

# Messen und Testen von Tetra-Kommunikationssystemen

Die meisten Benutzer von Funkeinrichtungen bemerken vom Testen nur etwas, wenn es im Störfall zur Wartung ihrer Geräte durchgeführt wird. Jedoch muss auch in den Entwicklungs- und Fertigungsphasen immer wieder getestet werden. Messungen sind an allen Teilen der Anlage – mobile Handgeräte, Basisstationen und Direktkommunikationsterminals erforderlich. Im Stadium der Designvalidierung sind kritische Prüfungen erforderlich, um zu verifizieren, dass das Arbeitsverhalten des Funksystems den geforderten Spezifikationen entspricht. Der TETRA-Standard wird streng in Dokumenten definiert, die vom *ETSI* – dem *European Telecommunications Standards Institute* – publiziert wurden. Der nächste wichtige Schritt ist die Konformitätsprüfung. Hierzu gehören verschiedene Hardwaretests und Softwarebewertungen, mit denen die Normenkonformität geprüft wird. Nach Prüfung und Bestätigung des Arbeitsverhaltens von repräsentativen Nullserien-Mustern wird in der nächsten Phase das Arbeitsverhalten der Produkte im Ablauf des Produktionszyklusses gemessen. Die Anlage wird außerdem bei der Systeminstallation und Inbetriebnahme weiteren Tests unterzogen. Doch damit ist des Testens noch kein Ende: Servicebetriebe benötigen Test- und Messeinrichtungen für Wartung und Reparatur.

## Testmethoden

Für das Testen von TETRA-Terminals sind zwei Hauptmethoden vorgeschrieben. Sie werden als T1-Testmodus und TETRA-Testmodus bezeichnet. Im T1-Testmodus wird eine Reihe von Hochfrequenz-Testsignalen an den Antennenanschluss des Terminals angelegt. Das Terminal dekodiert sie und gibt sie an das Testsystem weiter, mit dem Messungen des Receiver-Arbeitsverhaltens vorgenommen werden. Die dekodierten Signale werden vom Terminal

Kevin Ingrams **TETRA-Kommunikationsgeräte stellen den Techniker vor eine Reihe von Test- und Messproblemen. Da es sich dabei um digitale Systeme handelt, sind völlig andere als die konventionellen Testeinrichtungen erforderlich.**

entweder über einen speziell vorgesehenen Testanschluss oder mit Hf-Schleifenmessung (RF Loop Back) zur Rücksendung der empfangenen Signale über den Antennenanschluss ausgegeben. Der T1-Testmodus beschränkt sich im Wesentlichen auf die Konformitätsprüfung.

Der TETRA-Testmodus prüft das TETRA-Terminal im Betrieb unter möglichst normalen Bedingungen mit Registrierung und Verbindungsaufbau, jedoch ohne Identifikationsprüfung. Aus Sicherheitsgründen muss der TETRA-Testmodus manuell aktiviert werden und arbeitet nur mit einem Kontrollkanal mit reservierten Testwerten für Mobillandeskennzahl und Netzwerkkode. Bei hergestelltem Verbindungsaufbau kann RF Loop Back selektiert bzw. deselektiert werden, um Receiver-Fehlerraten durchzuführen.

## Konformitätsprüfung

Konformitätstests werden im Allgemeinen nur bei der Abnahme in den De-

**Bild 1: Der TETRA-Signalgenerator IFR 2050 liefert ein vektormoduliertes Testsignal mit sehr niedriger Nachbar kanalstärke**



sign- und Produktionsstadien durchgeführt. Es finden aber auch routinemäßige Qualitätstests zur Überprüfung der Produktionseinrichtun-

gen statt. Dies bedeutet, dass wenn auch nur relativ wenige Systeme auf Konformität überprüft werden, diese Tests jedenfalls nach sehr hohen Standards durchgeführt werden müssen. Es wird zwar ein gewisses Maß an Automatisierung erforderlich sein, doch ist der Bedarf dafür geringer als bei den Massenprüfungen in Fertigung und Wartung. Die Hersteller von mess- und prüftechnischen Einrichtungen mussten speziell für TETRA-Konformitätstests hochspezialisierte Testgeräte produzieren. Receiver tests erfordern zwei spezielle Signalgeneratoren, und Transmitter tests verlangen nach einem systemspezifischen Modulationsanalysator.

## TETRA-Signalgeneratoren und -analysator

In Forschung und Entwicklung sowie für Fertigungstests ist ein dedizierter TETRA-Signal-generator für die Prüfung und Bewertung von Receivern unabdingbar. Der Signalgenerator IFR 2050T (Bild 1) liefert ein Testsignal mit  $\pi/4$ -DQPSK-Vektormodulation (Differential Quaternary Phase Shift Keyed). Für die Entwurfsprüfung kann ein Störtestsignal mit der sehr geringen Nachbar kanalstärke von -70 dBc generiert werden, wie es für Konformitäts- und Produktionsprüfungen benötigt wird. Es lassen sich weitere Leistungsfanken mit einem Dynamikbereich über 70 dB erzeugen, um einen TDMA-Burst (Time Division Multiple Access, Zeitvielfachzugriff) zu simulieren. Transmittermessungen in TETRA-Systemen erfordern Signalanalysa-



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



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
all-electronics.de!

