

Leitungsgebundene Störungen im Rahmen von EMV-Precompliance-Tests



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	32
1.1	Normen	33
1.2	Messtechnik und Methoden	33
1.2.1	CISPR 16-1	33
1.2.2	CISPR 16-2	33
1.2.3	CISPR 25	33

Nur in der Online-Version

2	Grenzwerte für leitungsgebundene Störungen	33
2.1	Überblick	33
2.1.1	CISPR und IEC Standards	33
2.1.2	Allgemeine EU Standards	33
2.1.3	Bestimmungen in den USA	33
2.2	Grenzwerte nach CISPR-Standard	33
2.2.1	CISPR 13 - Audio und TV-Receiver	34
2.2.2	CISPR 14 - Haushaltsgeräte und Elektrowerkzeuge	34
2.2.3	CISPR 14 - Elektrowerkzeuge	34
2.2.4	CISPR 15 - Leuchtmittel	34
2.2.5	CISPR 25 - Geräte in Fahrzeugen und Booten	34
3	Beispiele für Messaufbauten	35
3.1	Messaufbau mit der 50 μ H LISN nach CISPR 16	35
3.2	Messaufbauten mit der 5 μ H LISN nach CISPR 25	35
4	Einstellung des Spektrum Analysators	36
4.1	Software für EMV-Precompliance-Test	36
5	Profil	37
6	Kontakt	37
7	Impressum	37

1 Einführung

Alle elektronischen Geräte müssen heutzutage auf unerwünschte Aussendung elektromagnetischer Strahlung geprüft werden, die andere Geräte in der Umgebung negativ beeinflussen kann. Der Begriff „Elektromagnetische Verträglichkeit“ (EMV) oder „Electromagnetic compatibility“ (EMC) wie es im Englischen heißt, bezeichnet den Idealzustand, dass technische Geräte einander nicht durch ungewollte elektrische oder elektromagnetische Effekte störend beeinflussen. Grundsätzlich wird zwischen der Störaussendung (Stör-Emission) und der Störfestigkeit (Stör-Immunität) unterschieden.

Die elektromagnetischen Emissionen werden wiederum in zwei Bereiche aufgeteilt:

1. Leitungsgebundene Störungen werden durch Leitungen übertragen, die mit dem Gerät verbunden sind.
2. Abgestrahlte Störungen sind elektromagnetische Felder die ähnlich wie Funkwellen, durch Geräte bzw. deren Komponenten abgestrahlt werden.

Wir wollen uns in diesem Whitepaper auf leitungsgebundene Störungen konzentrieren, d. h. Störfrequenzen die der Prüfling über seine Versorgungsleitung – dies kann Netzspannung oder eine Niederspannungs-Versorgung sein – aussendet. Leitungsgebundene Störungen treten oft zusammen mit abgestrahlten Störungen auf. Die Reduzierung leitungsgebundener Störungen vermindert in der Regel auch abgestrahlte Störungen. Die Beschreibung der Messinstrumente, Methoden, Grenzwerte und relevanten Standards, sollen dem Entwickler und EMV-Beauftragten den Einstieg in die entwicklungsbegleitende Messung leitungsgebundener Störungen vereinfachen.

Die benötigte Ausstattung ist in diesem Fall relativ überschaubar: Ein Spektrum-Analysator sowie eine oder mehrere Netznachbildungen (LISN). Software-seitig ist eine EMV-Precompliance-Software – wie in Kapitel 4.1. beschrieben - empfehlenswert.

1.1 Normen

Um die Verträglichkeit in der Welt der Elektrotechnik sicherzustellen und Störungsmessungen reproduzierbar zu machen, haben internationale und nationale Standardisierungsgremien entsprechende Normen erarbeitet. Im Zusammenhang mit EMV-Precompliance-Tests fällt immer wieder die Abkürzung CISPR, die für das „International Special Committee on Radio Interference“ steht, eine Unterorganisation der „International Electrotechnical Commission“ (IEC). Viele derer Normen fließen in nationale und europäische Normen ein bzw. sind mit diesen identisch. Beispielsweise ist die Norm CISPR 16-1-1:2010 identisch mit der deutschen Fassung der Europäischen Norm EN 55016-1-1:2010. Daneben gibt es noch sog. „Technical Reports“, die jedoch keinen normativen Charakter haben.

