

EMV Anforderungen an moderne Produkte mit integrierten Funkkomponenten

Dipl. – Ing. Marco Kullik, 7layers GmbH, Test & Market Access Services, 40880 Ratingen, Germany

1 Regulatorische Anforderungen in Europa

1.1 Anwendbare Richtlinien

Produkte mit integrierten Funkkomponenten müssen den regulatorischen Anforderungen entsprechen. Diese wurden in Europa bislang entsprechend der „**Radio & Telecommunication Terminal Equipment Direktive (1999/5EG)**“ (künftig: **R&TTE Direktive**) gehandhabt, die im Jahr 2016 endgültig von der neuen „**Radio Equipment Direktive (2014/53/EU)**“ (künftig: **RED**) abgelöst werden wird.

Sowohl die R&TTE Direktive als auch die RED erlauben die Selbstdeklarierung, d.h. dass die Überprüfung der Einhaltung der EMV Richtlinien nicht zwangsläufig in akkreditierten Laboren stattfinden muss, sondern dass es ausreicht, wenn der Hersteller oder auch der Inverkehrbringer eines Produktes offiziell bestätigt, dass das Produkt konform zu der anwendbaren Richtlinie ist (DoC - „Declaration of Conformity“). Allerdings obliegt ihm dabei auch die volle Verantwortung für den Fall, dass das Produkt nicht den Anforderungen der in zeitlicher Hinsicht jeweils anwendbaren Richtlinie entspricht. Daher ist es unumgänglich, dass sich Hersteller oder Inverkehrbringer mit den Richtlinien-Anforderungen auseinandersetzen, die erforderlichen Tests durchführen bzw. durchführen lassen und sich bewusst sind, welche Risiken sie eingehen für den Fall, dass ihr Produkt der oder den Richtlinien nicht vollständig entspricht.

1.2 Grundlegende Anforderungen

Sowohl in der R&TTE Direktive als auch in der RED werden im Artikel 3 die grundlegenden Anforderungen an die unter die Richtlinie fallenden Geräte beschrieben.

Sie lassen sich in folgende vier Anforderungen aufteilen:

- Artikel 3 (1) a; Elektrische Sicherheit → Verweis auf die Richtlinie 2014/35/EU
- Artikel 3 (1) b; Elektromagnetisch Verträglichkeit → Verweis auf die Richtlinie 2014/30/EU. Die wesentlichen Anforderungen werden hier im Artikel 6 definiert, der wiederum auf den Anhang 1 der dieser Richtlinie verweist.
- Artikel 3 (2); Effektive Nutzung des Funkspektrums
- Artikel 3 (3); Grundlegende Anforderungen

Dieser Artikel beschäftigt sich ausschließlich mit den in Artikel 3 (1) b definierten Anforderungen bzgl. der elektromagnetischen Verträglichkeit von Funkprodukten.

2 Keine Relevanz der sogenannten „Vorertifizierung“ von Funkmodulen

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) nach Artikel 3 (1) b muss bei allen Endprodukten **komplett** nachgewiesen werden, unabhängig davon, ob der Hersteller ein bereits nach Artikel 3 (1) b und / oder Artikel 3 (2) der Richtlinie vorertifiziertes Funkmodul eingesetzt hat oder nicht.

Um die effektive Nutzung der Funkfrequenzen nach Artikel 3 (2) beim Endprodukt zu untersuchen, ist es jedoch ausreichend, nur die Tests durchzuführen, deren Ergebnis durch den Einbau des Funkmoduls ins Endprodukt verändert werden könnten. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um die Anforderungen bzgl. der unerwünschten Nebenaussendungen, die in jedem Fall auch das Endprodukt erfüllen muss.

3 Harmonisierte EMV Produktnorm

3.1 Aufbau der EMV Produktfamiliennorm

Für die meisten Geräte, die unter die RED fallen, sind die EMV Anforderungen in der Produktfamiliennormserie EN 301 489 – X beschrieben.

