

EMV-Testsoftware R&S® EMC32-S

Störfestigkeitsmessungen in Modenverwirbelungskammern

Neue Optionen zur EMV-Software

R&S® EMC32-S erweitern diese für

Störfestigkeitsmessungen in Moden-

verwirbelungskammern nach den

Normen EN 61000-4-21 sowie für

herstellerspezifische Messverfahren

(GMW 3097 und Ford).

Alternative zu Absorberhallen

Elektronische Geräte und Systeme (z. B. Fahrzeuge) werden bei der Typprüfung elektromagnetischen Störfeldern ausgesetzt. Diese Störfestigkeitsmessungen finden oberhalb von 80 MHz (gestrahlt) normalerweise in einer Absorberhalle statt. Für einen vollständigen Test ist der Prüfling sowohl von verschiedenen Seiten als auch mit Signalen in horizontaler und vertikaler Polarisation zu bestrahlen.

Da Investitionen in die Infrastruktur einer Absorberhalle hoch und die Messung zeitaufwändig sind, sucht man weltweit nach alternativen Testmethoden. Eine vor allem in den USA, aber auch in Europa im militärischen Bereich verbreitete Alternative ist die Modenverwirbelungskammer. Deren Funktionsweise und die zugehörigen Messverfahren sind in der Fachgrundnorm EN 61000-4-21 beschrieben. Auf sie beziehen sich die herstellereigenen Normen GMW 3097 und Ford ES-XW7T-1A278-AC für Messungen im Automobilbereich. Auch für militärische Störfestigkeitsmessungen nach den Normen MIL-STD 461E und RTCA DO 160D sind Modenverwirbelungskammern zugelassen.

Funktionsweise von Modenverwirbelungskammern

Eine Modenverwirbelungskammer arbeitet nach dem Prinzip eines Hohlraumresonators, in den HF-Energie eingespeist wird. Die darin angeregten Moden (Hohlraumresonanzen) bilden das elektromagnetische Feld, mit dem der Prüfling beaufschlagt wird. Um ein statistisch gleichförmiges und isotropes elektrisches Feld zu erzeugen, wird in der

Kammer ein sogenannter Modenrührer eingesetzt, der sich dreht und dadurch die Modenverteilung in der Kammer ändert. Diese Modenänderung hat den Vorteil, dass der Prüfling dem statistisch gleichförmigen elektrischen Feld von allen Seiten ausgesetzt ist, so dass für ihn weder eine Drehvorrichtung erforderlich ist, noch die Antennenpolarisation geändert werden muss. Die Sendeanenne ist dabei nicht auf den Prüfling gerichtet, sondern strahlt in Richtung einer Ecke der Schirmkabine.

Beim Messverfahren unterscheidet man zwischen „mode-tuned“, bei dem sich der Modenrührer in definierten Stufen dreht, und „mode-stirred“, bei dem er sich kontinuierlich dreht. Im Folgenden wird nur das Verfahren „mode-tuned“ betrachtet (eine ausreichende Anzahl von Rührerpositionen zum Erreichen einer statistischen Feldverteilung wird dabei vorausgesetzt).

Bei Messungen mit pulsmodulierten Störsignalen ist zu beachten, dass die Kammer aufgrund ihrer Beschaffenheit (Schirmbleche, Antenne) eine gewisse Kapazität (Güte des Hohlraumresonators) aufweist. Dieser Faktor begrenzt die minimale Pulsbreite des pulsmodulierten Signals, er wird bei der Kalibrierung ermittelt.

Testsystem für Messungen in Modenverwirbelungskammern

Rohde & Schwarz bietet für Störfestigkeitsmessungen in Modenverwirbelungskammern eine Standardsystemlösung an, die mit der Software R&S® EMC32 komfortabel konfiguriert wird (BILD 1). Je nach Frequenz-

Weitere Informationen und Datenblätter unter www.emc32.rohde-schwarz.com

LITERATUR

- DIN EN 61000-4-21, Verfahren für die Prüfung in der Modenverwirbelungskammer, August 2004.
- GMW 3097, Revision 4, Februar 2004.
- EMV-Testsoftware R&S® EMC32-A: Vielseitige EMS- und EMI-Messungen für den Automobilsektor. Neues von Rohde & Schwarz (2003) Nr. 178, S. 36–40.
- „Required Amplifier Power in Automotive Radar Pulse Measurements“, EE-Evaluation Engineering (http://www.evaluation-engineering.com/archive/articles/0806/0806required_amplifier.asp), August 2006.