**Hier klicken & informieren!**



toren eines neuen Typs, die ein breites Parameterspektrum messen können wie Sendeleistung, Leistungsprofil, Nachbarkanalstärke auf Grund von Modulation und Vermittlungsvorgängen sowie Leistung in Zeitschlitzten und Modulationsgenauigkeit. Der dedizierte in **Bild 2** gezeigte TETRA-Signalanalysator besitzt ein patentiertes digitales ZF-System und umfasst einen extrem rauscharmen Empfangsteil und lokale Oszillatoren mit hoher Linearität, um die anspruchsvollen Tests ausführen zu können, die in den Stadien von Entwurfs- und Konformitätsprüfung benötigt werden.

### Aufgaben in Reparatur und Wartung

Das Durchprüfen von traditionellen Zweiweg-Funkgeräten in einer Wartungswerkstatt war ursprünglich eine



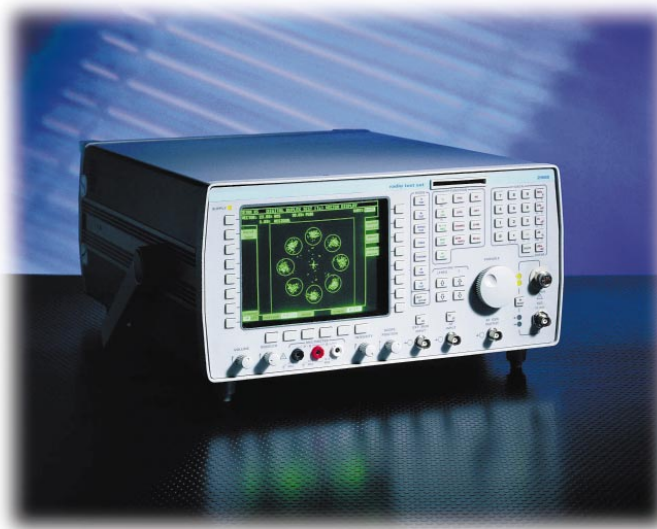
**Bild 2:** Transmittermessungen in TETRA-Systemen erfordern Signalanalysatoren eines neuen Typs. Der TETRA-Signalanalysator IFR 2310 stellt alle wichtigen Transmitterparameter grafisch dar

relativ einfache Sache. Ein AM- oder FM-Signalgenerator für das Testen der Receiverempfindlichkeit, ein Modulations- und Signalstärkemesser sowie ein Frequenzzähler für Transmittertests reichten gewöhnlich aus, um in einem de-

fekten Funkgerät Fehler zu erkennen und es gemäß den Spezifikationen zu justieren. Mit immer komplexeren Systemen und der Einführung von Schmalband-Synthesizersystemen wuchsen die Anforderungen an die Testeinrichtungen. In den frühen 80ern tauchten ausgetüftelte Allzweck-Funkgerätetester („all-in-one“) auf dem Markt auf. Mit dem Radio Test Set Model 2968 (**Bild 3**) leistete IFR Pionierarbeit beim „All-in-one“-Ansatz für TETRA-Tests. Das Instrument enthält neben Signalge-

nerator, Modulationsanalysator und verschiedenen anderen Testfunktionen auch einen Spektrumanalysator. Ein ausschlaggebender Aspekt ist jedoch, dass das Instrument weitere Tests ausführen kann, die speziell für TETRA-Prüfungen ►

relevant sind. Da TETRA ein digitales Funksystem mit TDMA ist, sind zusätzliche und völlig neue Testtechniken erforderlich. Wenn das 2968 auch darauf angelegt ist, die modernste Digitaltechnik zu testen, so enthält es dabei dennoch das vollständige Spektrum traditioneller PMR- und MPT-1327-Bündelfunktests. Außerdem kann das Instrument GSM- und analoge Zellenfunksysteme testen und unterstützt somit auch andere im Einsatz befindliche Systeme.



**Bild 3:** Funkgerätestätten werden sich mit TETRA-spezifischen integrierten Testeinrichtungen ausstatten müssen. IFR 2968 testet TETRA-Basisstationen, -Terminals sowie -Direktfunk-Mobilgeräte und bietet außerdem das volle Testspektrum für traditionelle PMR-Funkgeräte und analoge sowie GSM-Zellenfunkgeräte

### Transmittertests

An Stelle von FM-Frequenzhub- oder AM-Modulationstests, die an Analoggeräten durchgeführt werden, erfordert TETRA andere Arten von Transmittermessungen. Die Modulationsqualität wird durch einen Vergleich kalkulierter mit gemessenen Werten von Signalgröße und -phase und durch Berechnung eines Prozentfehlers gemessen. Dies erfasst das Arbeitsverhalten von IQ-Modulatoren und Basisband-Schaltungen. Grafische Anzeigen mit Konstellation, Phasentrajektorie und Radiusvektor-Diagrammen sind ebenfalls enthalten. Als Hilfe für Ausrichtung und Justierung von IQ-Modulatoren werden Amplituden- und Phasenfehler gemeinsam in einem Diagramm dargestellt.