Die EN 301 489 Serie beschreibt z.B. die EMV Anforderungen an Funkprodukte, wie „Short Range Devices“ (Kurzstreckenfunk), zellulare Telekommunikationssysteme, breitbandige Datenübertragungssysteme, mobile und tragbare IMT-2000 CDMA „Direct Spread“ Systeme, externe Ladegeräte für Mobilfunkgeräte etc.

Die EN 301 489 Serie ist folgendermaßen strukturiert:

Die EN 301 489-1 v1.9.2 (2011-09) beschreibt die anwendbaren elektromagnetischen Phänomene, die allgemeinen Anforderungen für die Störfestigkeit und die Grenzwerte für die Störaussendungsmessungen.

Alle anderen Teile der Produktfamiliennorm enthalten im Wesentlichen Verfeinerungen der Anforderungen an die Störfestigkeit („Performance Kriterien“) für die im jeweiligen Teil anwendbaren, im Endprodukt eingebauten, Funktechnologien. Auch die sogenannten „Ausnahmenbereiche“ (typischerweise ober- und unterhalb der Send- und Empfangsfrequenzen), in den bei den kontinuierlichen Phänomenen nicht getestet werden muss, werden hier beschrieben.

Im Folgenden eine kurze, nicht vollständige, Übersicht über weit verbreitete Funktechnologien:

- EN 301 489-3 v1.6.1 (2013-08) – „Short Range Devices“ (Kurzstreckenfunk) im Frequenzbereich 9 kHz – 246 GHz
- EN 301 489-7 v1.3.1 (2005-11) – Digitale zellulare Telekommunikationssysteme (GSM 900 & GSM 1800 Endgeräte)
- EN 301 489-17 v2.2.1 (2012-09) – Breitbandige Datenübertragungssysteme (z.B. Bluetooth, WLAN, ZIGBEE, ...)
- EN 301 489-24 v1.5.1 (2010-10) – Mobile und portable IMT-2000 CDMA „Direct Spread“ Systeme (UTRA [UMTS] & E-UTRA [LTE])
- EN 301 489-34 v1.4.1 (2013-05) – Externe Ladegeräte für Mobilfunkgeräte

3.2 Prüfplanerstellung

Um einen Testplan nach der EN 301 489 zu erstellen, kommt es zunächst auf den spezifizierten Einsatzort des Prüflings an. So richten sich die anzuwendenden Tests danach, ob ein Prüfling fest eingebaut ist, portabel ist, oder in einem Fahrzeug verbaut wird.

Des Weiteren hat die Anzahl und Art der vorhandenen Schnittstellen sowie die maximale Leitungslänge dieser Schnittstellen Einfluss auf die Testplanerstellung. Auch spielt es eine Rolle, ob es sich um das Funkprodukt selbst handelt oder um Zusatzequipment, wie zum Beispiel Ladegeräte.

Die zu überprüfenden EMV Phänomene werden unterschieden in Störaussendung und Störfestigkeit. Störaussendungen im Sinne der Norm sind EMV Phänomene wie z.B. gestrahlte Störaussendung, leitungsgebundene Störaussendung, Oberwellen sowie und Flicker. Störfestigkeitsphänomene im Sinne der Norm die gestrahlte Störfestigkeit, elektrostatische Entladungen, schnelle Transienten leitungsgeführte Störgrößen induziert durch HF-Felder, Stoßspannungen, Spannungseinbrüche und -variationen.

Die beiden folgenden Tabellen geben eine kurze Übersicht, welche Tests für welche Gerätetypen (nach Einsatzort) anwendbar sind. Außerdem enthalten sie noch den Verweis auf die entsprechende EMV-Grundnorm, in der das Testverfahren beschrieben ist.