Leider werden die Normungsdokumente von DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik), VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.) und anderen Verlagen nur kostenpflichtig publiziert. Einige Länder bieten auch kostenlosen Zugang zu nationalen Normen an, die an CISPR Standards angelehnt sind. Nicht alle Normen entsprechen dabei der aktuellsten Version des jeweiligen Basis-Standards.

Beispiel: <https://law.resource.org/pub/in/bis/manifest.litd.9.html>

Die CISPR-Publikationen werden grob in Basis-EMV-Publikationen, allgemeine EMV-Standards und EMV-Produktstandards eingeteilt. Sie definieren die Anforderungen an Einrichtungen und Geräte (räumliche Anordnung, Gerätekonfigurationen, Erdungs- und Schirmmaßnahmen) legen die Messmethodik fest, spezifizieren die Grenzwerte für Funkstörungen und beschäftigen sich mit den Anforderungen an die Störfestigkeit (Immunität gegenüber fremden Störungen).

2 Grenzwerte für leitungsgebundene Störungen“

2.1 Überblick

2.1.1 CISPR und IEC Standards

Bisher wurden über 30 CISPR-Standards veröffentlicht. Zahlreiche CISPR-Standards wurden durch die EU und Deutschland übernommen.

- CISPR 13 / DIN EN 55013 für Audio-und TV-Receiver
- CISPR 14 / DIN EN 55014 für Haushalts-Geräte
- CISPR 15 / DIN EN 55015 für Leuchtmittel
- CISPR 22 / DIN EN 55022 für IT-Produkte
- CISPR 25 / DIN EN 55025 für elektrische bzw. elektronische Komponenten in Fahrzeugen und Booten
- ETSI 301-489-x für Radio-Geräte

2.1.2 Allgemeine EU Standards

- IEC/ EN 61000-6-3 für Wohn-, Geschäfts-und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
- IEC/ EN 61000-6-4 für industrielle Umgebungen

2.1.3 Bestimmungen in den USA

- Federal Communications Commission (FCC) -Code of Federal Regulation

1.2 Messtechnik und Methoden

Die Spezifikation des Messaufbaus in Bezug auf die Messtechnik und Prüflinge wird in den folgenden Standards beschrieben. Die Grenzwerte von leitungsgebundenen Störungen werden im darauffolgenden Kapitel „Grenzwerte“ spezifiziert.

1.2.1 CISPR 16-1

CISPR 16, Teil 1 beschreibt Messgeräte und Testumgebung. Dies beinhaltet auch die Aspekte der Kalibrierung und die Nachvollziehbarkeit der Messung.

- Teil 1-1: Messtechnik, Testaufbau
- Teil 1-2: Ergänzende Messtechnik für leitungsgebundene Störungen
- Teil 1-3: Ergänzende Messtechnik für Störleistungsmessung
- Teil 1-4: Ergänzende Messtechnik für Störstrahlungsmessung
- Teil 1-5: Kalibrierung von Messantennen

1.2.2 CISPR 16-2

CISPR 16, Teil 2 beschreibt die Methoden zur Messung hochfrequenter EMV-Phänomene, sowohl in Bezug auf Emissionen als auch auf Störfestigkeit. Die relevanten Teile für die leitungsgebundenen Störungen sind:

- Teil 2-1: Messung leitungsgebundener Störungen
- Teil 2-2: Leistungsmessung von Störsignalen
- Teil 2-3: Messung abgestrahlter Störungen
- Teil 2-4: Störfestigkeitsmessungen

1.2.3 CISPR 25

Dieser Standard enthält Grenzwerte und Methoden zur Messung von elektrischen bzw. elektronischen Baugruppen bzw. Geräten in Fahrzeugen und Booten.