► Bereich erregt eine Log.-per.- oder eine Hornantenne das elektrische Feld in der Schirmkabine. Eine Antenne des gleichen Typs dient zur Messung der empfangenen Leistung, sie ist mit einem Spektrumanalysator, z. B. mit dem R&S®FSP 7, verbunden. Während der Kalibrierung erfolgt die Messung der Feldstärke (x, y, z und |xyz|) mit einer Breitband-Feldsonde. Ein Positioniersteuergerät bringt den Modenrührer ferngesteuert in die gewünschten Positionen. Für das Erzeugen der in die Modenverwirbelungskammer eingespeisten Leistung sind – je nach erforderlicher Feldstärke und gewünschtem Frequenzbereich – mehrere Leistungsverstärker erforderlich. Der Signalgenerator R&S®SML 03 erzeugt zusammen mit einem Funktionsgenerator R&S®AM 300 das HF-Signal und die nach den Normen GMW 3097 und von Ford geforderten Radarpulspakete. Ein Leistungsmesser R&S®NRVD ermittelt die Leistung. Die Schaltmatrix R&S®TS-RSP stellt die Signalpfade sowohl zwischen Generator und Verstärker als auch für die Messung der Vorwärts- und der Rückwärtsleistung her.

Optionen für alle Messverfahren

Die Schlüsselkomponente des Systems ist die EMV-Testsoftware R&S®EMC 32-S, die mit den neuen optionalen Modulen R&S®EMC 32-K3 und R&S®EMC 32-K4 das Messverfahren nach EN 61000-4-21 in der Modenverwirbelungskammer abdeckt. Die Module sind ab der Version 6 der Software verfügbar (BILD 2).

Die Option R&S®EMC 32-K3 stellt alle Auswertalgorithmen für die Kalibrierung der Modenverwirbelungskammer und für Prüflingstests bereit. Sie erfordert zusätzlich die Option „EMS-Autotest-Funktionalität“ R&S®EMC 32-K4. Der EMS-Autotest (BILD 3) erlaubt eine höhere Automati-

sierung des Messablaufs, da zum eigentlichen Frequenz-Scan zusätzliche Schleifenparameter definiert werden können (Testsequenzer). Bei Messungen in einer Modenverwirbelungskammer sind diese Schleifenparameter:

- ◆ Rührerposition
- ◆ Sensorposition (nur für Kalibrierung)
- ◆ Modulation (nur für Prüflingstest)
- ◆ Antennenfrequenzbereich (Wechsel der Sende- / Empfangsantennen)

Einfache Kammerkalibrierung

Im Gegensatz zu Absorberhallen (homogene Flächen) ist bei Modenverwirbelungskammern ein Testvolumen definiert, welches typisch die Form eines Quaders hat. Für dieses Testvolumen wird die Feldverteilung sowohl für die unbelastete als auch für die mit Absorbermaterial maximal belastete Modenverwirbelungskammer ermittelt. Diese Messung ist nur bei der Inbetriebnahme durchzuführen und muss lediglich bei strukturellen Änderungen in der Kammer oder am Testvolumen wiederholt werden.

Während der Kalibrierung ist die Feldsonde jeweils an einer Ecke des Testvolumens positioniert, die Empfangsantenne wird an verschiedenen Positionen innerhalb des Testvolumens aufgestellt. Der EMS-Autotest führt anschließend bei jeder Rührerposition einen Frequenz-Scan durch (BILD 4).

Die Kalibrierung liefert Parameter (Standardabweichung der Feldstärke, maximaler Belastungsfaktor und Einfügedämpfung), die eine Aussage über die Performance der Kammer zulassen (BILD 5). Es wird auch eine Tabelle mit der maximalen gemittelten normierten E-Feldstärke erzeugt. Diese Werte dienen bei den Messungen am Prüfling für die Berechnung der erforderlichen HF-Leistung zum Erzeugen des gewünschten Störfelds nach folgender Formel:

$$P_{\text{Input}} = \left[\frac{E_{\text{Test}}}{\vec{E} \times \sqrt{\text{CLF}}} \right]^2$$

E_{Test}	Sollfeldstärke beim Prüflingstest
\vec{E}	Maximale gemittelte normierte E-Feldstärke
CLF	Belastungsfaktor der Kammer (Chamber Loading Factor)

Prüflingstests in der Modenverwirbelungskammer

Vor der Durchführung eines Tests muss die Belastung der Modenverwirbelungskammer durch den Prüfling ermittelt werden. Sie darf nicht höher sein als die während der Kalibrierung ermittelte maximale Belastung, da sonst falsche Messergebnisse geliefert werden (Dämpfung des Hohlraumresonators).

