

Messung von Funkstörungen mit Funkstörmeßempfängern

Im Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) nehmen die Funkstörungen einen wesentlichen Raum ein. Deren praktische Messung mit Erläuterung der theoretischen Zusammenhänge beschreibt der vorliegende Artikel. Dabei wird auch das Funktionsprinzip eines Funkstörmeßempfängers erläutert.

Allgemeines

Die Klangqualität der Musik von CD-Spielern hat bereits viele Anhänger gefunden. Um so betrüblicher ist es, wenn der ohnehin schon schlechtere Radioempfang von Musik durch das Auftreten von einzelnen oder wiederholten Knackgeräuschen gestört wird oder der Empfang gänzlich unmöglich wird. Diese Störungen sind häufig die Folge von elektromagnetischen Feldern, wie sie durch unzureichend geschirmte elektrische Geräte bzw. Kraftfahrzeuge erzeugt werden. Aber das Auftreten von ungewollten elektromagnetischen Störungen kann weitreichendere Folgen haben als die Beeinträchtigung von Rundfunk- oder Fernsehempfang.

Wird z. B. die vielgenutzte EDV-Anlage durch eine solche Störung zum Absturz gebracht, ist häufig Arbeit von Stunden oder Tagen gefährdet. Noch weitreichender sind die Auswirkungen auf medizinische oder sicherheitsrelevante, mikropro-

zessorgesteuerte Geräte. Hier muß gewährleistet sein, daß das Zusammenspiel von elektronischen Komponenten auf engstem Raum reibungslos funktioniert. Dies fordert zum einen eine gewisse Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern und zum anderen eine begrenzte Aussendung derselben.

Bedingt durch die immer weiter verbreitete Verwendung von elektronischen und elektrischen Geräten haben die Behörden der verschiedenen Industriestaaten schon seit Jahren für potentielle Störer wie Funkanlagen, elektrische Geräte, Leuchtstofflampen und andere per Gesetz die Einhaltung gewisser Grenzwerte von elektromagnetischen Störaussendungen festgelegt. Im Zuge des europäischen Binnenmarktes sind diese Vorschriften harmonisiert und auf den gesamten Raum der EU ausgedehnt worden.

Ab 01.01.96 laufen nun auch die letzten Übergangsfristen aus, und es wird erforderlich, daß alle Hersteller elektrischer oder elektronischer Geräte die Einhaltung der

Europäischen Normen nachweisen können oder durch ein entsprechendes Meßprotokoll eines akkreditierten Testhauses diesen Nachweis schriftlich erbringen.

Auf die Elektro- und Elektronikindustrie kommen, soweit noch nicht geschehen, aufgrund des für eine reproduzierbare Messung erforderlichen Meßgeräteaufwandes, zum Teil erhebliche Kosten zu. Zudem sind auch Fachleute gefragt, die auf dem Gebiet der elektromagnetischen Verträglichkeit einschlägige Erfahrungen haben. Der Aufbau eines firmeneigenen elektromagnetischen Prüfzentrums ist für viele Firmen kaum erschwinglich und würde die Produktkosten in unzulässige Höhe treiben.

Dies hat bereits viele Firmen bewogen, ein Testhaus aufzusuchen, welches diese Messungen als Dienstleistung anbietet. Bei Testhauskosten von ca. 400,— DM/Std. und einer in Zukunft immer größer werdenden Wartezeit kann dies jedoch nicht für alle Firmen die richtige Lösung sein.

Aber insbesondere auch im Hinblick auf

eine EMV-gerechte Geräteentwicklung ist es im allgemeinen unumgänglich, die wesentlichen relevanten Parameter zu messen. So ist es sinnvoll, unter anderem den wichtigen Bereich der Funkstörungen entwicklungsbegleitend zu betrachten und dazu die notwendigen Messungen im eigenen Hause durchzuführen. Hierzu werden häufig Spektrumanalysatoren oder Meßempfänger angeschafft und Meßbräumllichkeiten eingerichtet, die eine hohe Reproduzierbarkeit und Nähe der Meßergebnisse zur Messung im akkreditierten Labor gewährleisten.