(CFR) Title 47 – Part 2, 15 and 18

2.2 Grenzwerte nach CISPR-Standard

- Typisches Frequenzband: 150 kHz bis 30 MHz (teilweise ab 9 kHz bzw. bis zu 108 MHz)
- Grenzwerte – Average und Quasi-peak oder Peak und Quasi-peak
- Messungen mit einem Average, Peak-und Quasi-Peak Detektor EMI Empfänger
- Für IT-Instrumente werden die Grenzen in Klasse A und Klasse B Products eingeteilt:
 - o Klasse B – Einsatz im Häuslichen Bereich. Die Limits sind hier strenger:
 - o Klasse A – Einsatz in allen übrigen Bereichen. Limits sind weniger streng, aber ein Warnhinweis muss im Handbuch vorhanden sein.
- Bei CISPR 25 werden Limits in die Produkt Klassen 1, 2, 3, 4 und 5 unterteilt.

Hinweis:

In EMV-Precompliance-Tests, wird der EMI Empfänger in der Regel durch einen Spektrum Analyzer ersetzt. Um ähnliche Ergebnisse mit einem Spektrum-Analysator zu erhalten, müssen Auflösung, Bandbreite, Frequenzbereich, Sweep-Zeit und Detektoren

geeignet eingestellt werden. Diese werden in diesem Dokument ebenfalls beschrieben.

2.2.1 CISPR 13 – Audio und TV-Receiver

Audio- und TV-Receiver und dazugehörige Gerätschaften, Tabelle 1:

Frequenzbereich	Höchstgrenzen an den Netzanschlüssen	
	Quasi Peak Detektor	Mittelwert Detektor
150 kHz – 500 kHz	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 66 bis 56 dBµV	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 59 bis 46 dBµV
500 kHz – 5 MHz	56 dBµV	46 dBµV
5 MHz – 30 MHz	60 dBµV	50 dBµV
Equipment-TIPP: Tekbox TBLC08 LISN von ALLDAQ.		

2.2.2 CISPR 14 – Haushaltsgeräte und Elektrowerkzeuge

Anforderungen an Haushaltgeräte, Elektrowerkzeuge und ähnliche Elektrogeräte, Tabelle 2

Frequenzbereich	An den Netzanschlüssen		An weiteren Anschlüssen	
	Quasi Peak [dBµV]	Mittelwert [dBµV]	Quasi Peak [dBµV]	Mittelwert [dBµV]
150 kHz – 500 kHz	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 66 bis 56 dBµV	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 59 bis 46 dBµV	80 dBµV	70 dBµV
500 kHz – 5 MHz	56 dBµV	46 dBµV	74 dBµV	64 dBµV
5 MHz – 30 MHz	60 dBµV	50 dBµV	74 dBµV	64 dBµV
Equipment-TIPP: Tekbox TBLC08 LISN von ALLDAQ.				

2.2.3 CISPR 14 - Elektrowerkzeuge

Netzanschlüsse von Elektrowerkzeugen (siehe Tabelle 3)

Frequenzbereich	Motoren mit einer Leistung bis 700W		Motoren mit einer Leistung von 700W bis 1000W		Motoren mit einer Leistung von über 1000W	
	Quasi Peak	Mittelwert	Quasi Peak	Mittelwert	Quasi Peak	Mittelwert
150 kHz - 350 kHz	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von...					
	66 bis 59 dBµV	59 bis 49 dBµV	70 bis 63 dBµV	63 bis 53 dBµV	76 bis 69 dBµV	69 bis 59 dBµV
350 kHz - 5 MHz	59 dBµV	49 dBµV	63 dBµV	53 dBµV	69 dBµV	59 dBµV
5 MHz - 30 MHz	64 dBµV	54 dBµV	68 dBµV	58 dBµV	74 dBµV	64 dBµV
Equipment-TIPP: Tekbox TBLC08 LISN von ALLDAQ.						

