauten für 6G betrachten D-Band- und Sub-THz-Frequenzen, also Bereiche um 110 bis 170 GHz und darüber hinaus. Hier genügt es nicht, dass ein Zubehörteil „bis 40 GHz“ oder „bis 67 GHz“ auf dem Datenblatt stehen hat. Es muss im konkreten Aufbau wiederholbar funktionieren, nach dem Lösen und erneuten Verbinden möglichst dieselben Werte liefern und bei Bewegung des Kabels nicht zur dominierenden Fehlerquelle werden.

Steckverbinder als Fallstricke

Besonders kritisch sind die Steckverbinder. Ein SMA-Stecker ist im Labor allgegenwärtig, aber nicht automatisch die richtige Wahl für präzise Messungen im oberen Mikrowellenbereich. Präzisionsschnittstellen haben klarere Grenzen: 3,5-mm-Verbinder werden typischerweise bis 26,5 GHz eingesetzt, 2,92-mm-Verbinder bis 40 GHz, 2,4-mm-Verbinder bis 50 GHz, 1,85-mm-Verbinder bis 67 GHz und 1,0-mm-Verbinder bis etwa 110 GHz. Diese Werte sind keine Einladung, den Steckverbinder bis zur letzten Stelle auszuziehen. Entscheidend ist die mechanische Integrität. Der Übergang muss eine definierte 50-Ohm-Geometrie bilden. Ein Kratzer am Innenleiter, Abrieb an der Stirnfläche oder ein beschädigtes Dielektrikum reicht, um Reflexionen zu erzeugen, die in einer S11- oder S22-Messung als Eigenschaft des Prüflings erscheinen.

Der Fehler fällt oft erst beim zweiten Durchlauf auf. Der Echtzeit-Spektrumanalyzer ist kalibriert, der Prüfling unverändert, die Software zeigt dieselbe Messroutine. Trotzdem weicht die Rückflussdämpfung plötzlich zwei oder drei Dezibel ab, die Phase läuft sichtbar weg, die Einfügedämpfung hat eine kleine Welle, die vorher nicht da war. In solchen Momenten ist nicht automatisch der Prüfling instabil.

Häufig beschreibt die Messkurve vor allem das, was zwischen Testport und Bauteil passiert: ein leicht bewegtes Kabel, einen zusätzlichen Adapter, eine nicht sauber angezogene Kupplung oder einen Steckverbinder, dessen Kontaktfläche schon bessere Tage gesehen hat.

Aaronia AG
mail@aaronia.de
www.aaronia.com



Die neue Kollektion magnetischer Steckverbinder vereint zahlreiche Ausführungen

Magnetische HF-Steckverbinder

In der Messpraxis sind vor allem Steckverbinder einem enormen Verschleiß ausgesetzt und saubere sowie sichere Steckverbindungen sind eine der großen Herausforderungen, besonders im mobilen Feldeinsatz. Schmutz, verbogene Kontakte oder lockere Verbindungen sind häufige Fehlerquellen, welche die Messergebnisse negativ beeinflussen. Hinzu kommt, dass der Techniker gerade im Outdoor-Einsatz nicht immer sanft mit Steckern oder Adaptern umgeht.

Die neuen magnetischen Hochfrequenz-Steckverbinder von Aaronia ermöglichen eine werkzeuglose, schnelle Montage und machen Schluss mit beschädigten Gewinden durch zu feste Verschraubungen. Ohne Werkzeug, einfach durch Annähern beider Teile entsteht eine zuverlässige, elektrisch saubere, formschlüssige und dauerhaft stabile Steckverbindung. Starke Magnete sorgen für sicheren Halt und jederzeit perfekte Verbindungen. Optional lassen sich die Steckverbinder mit einem magnetischen Verpolungsschutz ausstatten. Derzeit sind die magnetischen HF-Steckverbinder für N, SMA, 2,92, 1,85 und 1 mm verfügbar.

Die neuen magnetischen Konnektoren vermeiden viele Fehler, die im Alltag vor allem beim Anziehen entstehen. Auch der Einsatz von Drehmomentschlüsseln kann solche Fehler nicht immer verhindern.