Für das Testen der Transmitterleistung stellt das Gerät eine grafische Zeitdomänenanzeige zur Verfügung. Sie stellt die Anstiegs- und Abfallzeiten des TETRA-Burstprofils den vom ETSI gesetzten Grenzwerten gegenüber, die im Speicher des Instruments abgelegt sind. Wenn ein Transmitter ein inkorrektes Burstprofil aufweist, kann es zu Fehlern in den übertragenen Signalen und zu Störungen bei anderen Benutzern kommen. Im Extremfall kann ein Systemausfall die Folge sein.

### Receivertests

Analogempfänger werden durch Messung des Geräuschspannungsabstands bei schwachen HF-Signalen am Receiveringang getestet, gelegentlich bezeichnet als SINAD-Messung. Bei TETRA sind andere Parameter – BER (Bit Error Rate) oder MER (Message Erasure Rate) – die entscheidenden Messgrößen. Mit

diesen Parametern werden die vom Testgerät an das getestete Gerät gesendeten Signale mit den Signalen verglichen, die beim getesteten Gerät ankommen und von dort mittels der Loopback-Einrichtung wieder an das Testgerät zurück-geschickt werden. Schlechte BER/MER-Werte zeigen an, dass das im Receiver hinzukommende Rauschen mit dem modulierten Signal interferiert und im digitalen Bitstrom Fehler erzeugt. Das TETRA-System arbeitet zwar mit Fehlerkorrekturroutinen, doch diese wirken nur bis zu einem bestimmten kritischen Verschlechterungsniveau. Bei Systemen, die sicher sein müssen, kommt es wesentlich auf ausreichende Leistungsreserve an. Der Receiver darf nicht an seiner Leistungsgrenze arbeiten, denn dies könnte unter ungünstigen Betriebsbedingungen oder durch zeitlich bedingte Verschlechterung zum Ausfall führen.

Zur BER-Messung generiert der Tester eine Reihe von T1-Testsignalen (im T1-Testmodus) oder Kontroll- und Verkehrskanäle (im TETRA-Testmodus), die das Mobil-Handgerät synchronisieren und seinen Betrieb steuern. Die BER wird durch Anwendung eines Teststimulus in der Form einer eng definierten pseudostatistischen Bitfolge (PRBS, Pseudo Random Binary Sequence) erfasst. Handys dürfen einen T1-Testmodus nicht über Konformitätstests hinaus implementiert haben. Der Tester muss also Kontroll- und Verkehrskanal-Signale (Main Control Channel – MCCH, Traffic Channel – TCH) generieren, die das tatsächliche Netzwerk simulieren und einen Verbindungsaufbau ermöglichen.

Außerdem macht es die Loopback-Spezifikation von TETRA möglich, das Terminal ohne Kenntnis der im System verwendeten Verschlüsselungsalgorithmen zu testen.

### Systemtests

Das Testen und Einstellen von Transmittern und Receivern in einem TETRA-System ist notwendig und wichtig. Entscheidend ist jedoch die übergreifende Prüfung von Arbeitsverhalten und Integrität. Um sicher zu sein, dass ein Funkgerät in jeder Hinsicht betriebsfähig ist, wenn es die Werkstatt nach der Wartung oder Reparatur verlässt, muss das Testsystem die Ver-

bindungsabwicklung bewerten, das Burst-Timing und Burstprofil prüfen und die Synchronisation verifizieren.

Die Verbindungsabwicklung kann mit vielen verschiedenen Parametern und Funktionen erfasst werden. Typische Prüfungen umfassen:

- ▷ die Registrierung des Handys,
- ▷ die Verbindungsplatzierung und -auflösung im Simplex- und Duplexmodus,
- ▷ das Gegensprechen zwecks Bewertung der subjektiven Sprachqualität.

### Zusammenfassung

Die Einführung von TETRA mit Digitalmodulation stellte die Hersteller von Mess- und Prüfgeräten vor große Herausforderungen. In enger Zusammenarbeit mit TETRA-Herstellern wurden Spezialinstrumente entwickelt. Für Werkstattbetriebe, die umrüsten müssen, um auch TETRA-Funkgeräte warten zu können, steht nun ein vielseitiges Mehrzweck-Testinstrument zur Verfügung, das sich nicht nur für die Wartung und Reparatur von TETRA-Systemen eignet, sondern auch für traditionelle PMR-, Bündelfunk- und zellulare Geräte. (jj)



**Kevin Ingrams** ist Mitarbeiter der IFR International, England