2.2.4 CISPR 15 - Leuchtmittel

Netzanschlüsse von Leuchtmitteln, Tabelle 4

Frequenzbereich	Quasi-Peak	Mittelwert
9 kHz – 50 kHz	110 dBµV	-
50 kHz – 150 kHz	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 90 bis 80 dBµV	-
150 kHz – 500 kHz	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 66 bis 56 dBµV	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 56 bis 46 dBµV
500 kHz – 5 MHz	56 dBµV	46 dBµV
5 MHz – 30 MHz	60 dBµV	50 dBµV
Equipment-TIPP: Tekbox TBLC08 LISN von ALLDAQ.		

CISPR 22 – Versorgung von IT-Geräten

Grenzwerte für Störungen an Netzanschlüssen von IT-Instrumenten der Klasse A, Tabelle 5

Frequenzbereich	Quasi-Peak	Mittelwert
150 kHz – 500 kHz	79 dBµV	66 dBµV
500 kHz – 30 MHz	66 dBµV	60 dBµV

Grenzwerte für Störungen an Netzanschlüssen von IT-Instrumenten der Klasse B, Tabelle 6

Frequenzbereich	Quasi-Peak	Mittelwert
150 kHz – 500 kHz	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 66 bis 56 dBµV	Linear abnehmend mit dem Logarithmus der Frequenz von 59 bis 46 dBµV
500 kHz – 5 MHz	56 dBµV	46 dBµV
5 MHz – 30 MHz	60 dBµV	50 dBµV
Equipment-TIPP: Tekbox TBLC08 LISN von ALLDAQ.		

2.2.5 CISPR 25 – Geräte in Fahrzeugen und Booten

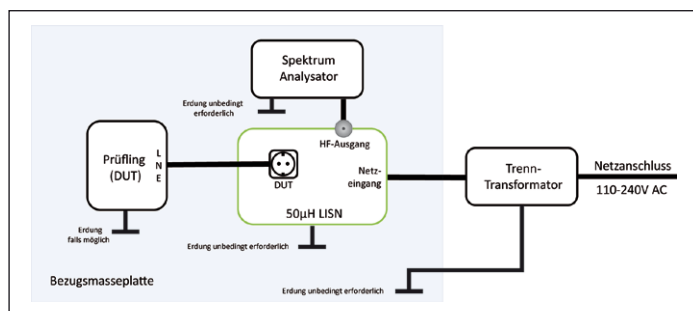
Grenzwerte für Störungen an DC-Versorgungsanschlüssen von elektrischen bzw. elektronischen Geräten in Fahrzeugen und Booten. (siehe Tabelle 7 auf der nächsten Seite)

Frequenzbereich	Levels in dB μ V									
	Klasse 1		Klasse 2		Klasse 3		Klasse 4		Klasse 5	
	Peak	Quasi Peak	Peak	Quasi Peak	Peak	Quasi Peak	Peak	Quasi Peak	Peak	Quasi Peak
150 kHz - 300 kHz	110	97	100	87	90	77	80	67	70	57
530 kHz - 1.8 MHz	68	73	78	65	70	57	62	49	54	41
5.9 MHz - 6.2 MHz	77	64	71	58	65	52	59	46	53	40
26 MHz - 28 MHz	68	55	62	49	56	43	50	37	44	31
30 MHz - 54 MHz	68	55	62	49	56	43	50	37	44	31
41 MHz - 88 MHz	58	-	52	-	46	-	40	-	34	-
68 MHz - 87 MHz	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
76 MHz - 108 MHz	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25

Equipment-TIPP: Tekbox 1 x oder 2 x TBOH01 LISN von ALLDAQ.