Zwar gibt es hier klare Vorgaben. Für SMA- und 3,5-mm-Verbindungen sind 0,9 Nm ein häufiger Richtwert. Für 2,92-, 2,4- und 1,85-mm-Präzisionsverbinder liegen die Vorgaben vieler Hersteller im Bereich um 0,8 Nm. Bei 1,0-mm-Verbindern sind die Anforderungen noch höher. Zu wenig Drehmoment führt zu unsicherem Kontakt, zu

viel Drehmoment verformt im schlimmsten Fall den Anschluss. Beides sieht man nicht immer sofort, aber man misst es: schlechtere Rückflusssämpfung, schlechtere Wiederholbarkeit, gelegentlich auch ein Sprung nach dem nächsten Umstecken. Die magnetischen HF-Steckverbinder von Aaronia lösen diese Probleme auf einfachste Weise.

Kabel sind nicht nur Verlängerungen

Auch Kabel verhalten sich bei hohen Frequenzen nicht wie passive Verlängerungen. Wer während einer Messung ein Millimeterwellenkabel anhebt, zur Seite legt oder enger um einen Aufbau führt, verändert den Messaufbau. Hochwertige phasenstabile

Messkabel werden teils mit Phasenänderungen von weniger als $\pm 5^\circ$ bei definierter Biege- oder Bewegungsvorschrift spezifiziert. Bei einfachen flexiblen Koaxialkabeln kann die Abweichung größer sein und vor allem schlechter reproduzierbar. Das fällt besonders bei Antennenmessungen, Beamforming-Tests, EVM-Messungen oder Mehrport-S-Parameter-Messungen auf. Dann sieht der Anwender nicht nur den Prüfling, sondern auch die Hand, die kurz zuvor das Kabel bewegt hat.

Der Mindestbiegeradius ist dabei keine Nebensache. Viele flexible HF-Messkabel liegen je nach Durchmesser und Aufbau bei etwa 25 bis 50 mm Mindestbiegeradius. Robuste, armierte oder besonders phasenstabile Millimeterwellenkabel verlangen häufig größere Radien, teils 75 mm, 100 mm oder mehr. Wird ein solches Kabel enger geführt, verändert sich zunächst die elektrische Länge. Bei wiederholter Überlastung leidet der Innenaufbau dauerhaft. Ein Kabel, das nach jeder Positionsänderung eine andere Phase liefert, ist für präzise Messungen oberhalb von 24 GHz unbrauchbar.

Praxisorientierte Adapter- und Kalibriersets

Um Messungen im Hochfrequenzbereich einfacher, schneller und sicherer zu machen, hat Aaronia spezielle Adapter- und Kalibriersets entwickelt. Oftmals ändern sich die Anforderungen an einen Messaufbau innerhalb kürzester Zeit. Dann muss es mit der Anpassung oder Umrüstung des Messaufbaus sehr schnell gehen. Die Sets beinhalten Präzisionsadapter sowie Zubehör für



Ein Adapter-Kabelset macht Messungen einfacher, schneller und sicherer



Der neue PULSAR stellt gleichzeitig drei extrem rauscharme, synchronisierte Signale mit 10 MHz, 100 MHz und 1 GHz bereit

mehrere gängige Koaxial- und Waveguide-Schnittstellen. Dies erlaubt nicht nur die kurzfristige Realisierung nahezu aller denkbaren Messaufbauten, sondern gleichermaßen eine schnelle Anpassung bestehender Konstellationen an neue Anforderungen.

Die Sets enthalten jeweils Adapter in den Konfigurationen Male/Male, Male/Female und Female/Female, Messkabel-Paare für flexible Verbindungen sowie Messuhrbasierte Prüfvorrichtungen zur Sicherstellung korrekter mechanischer Verbindungen. Die praxisorientierte, übersichtliche Anordnung aller Teile in einem stabilen Koffer bringt zusätzliche Zeitersparnis bei der Umrüstung. Die Adapter- und Kalibriersets von Aaronia sind für die Anschlussreihen 3,5, 2,92, 2,4, 1,85 mm, 1,0 mm sowie Waveguide verfügbar.

Mehr Freiheit beim Schaltungs-Design

Die Kalibrierung schützt nur so weit, wie der Aufbau stabil bleibt. Eine SOLT-, TRL- oder elektronische Kalibrierung legt eine Referenzebene fest. Alles, was danach eingefügt, gelöst, bewegt oder getauscht wird, liegt außerhalb dieser sauberen Korrektur. Bei sehr hohen Frequenzen und mehreren Steckübergängen wird jeder zusätzliche Adapter sichtbar. Wer nach der Kalibrierung noch schnell eine Kupplung einfügt, verschiebt die Referenzebene der Messung. Die Kurve bleibt glatt, aber ihre Aussage ist eine andere.