Anwendbare Störaussendungsmessungen:

Phänomen	Schnittstelle	Festebau	Einsatz im Fahrzeugen	Portable Geräte	Grundnorm
Gestrahlte Störaussendung	Gehäuse (Zusatzgeräte)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	EN 55022
Leitungsgebundene Störaussendung	DC Ein /Aus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN55022 EN 55025
Leitungsgebundene Störaussendung	AC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 55022
Oberwellen	AC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 61000-3-2
Spannungsvariationen & Flicker	AC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 61000-3-3
Leitungsgebundene Störaussendung	Telekommunikationsleitungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 55022

Anwendbare Störfestigkeitsmessungen:

Phänomen	Schnittstelle	Festeinbau	Einsatz im Fahrzeugen	Portable Geräte	Grundnorm
Gestrahlte Störfestigkeit	Gehäuse (Zusatzgeräte)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	EN 61000-4-3
Elektrostatische Entladungen	Gehäuse	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	EN 61000-4-2
Schnelle Transienten (Burst)	AC-, DC-, Signal-, Kontroll-, Telekommunikationsleitungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 61000-4-4
Leitungsgeführte Störgrößen induziert durch HF-Felder	AC-, DC-, Signal-, Kontroll-, Telekommunikationsleitungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 61000-4-6
Stoßspannungen (KFZ-Umgebung)	DC	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ISO 7637
Spannungseinbrüche, Kuzzeitunterbrechungen	AC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 61000-4-11
Stoßspannungen	AC, Telekommunikationsleitungen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EN 61000-4-5

4 Benötigte Betriebszustände

4.1 Zellulare Technologien

Die für die EMV Prüfungen benötigten Betriebszustände richten sich nach der im Prüfling verbauten Funktechnologie. Prinzipiell wird dabei zwischen zellularen Technologien und nicht zellularen Technologien unterschieden.

Für die zellularen Technologien, wie z.B. GSM, UMTS (3G) und LTE (4G), ist der Einsatz eines Basisstationssimulators zur Überprüfung der EMV notwendig, da hier die Anforderungen im Standard klar definiert sind. Der Basisstationssimulator aktiviert dabei den bei diesen zellularen Technologien vom Technologiestandard vorgeschriebenen „Loopback-Mode“ im Prüfling. Für den sogenannten „TCH – Mode (Traffic Channel)“ wird der Prüfling in den Sprach- oder Datenverbindungsmodus mit aktiviertem Loopback versetzt. Hier werden dann das Verhalten des Senders und des Empfängers simultan überprüft. Im sogenannten „Idle-Mode“ wird das zu untersuchende Produkt lediglich in eine Basisstation eingebucht, um zu überprüfen, ob das Gerät nicht selbstständig zu senden beginnt. Dabei werden in der Regel Spektrumanalysatoren, die das jeweilige Sendefrequenzband permanent überwachen, eingesetzt.

4.2 Nicht zellulare Technologien

Bei den nicht-zellularen Technologien, zu denen auch die „Broadband Transmissions Systems“ gehören, sind die Anforderungen an den Betriebszustand des Prüflings weniger starr. In einem gewissen Rahmen kann der Hersteller oder Inverkehrbringer die Anforderungen selbst definieren, die je nach Technologie und Verwendungszweck des Prüflings unterschiedlich gestaltet sind. Hier müssen lediglich die allgemeinen Anforderungen des Standards beachtet werden.

Derzeit sind die Bluetooth®-Technologie, WLAN und mit einigen Abstrichen auch ZigBee Vorreiter unter den nicht-zellularen „Breitband Übertragungssystemen“-Technologien. Jedoch gibt es besonders im „Smart Services-Bereich“ eine Vielzahl anderer Short Range Technologien, die sich von diesen „Mainstream“-Technologien unterscheiden. Hier muss von Fall zu Fall überlegt werden, welcher Betriebszustand den tatsächlichen Anforderungen am besten entspricht, so dass die gewählten EMV Störfestigkeitskriterien auch aussagekräftig sind.