3 Beispiele für Messaufbauten

3.1 Messaufbau mit der 50 μ H LISN nach CISPR 16

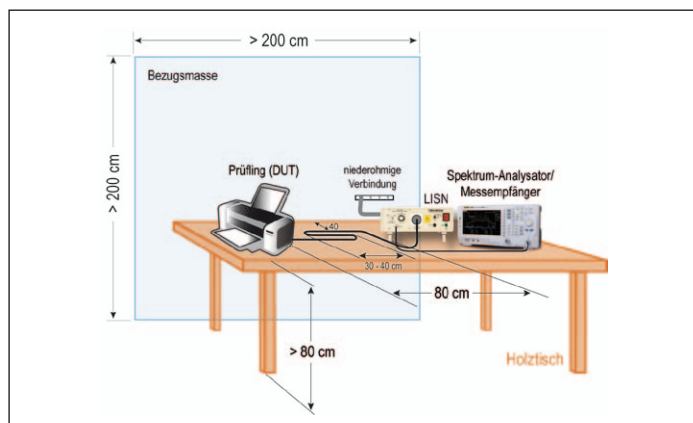


Der Prüfling muss isoliert sein und sich oberhalb der Bezugsmasse befinden. Der Spektrum-Analysator soll leitungsgeführte Störungen sowohl der Phase (L) als auch des Nullleiters (N) erfassen. Der Wert der Parallelschaltung der internen Kondensatoren der LISN zwischen Phase und Nullleiter gegen Masse beträgt 12 μ F. Dies bewirkt einen Blindstrom von etwa 0,75 A nach Masse und würde zur Auslösung des Fehlerstrom-Schutzschalters führen.

Dies ist nur ein Beispiel verschiedener Anordnungen, die in CISPR 16 beschrieben werden.

Beachte:

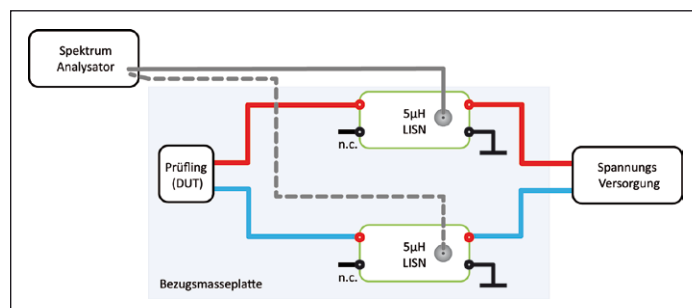
Wechselstrom-LISNs können in einer normalen Entwicklungs-umgebung nur zusammen mit einem Trenntransformator betrieben werden.



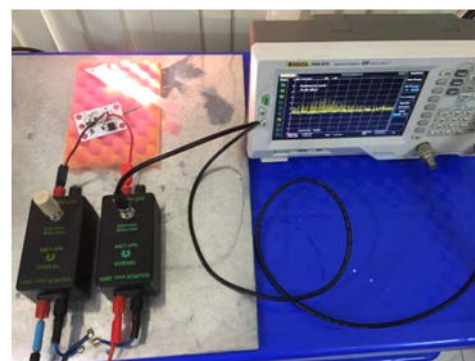
Wichtiger Hinweis!

Beim Arbeiten mit einer 50 μ H LISN ist es besonders wichtig, sich mit vorgeschalteten Dämpfungsgliedern (Attenuator) und einem Begrenzer (Limiter) an das zunächst unbekannte Störsignal heranzutasten. Beispielsweise können die beim Test von Schaltnetzteilen auftretenden, sehr energiereichen Spikes den empfindlichen Eingang des Spektrum-Analysators oder Messempfängers leicht zerstören! Prinzipiell gilt dies auch für andere Signalaufnehmer, die Praxis zeigt jedoch, dass dies im Zusammenhang mit AC-LISNs besonders oft vorkommt.