Dies trifft auch auf das Schaltungs-Design zu. Muss hier beispielsweise ein Adapter gegen ein anderes Modell getauscht werden,

können sich die Eigenschaften des elektronischen Aufbaus drastisch ändern. Abhilfe schaffen die innovativen Edge Mount Waveguide Leiterplattenadapter von Aaronia. Die lötfreien, komplett vergoldeten Leiterplattenadapter revolutionieren das Schaltungs-Design und verfügen jeweils über eine identische, lötfreie Leiterplatten-Steckfläche. Die Verbindung mit der Leiterplatte erfolgt durch mitgelieferte Schrauben.

Die Adapter eignen sich für Leiterplatten mit einer Stärke von bis zu 2,2 mm und lassen sich jederzeit gegen ein anderes Modell austauschen. Derzeit verfügbar sind Adapter für WR08-, WR10-, WR12- und WR15-Wellenleiter sowie 1,0- und 1,85-mm-Koaxialstecker.

Über Aaronia

Seit unserer Gründung 2003 haben wir uns auf Mess-, Ortungs- und Überwachungstechnik spezialisiert. Dank unserer Erfahrung, Produkte und Patente bieten wir leistungsstarke und intelligente Drohnenerkennungs- und Verteidigungssysteme mit extrem hoher Reichweite, Präzision und Zuverlässigkeit.

2008 brachte Aaronia als erstes Unternehmen einen als Handgerät tragbaren Spektrumanalysator auf den Markt. Seine Empfindlichkeit von -170 dBm DANL stellte einen neuen Weltrekord auf.

Im Jahr 2013 entwickelte Aaronia das weltweit erste Drohnenerkennungssystem AARTOS. 2019 erschien die 6. Generation

Präzise Frequenzsynchronisation

Häufig benötigen mehrere Geräte denselben Zeit- und Frequenzbezug, wie beispielsweise bei Phasenrauschmessungen, Mehrkanalversuchen und Langzeitmessungen, bei denen schon geringe Frequenz- oder Zeitabweichungen das Ergebnis verfälschen können.

Für derartige Anwendungen hat Aaronia den PULSAR konzipiert. GNSS-gesteuert stellt er gleichzeitig extrem rauscharme, synchronisierte Signale mit 10 MHz, 100 MHz und 1 GHz bereit. Durch den gemeinsamen Takt bleiben Messwerte verschiedener Geräte vergleichbar. Zudem erleichtert die zentrale Referenz den reproduzierbaren Aufbau von Versuchsreihen, die Kalibrierung einzelner Komponenten und die Fehlersuche in Hochfrequenz- und Kommunikationssystemen. Bei automatisierten Testabläufen ermöglicht der PULSAR Messungen unter identischen zeitlichen und frequenzbezogenen Bedingungen. Das Gerät wird über einen USB-Anschluss mit Spannung versorgt und lässt sich so überall schnell und einfach einsetzen.

Bei allen Messungen spielen Abweichungen durch Kabel, Adapter, Steckverbinder und die eigene Handhabung eine große Rolle. Hochwertiges HF-Zubehör ist deshalb keine luxuriöse Ergänzung zum Messgerät, sondern die Voraussetzung dafür, dass ein teurer Echtzeit-Spektrumanalysator auch belastbare Daten liefert. Schlechte Verbindungen erzeugen keine Fehlermeldung. Sie erzeugen Messergebnisse, die plausibel aussehen und trotzdem falsch sein können. ◀

des AARTOS-Systems. Durch die Kombination des neuen V6-Spektrumanalysators mit der IsoLog-Antenne ortet es nicht nur die Position, sondern auch die Höhe aller im Luftraum befindlichen Drohnen – eine weitere Branchenneuheit!

Bis Ende 2024 waren weltweit über 600 AARTOS Drohnenerkennungs- und Abwehrsysteme im Einsatz und etablierten sich als eine der führenden Lösungen auf dem globalen Markt.

Unsere Produkte werden ausnahmslos in Deutschland entwickelt, gefertigt, getestet und kalibriert. Damit garantieren wir höchste Qualität – weltweit.