Der EMS-Autotest arbeitet bei jeder Testfrequenz die konfigurierten Schleifen für alle Modenrührer-Positionen und Modulationsarten ab. Der Anwender kann zusätzlich festlegen, ob die Software R&S®EMC 32 beim Erkennen einer Fehlfunktion des Prüflings die Störschwelle suchen (Susceptibility Method) oder ob sie Prüflingsfehler ohne Änderung des Störpegels nur dokumentieren soll (Qualification Method).

Prüflingsfehler lassen sich während der Messung entweder automatisch vom EUT-Monitoring-System oder vom Bediener manuell über die Tastatur in der R&S®EMC 32 detektieren. Für jeden Prüflingsfehler kann die individuelle Störschwelle ermittelt werden. Dabei führt die Software eine Worst-Case-Analyse über alle Modenrührer-Positionen und Modulationsarten durch, womit nur ein Frequenzdurchlauf notwendig ist (BILD 6 und 7).

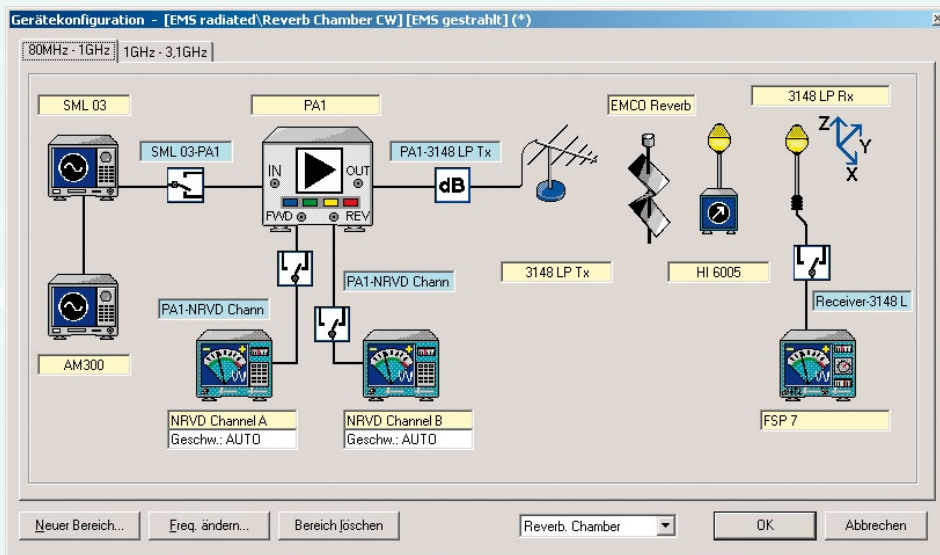


BILD 1 Messungen in einer Modenverwirbelungskammer: Mit der Software R&S®EMC-32 lässt sich die Gerätekonfiguration komfortabel durchführen (in diesem Beispiel für den Frequenzbereich 80 MHz bis 1 GHz).

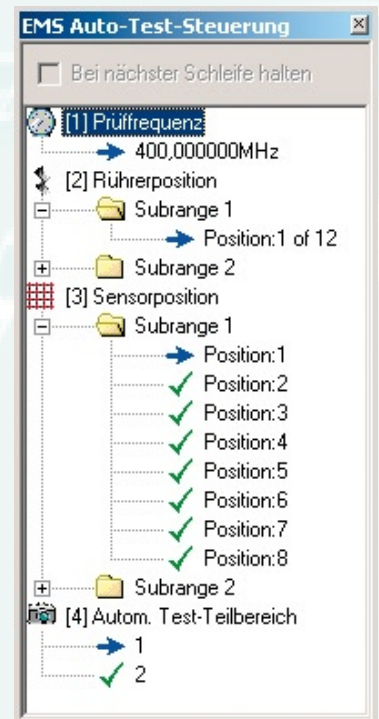


BILD 4 Dialog des EMS-Autotests während einer Kalibrierung.