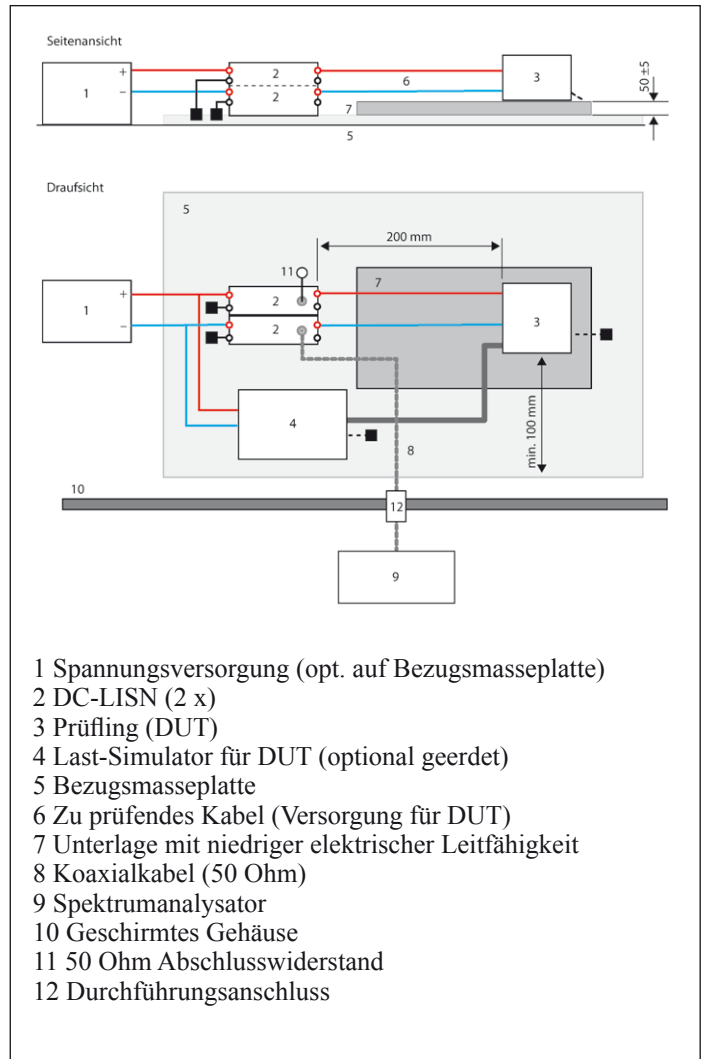
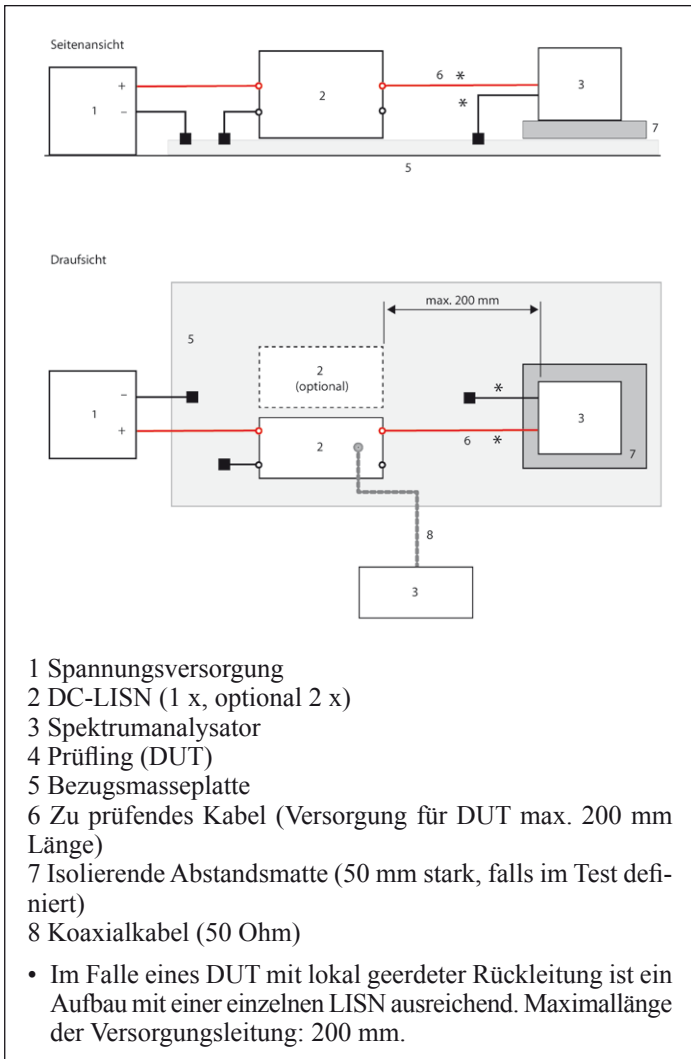
3.2 Messaufbauten mit der 5 μ H LISN nach CISPR 25