Bei den EMV Prüfungen an Produkten mit integrierter *Bluetooth*-Technologie handelt es sich um einen Sonderfall. Hier kann im Prinzip frei gewählt werden, ob der in jedem Bluetooth Gerät implementierte Testmodus oder der normale Betriebsmodus für die EMV Tests benutzt werden soll. Soll der Bluetooth-Testmodus genutzt werden, wird ein *Bluetooth*-Kommunikationstester benötigt, der im Testmodus mit dem Prüfling kommunizieren kann. Im normalen Betriebsmodus sind lediglich zwei Bluetooth-Geräte notwendig die über ein auf beiden Geräten identisches Bluetooth-Profil miteinander kommunizieren. In beiden Fällen wird in diesen Modi sowohl der Sender als auch der Empfänger im „Aktiv“-Modus überprüft. Dabei können, je nach Verwendungszweck des Endprodukts, Sprach-, Daten- oder auch Audio-Verbindungen benutzt werden. Zusätzlich muss natürlich auch noch der Betriebszustand „Sender Standby“ getestet werden, bei dem geprüft wird, ob das Gerät nicht selbstständig zu senden beginnt.

Für WLAN-Produkte gibt es derzeit keinen vordefinierten Testmodus. Es hängt also stark von dem jeweiligen Einsatzbereich und der Erfahrung des prüfenden Labors ab, welche Test-Modi als sinnvoll erachtet werden. Mögliche Überprüfungsmodi für den Betriebszustand „Sender & Empfänger aktiv“ sind „Ping“-Tests, WLAN-Test-Programme auf PC Ebene oder Durchsatztests mit speziellen WLAN Testern. Zusätzlich muss der Prüfling im Betriebszustand „Sender in Standby“ daraufhin untersucht, ob er nicht selbstständig zu senden beginnt.

Bei Produkten mit anderen integrierten Short-Range-Technologien, wie z.B., NFC, oder 433 MHz und 868 MHz Funktechnologien, kann der Hersteller die Anforderungen, wie bei den „Breitband-Übertragungssystemen“ überwiegend selbst definieren. Generell müssen die Produkte aber sowohl im „Sender & Empfänger aktiv“-Modus wie auch im „Sender in Standby“-Modus überprüft werden. Schwer nachvollziehbar ist, dass in den Anwendungsbereich der EN 301 489-3 (Kurzstreckenfunk) auch die in technischer Sicht nicht zum Kurzstreckenfunk zu rechnenden GPS-Geräte fallen.

5 Performance Kriterien

Die im Folgenden genannten Performance Kriterien beziehen sich im Wesentlichen auf die Störfestigkeitstests mit einem kontinuierlichen Störphänomen (z.B. gestrahlte Störfestigkeit). Bei den sogenannten „transienten Phänomenen“ darf der Prüfling nicht beschädigt werden und der vor dem Test gewählte Betriebsmodus muss nach dem Test noch aktiv sein.

5.1 Zellulare Technologien

Die Performance Kriterien im „Idle-Mode“ unterscheiden sich bei GSM, UMTS oder LTE Technologie nicht. Hier muss lediglich sichergestellt werden, dass der Prüfling, egal unter welcher elektromagnetischen Beanspruchung, nicht selbständig sendet.

Im TCH-Channel-Mode mit aktivierter Daten- oder Sprachverbindung unterscheiden sich die Performance Kriterien je nach Technologie.

Bei GSM gilt, dass die spezielle Bitfehlerrate (RXQUAL) kleiner bzw. gleich 3 sein muss.

Bei UMTS darf die Bit Error Rate (BER) maximal 0,001% betragen und die Block Error Rate (BLER) maximal 0,01% sein.

Bei beiden vorgenannten Technologien wird, falls eine Audioübertragung unterstützt wird, ein sogenannter „Audio Breakthrough Check“ erforderlich. In diesem Fall darf sich weder im Uplink noch im Downlink, wenn das mit 1 kHz modulierte Störsignal eingekoppelt wird, der Schalldruck um nicht mehr als 35 dB im Vergleich zur Referenzmessung ohne Störfestigkeitsphänomen bei Verwendung eines 200 Hz Filters ändern.

Bei Produkten mit LTE-Technologie ist darauf zu achten, dass die unter EMV-Belastung gemessene Übertragungsrate in dem jeweils ausgewählten Übertragungskanal nicht weniger als 95% der maximalen Datenübertragungsrate beträgt.