R&S®EMC 32-S	Grundpaket für Störfestigkeitsmessungen
R&S®EMC 32-K1	Erweiterte EMS-Funktionalität für Automotiv- / MIL-Messungen
R&S®EMC 32-K3	Erweiterungsmodule für Modenverwirbelungskammer-Messverfahren nach EN 61000-4-21 (zusätzlich Option R&S®EMC 32-K4 erforderlich)
R&S®EMC 32-K4	EMS-Autotest-Funktionalität
R&S®EMC 32-K6	Messungen nach MIL-STD 461E CS103/4 / 5
R&S®EMC 32-K7	Generic-Treiber für HF-Generatoren, Leistungsmessgeräte und Oszilloskope
R&S®EMC 32-U6	Upgrade von R&S®EMC 32-S (Version <V 6.0) auf V 6.x

BILD 2 Die verfügbaren Erweiterungsmodule zur Software R&S®EMC 32.

BILD 3 Flussdiagramm für den EMS-Autotest.

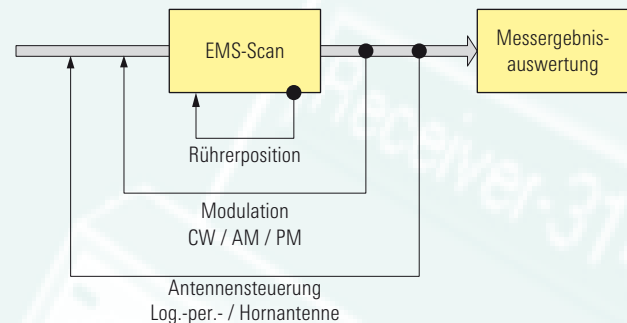


BILD 5 Ergebnis der Kalibrierung einer Modenverwirbelungskammer.

Name	Frequency	ACF	Insertion Loss	Standard Deviation X	Standard Deviation Y	Standard Deviation Z	Standard Deviation XYZ	P Input	P Ave Rec	P Max Rec	Avg Norm Max E-Field	Estimated E-Field	E-field Delta	
Einheit	MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dBm	dBm	dBm	V/m/SQR(W)	V/m/SQR(W)	dB	
Interpol.	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	Lin	
1	400,000000	10,993	6,373	2,476	2,895	1,739	2,483	39,980	28,987	35,450	49,726	40,954	1,686	
2	419,764000	11,731	7,506	1,335	2,763	2,653	2,438	40,022	28,291	34,121	41,419	37,847	0,784	
3	440,504539	11,157	6,605	1,336	2,867	2,698	2,637	40,017	28,860	34,528	48,987	44,367	0,860	
4	462,269869	12,140	7,016	2,203	1,360	2,064	1,994	40,003	27,862	34,728	55,470	44,280	1,957	
5	485,110623	12,518	7,411	1,666	1,961	1,874	2,186	40,016	27,498	34,667	46,555	44,297	0,432	
6	509,079939	11,718	7,228	1,810	2,156	1,351	1,732	40,009	28,291	34,490	55,334	47,564	1,314	
7	534,233578	12,320	7,714	1,783	1,852	1,832	1,696	40,007	27,687	34,046	46,943	47,020	-0,014	
8	560,630060	13,064	8,002	1,342	1,733	1,343	1,699	39,989	26,925	33,894	49,339	47,355	0,356	
9	588,330791	13,628	8,935	1,359	1,270	2,055	1,778	40,031	26,404	32,720	46,487	45,039	0,275	
10	617,400215	13,556	8,633	1,702	2,568	2,331	2,174	39,986	26,430	33,599	51,627	48,990	0,455	
11	647,905960	13,608	8,590	2,278	2,393	1,765	2,188	40,062	26,454	32,938	47,372	51,801	-0,776	
35	13													

► Am Ende der Prüfung erhält der Anwender sowohl eine Tabelle mit allen detektierten Fehlern als auch eine übersicht-

liche Grafik mit den Störschwellen aller geprüften Systeme.

Zusammenfassung

Messungen in Modenverwirbelungskammern sind eine interessante Alternative zu Störfestigkeitsmessungen in Absorberkammern. Die für Messungen in Absorberkammern bewährte EMS-Testsoftware R&S®EMC32-S deckt mit den neuen Erweiterungsoptionen R&S®EMC32-K3 / -K4 alle Messaufgaben für Störfestigkeitsmessungen in Modenverwirbelungskammern nach EN 61000-4-21 ab. Dies reicht von der Kalibrierung der Messkammer bis zum Prüflingstest. Die modulare Struktur der Software erlaubt die einfache Anpassung an Normenänderungen bzw. herstellereigenspezifische Prüfverfahren. Durch ihre offene EUT-Monitoring-Schnittstelle unterstützt sie die Automatisierung der Prüflingstests und ist somit zukunftssicher.