Der Prüfling (DUT) muss isoliert über der Bezugsmasse liegen. Der Spektrum-Analysator soll die Emissionen beider Versorgungsanschlüsse erfassen. Der HF-Ausgang der jeweils unbenutzten LISN muss mit 50 Ohm abgeschlossen sein. Im Falle eines DUT mit lokal geerdeter Rückleitung ist ein Aufbau mit einer einzelnen LISN ausreichend.



Beachte: Je nach Konstellation werden 1 bzw. 2 Stück TBOH01 DC-LISNs für den Messaufbau benötigt.



4 Einstellung des Spektrum Analysators

Der Spektrum-Analysator vom Typ Rigol DSA815 misst beispielsweise 601 diskrete Punkte über den gewählten Frequenzbereich. Um sicherzustellen, dass keine Störungen übersehen werden, sollte sich die Filterkurve bei jeweils benachbarten Frequenz-Punkten überlappen. Eine gute Einstellung für eine Auflösungsbandbreite (RBW) von 200 Hz ist die Wahl von 100 Hz Frequenz-Schritten. Ebenso sind Frequenzschritte von 4,5 kHz bei einer RBW von 9 kHz sinnvoll. Die Frequenzbänder für den Rigol DSA815 errechnen sich wie folgt:

$600 \times 100 \text{ Hz} = 60 \text{ kHz}$ im Frequenz-Spektrum von 9 kHz bis 150 kHz

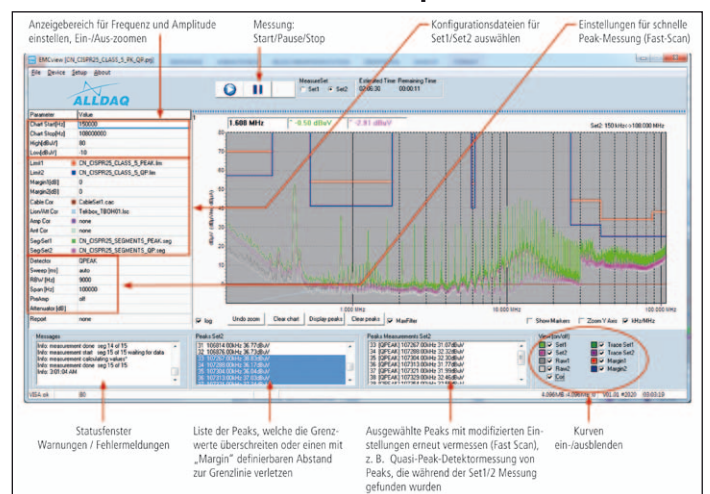
$600 \times 4,5 \text{ kHz} = 2,7 \text{ MHz}$ im Frequenz-Spektrum von 150 kHz bis 30 MHz.