Der sowohl für die Vormessung als auch für die normgerechte Abnahmemessung verwendete Funkstörmeßempfänger wird im weiteren beschrieben. Zuerst wird anhand des Aufbaus die grundsätzliche Funktion verdeutlicht. Die folgende Beschreibung zweier Meßverfahren zielt insbesondere auf die entwicklungsbegleitende Funkstörmessung ab. Der gelegentliche Vergleich mit dem Spektrumanalysator dient zur Verdeutlichung der Unterschiede der beiden Geräte.

Aufbau

Mit Hilfe des Funkstörmeßempfängers werden die von der Antenne oder anderen Meßwertaufnehmern kommenden Störsignale gemessen. Da sich die vom Prüfling abgegebenen Störungen über weite Bereiche erstrecken können, muß der gesamte in der Norm vorgeschriebene Frequenzbereich vom Empfänger abgedeckt werden.

Neben einer hohen Genauigkeit wird auch eine hohe Übersteuerungsfertigkeit erwartet. In der für die Meßempfänger gültigen Norm CISPR16 (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) wird ein Blockschaltbild des Empfängerbaus vorgegeben. Anhand dieses Bildes (Abbildung 1) soll der Aufbau erläutert werden. Die Blöcke enthalten:

1. Eichleitung
2. Vorselektion
3. Mischstufe

4. Oszillator
5. Zwischenfrequenzstufe
6. Demodulator mit Signalbewertung
7. Anzeigeeinheit
8. Kalibriergenerator
9. Übersteuerungsanzeige

Eichleitung

Im Eingangsbereich befindet sich die Eichleitung - ein einstellbares Widerstandnetzwerk. Sie dient zur manuellen oder automatischen Veränderung der maximalen Eingangsspannung. Das Eingangssignal kann mit Hilfe der Eichleitung auf optimale Größe für die nachfolgende Stufe eingestellt werden.

Besonders bei größeren Störsignalen ist der Einsatz der Eichleitung erforderlich, um eine Übersteuerung des Empfängers zu vermeiden.

Vorselektion

Die Vorselektion begrenzt den Eingangsfrequenzbereich auf ungefähr 10% der Eingangsfrequenz. Die Frequenzbereichsbegrenzung führt auch zu einer Verringerung der Eingangsleistung, die auf die Folgestufen trifft. Ihr Einsatz ist erforderlich, um den in der Meßgerätenorm (CISPR 16) geforderten Dynamikbereich zu erreichen.

Den meisten Spektrumanalysatoren fehlt diese Stufe. Daher können diese leicht übersteuert werden, was dann zur Verfälschung der Ergebnisse führt.

Mischstufe und Oszillator

An der Kennlinie der Mischstufe findet die eigentliche Messung statt. Durch Mischung mit einem hochfrequenten, sinusförmigen Oszillatorsignal wird das Eingangssignal in eine andere Frequenzlage umgesetzt. Dabei muß der Pegel des Eingangssignals konstant bleiben. Die neu gewonnene Frequenzlage (Zwischenfrequenz) ist immer gleich. Verschiedene Eingangsfrequenzen können durch die gleichlaufende Veränderung von Oszillator- und Vorselektionsfrequenz erreicht werden.