Robert Gratzl

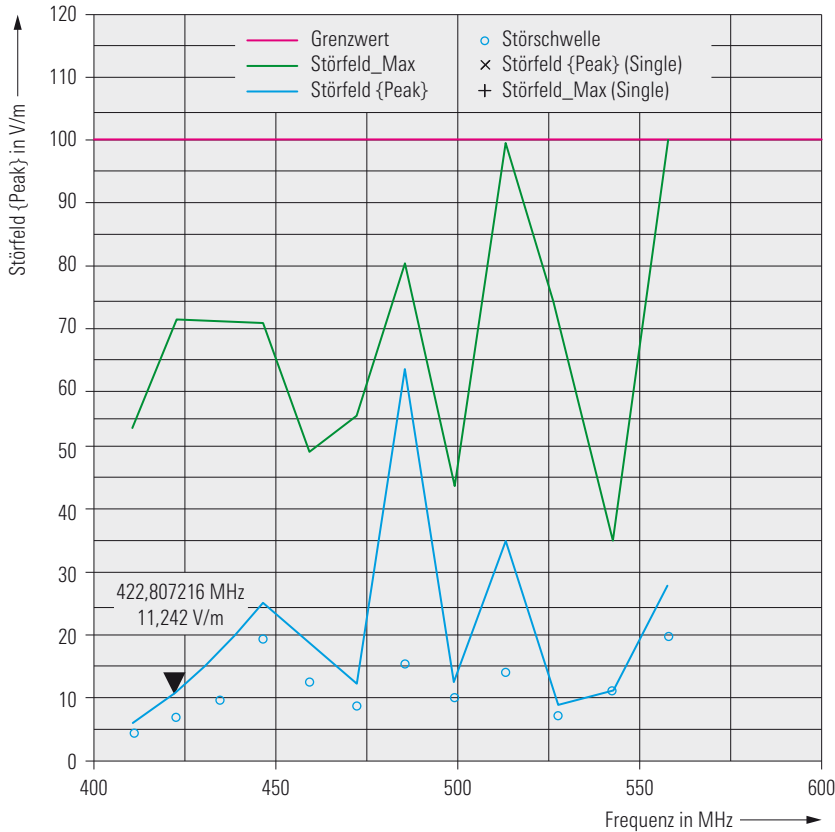


BILD 6 Grafisches Ergebnis einer Prüflingsmessung mit Ermittlung der Störschwellen.

BILD 7 Tabellarisches Ergebnis einer Prüflingsmessung mit Ermittlung der Störschwellen.

Name	Frequency	EUT Failure Mode	GO Value	Thres. Imm. Level	Target Imm. Level	Margin	Ampl. Power	Gen. Level	Tuner Positions	Tuner Position
Einheit	MHz			V/m	V/m	dB	W	dBm		
Detektor										
1	411,245531	Deviation Exceeded	-	4,37	100,00	-27,2	0,122	-41,4	12	2
2	422,807216	Deviation Exceeded	-	6,98	100,00	-23,1	0,287	-37,2	12	4
3	434,693945	Deviation Exceeded	-	9,84	100,00	-20,1	0,454	-35,1	12	3
4	446,914855	Deviation Exceeded	-	19,54	100,00	-14,2	1,546	-29,0	12	5
5	459,479342	Deviation Exceeded	-	12,54	100,00	-18,0	0,590	-32,9	12	9
6	472,397065	Deviation Exceeded	-	8,79	100,00	-21,1	0,277	-36,5	12	6
7	485,677954	Deviation Exceeded	-	15,55	100,00	-16,2	0,883	-31,1	12	9
8	499,332220	Deviation Exceeded	-	9,89	100,00	-20,1	0,430	-34,6	12	6
9	513,370359	Deviation Exceeded	-	14,08	100,00	-17,0	1,291	-29,9	12	11
10	527,803164	Deviation Exceeded	-	7,18	100,00	-22,9	0,553	-32,9	12	1
11	542,641731	Deviation Exceeded	-	11,18	100,00	-19,0	1,436	-28,1	12	12
12	557,897467	Deviation Exceeded	-	19,89	100,00	-14,0	3,368	-24,1	12	2