Das Frequenzband von 9 kHz – 150 kHz, für das im Standard 200 Hz RBW verlangt wird, wird beispielsweise in folgende drei Sub-Bänder oder Segmente unterteilt: 9 kHz - 60 kHz, 60 kHz - 120 kHz, 120 kHz - 150 kHz. Bei Frequenzen oberhalb von 150 kHz sollte die Messung ebenfalls in Abschnitte mit einer maximalen Breite von 2,7 MHz aufgeteilt werden.

Bei Verwendung einer EMV-Precompliance-Software, brauchen Sie sich um die oben erwähnten Einstellungen nicht mehr selbst

kümmern, da diese in der Software idealerweise schon vordefiniert sind, wie im folgenden Kapitel beschrieben.

4.1 Software für EMV-Precompliance-Test



Die Hersteller von Spektrum-Analysatoren bieten meist auch eine PC-Software an, die nach Definition von Grenzwerten, Segmenten und Korrekturfaktoren den Spektrum-Analysator automatisch steuert, die Messergebnisse aufzeichnet und Grenzwert-Verletzungen dokumentiert. Besonders interessant ist eine neue Soft-

ware namens EMCview von der Firma ALLDAQ, die herstellerübergreifende Geräteunterstützung bietet und über 170 standard-spezifische Projekt-Definitionen inkludiert. Ein Projekt fasst alle Einstellungen zusammen, die für eine Messung notwendig sind. Dies sind Grenzlinien-Dateien, Segment-Dateien und Korrekturdateien sowie verschiedene Einstellungen für Anzeigebereich, Kurvenfarbe und die Peak-Vermessung. Die Anwendung ist sehr einfach zu bedienen: das Programm wird gestartet, der Spektrum-Analysator wird verbunden, die Projektdatei für den benötigten Standard wird geladen und der Anwender muss nur noch „Play“ drücken. Sämtliche Definitionsdateien können auch selbst eingegeben bzw. editiert werden.

In Anlehnung an den relevanten Standard messen Sie Störaussendungen auf der Spannungsversorgung mit der AC- oder DC-LISN oder analysieren Störabstrahlungen mit einer TEM-Zelle. Die integrierte Amplitudenkorrektur erlaubt die Definition von Korrektur- und Umrechnungs-Faktoren für Kabel, Dämpfungsglieder, Verstärker, Netznachbildungen (LISNs), TEM-Zellen, Antennen, HF-Stromwandler, Striplines und kapazitive Koppelstrecken. In den CISPR-Standards sind meist zwei Messdurchgänge (Pre-Scan und Final-Scan) spezifiziert, welche auch in der Software dargestellt werden können. Typischerweise zunächst mit dem sog. Mittelwert (Average)- oder Peak-Detektor und abschließend mit dem Quasi-Peak-Detektor. Da eine Quasi-Peak-Messung je nach Standard mitunter sehr lange dauert, gibt es die Möglichkeit ausgewählte Peaks per Fast-Scan gezielt zu vermessen.

5 Profil

ALLDAQ wurde als neue Business-Unit der ALLNET GmbH Computersysteme Anfang 2014 gegründet. Das ALLDAQ Team verfügt über langjährige Erfahrung in der Entwicklung PC-basierender Messtechnik. Das Leistungsspektrum gliedert sich in die Bereiche Eigenentwicklung von PC-Messtechnik sowie Distribution von Mess- und Automatisierungstechnik. Damit bietet ALLDAQ ein breites Portfolio für Industrie, Labor, Forschung und Ausbildung.

6 Kontakt

Autor: Michael Mayerhofer, Geschäftsführer Tekbox Digital Solutions Pte. Ltd. in Singapur

Co-Autor und Übersetzung: Josef Reicherzer, ALLDAQ Publishing

7 Impressum

*ALLNET GmbH Computersysteme
Maistrasse 2 - D-82110 Germering
Tel.: +49 89 894 222 – 22
Fax: +49 89 894 222 – 33
info@allnet.de
www.allnet.de*