5.2 Nicht zellulare Technologien

Anders als bei den zellularen Technologien gibt es bei den nicht zellularen Technologien keine „harten“ Anforderungen. Hier kann der Hersteller oder Inverkehrbringer für die in Kapitel 4.2 vorgestellten Testmodi Performance Kriterien „frei“ definieren. Er muss sich dabei nur an die allgemeinen Vorgaben des Standards halten:

Die EN 301 489-1 macht hier die folgende Vorgabe:

Während und nach dem Test soll das Gerät funktionieren wie vorgesehen. Bei spezifikationsgemäßem Gebrauch ist weder eine Funktionsbeeinträchtigung noch ein Performance-Verlust unter die vom Hersteller vorgegebenen Kriterien zulässig. In bestimmten Fällen darf jedoch die Funktionsbeeinträchtigung durch einen vom Hersteller definierten Funktionsverlust ersetzt werden.

Während des Tests darf das Gerät nicht selbstständig anfangen zu senden und seinen aktuellen Betriebszustand und gespeicherte Daten nicht ändern.

Sollte der Hersteller die Funktionsbeeinträchtigung oder den Performance Verlust nicht beschreiben, dann muss sich dieser aus der Produktbeschreibung und Dokumentation bei bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gerätes durch den Nutzer ableiten lassen.

6 Effizienzsteigerung bei Nutzung externer Labore

Bei Durchführung der oben erwähnten Testmodi stoßen besonders die Betreiber akkreditierter Testlabore immer wieder auf „typische Probleme“, die den Testablauf verzögern und unter Umständen sogar unnötige Kosten verursachen können. Erfahrene Labore, wie z.B. die 7layers GmbH, versuchen daher solche Fehlerquellen von Anbeginn an zu vermeiden.

Bei zellularen Systemen kann es zum Beispiel sein, dass die „Firmware“ des Gerätes nur mit fest definierten Zugangspunkten zum Netzwerk (APN) funktioniert. In solch einem Fall ist es bei Nutzung eines externen Prüflabors wichtig, dieses über die APNs zu informieren, um keine Verzögerungen zu verursachen. Mitunter schaltet sich die Firmware des Gerätes auch nach einer vordefinierten Zeit automatisch aus. Geschieht dies unerwarteterweise während einer Testsession, so muss diese wiederholt werden. Laborseitig müssen insbesondere die Testkanäle geschickt gewählt werden. Dabei muss besonders darauf geachtet werden, dass die Oberwellen der Leistungsverstärker nicht in die Sende- und Empfangsfrequenz fallen.

Bei nicht zellularen Technologien besteht mitunter Unklarheit darüber, wie das Gerät in den jeweiligen Testmoduls zu bringen ist. Das gilt besonders bei der Bluetooth®-Technologie (siehe oben). Untersucht man beim Kurzstreckenfunk einen Empfänger, so sollte klar sein, wie überwacht werden kann, ob Daten überhaupt empfangen werden. Beim Testen des Senders beim Kurzstreckenfunk muss zusätzlich sichergestellt werden, dass ein kontinuierliches Senden und Empfangen von Daten überhaupt möglich ist.

7 Ausblick auf kommende Versionen der EN 301 489

Die Standards, die in der EN 301 489 Serie festgelegt sind, werden der technologischen Entwicklung entsprechend von Zeit zu Zeit angepasst.

Die neuesten wesentlichen Änderungen betreffen die Störaussendungsmessungen und die feldgebundene Störfestigkeitstests. Referenzen der Störaussendungsmessungen werden von der EN 55022 auf die EN 55032 geändert. Feldgebunden Störfestigkeitstests müssen in Zukunft bis zu einer oberen Frequenz von 6 GHz durchgeführt werden.

Diese Änderungen beruhen auf dem Entwurf der EN 301 489-1 (2015-05).

Die Veröffentlichung dieser Version ist für das 3./4. Quartal 2016 geplant, da dieser Standard nur noch die neue RED referenziert (Version 3.X des Standards).