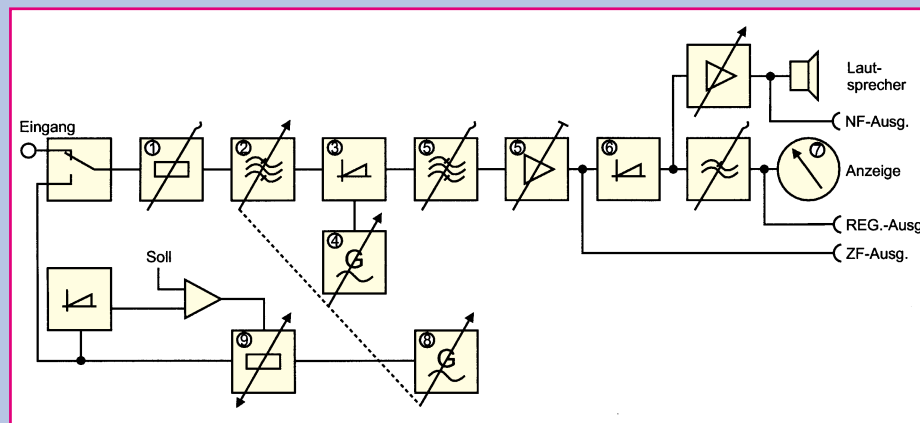


Bild 1: Blockschaltbild eines Funkstörmeßempfängers

Zwischenfrequenzstufe

Das Ausgangssignal der Mischstufe wird in der Zwischenfrequenzstufe so weit verstärkt, daß es von den Folgestufen zu verarbeiten ist.

Die Bewertungsbandbreiten von 200 Hz, 9 kHz und 120 kHz erzeugen entsprechende Filter. Im Gegensatz zum Spektrumanalysator sind die Filter im Meßempfänger zur Erlangung der geforderten Trennschärfe und Empfindlichkeit sehr schmalbandig. Die Zuordnung der Bewertungsfilter zu den Frequenzbereichen sieht wie folgt aus:

Frequenzbereich	ZF-Filter
9 kHz - 150 kHz	200 Hz
150 kHz - 30 MHz	9 kHz
30 MHz - 1000 MHz	120 kHz

Demodulator mit Signalbewertung

Am Ausgang der Zwischenfrequenzstufe ist nun eine der Eingangsspannung proportionale Zwischenfrequenzspannung mit einer dem Bewertungsfilter entsprechenden Bandbreite vorhanden. Zur Meßwertanzeige ist eine Gleichrichtung in der Demodulatorstufe erforderlich. Im Anschluß an die Gleichrichtung erfolgt die Signalbewertung. Es kann zwischen einem Spitzenwert- bzw. Peakfilter, einem Mittelwert- bzw. Averagefilter (AV) oder dem Quasipitzenwert- bzw. Quasipeakfilter (QP) gewählt werden.

Das Peakfilter mißt den maximal auftretenden Pegelwert, wie er z.B. bei Pulssignalen oder amplitudenmodulierten Signalen auftritt. Es hat eine sehr kurze Einschwingzeit und eignet sich daher besonders für eine schnelle Vormessung von Funkstörungen.

Im Mittelwertfilter findet eine Mittelung von Meßwerten statt. Die Dauer der Mittelung hängt von der Meßzeit ab und darf einen Wert von 50 msec nicht unterschreiten, um keine Meßwertverfälschung zu erzeugen.

In einigen Normen werden neben den Quasipeakgrenzwerten auch die Mittelwertgrenzwerte zugelassen.

Aus den Anfängen der Funkstörmeßtechnik stammt die nach wie vor in einigen Normen gültige Bewertung der Störungen nach ihrer Häufigkeit. Im Quasipeakfilter wird die Wiederholhäufigkeit von Störern berücksichtigt. Um eine exakte Aussage machen zu können, muß der Meßwert ca. 1 Sekunde gemessen werden.

Produkte, die mit dem QP-Filter bewertet werden dürfen, müssen auch nur den höheren QP-Grenzwert einhalten. Schirmungs- und andere emissionsbegrenzende Maßnahmen können eventuell entsprechend einfacher ausfallen.



Bild 2: Aufbau für eine Funkstörspannungsmessung

Anzeigeeinheit

Das bewertete Signal wird nun in passender Form der Anzeige zugeführt. Ein analoges Drehspulinstrument erleichtert das Erkennen von Tendenzen. Zusätzlich erfolgt eine numerische Anzeige. Alle Meßwerte eines vorgewählten Meßbereiches oder Scans können auf einem Drucker oder Plotter (siehe Abbildung 2) ausgegeben werden.

Die Ausgabe kann graphisch oder numerisch erfolgen. Über einen Lautsprecher ist eine akustische Kontrolle des Signals möglich. So erhält man eine Hilfe bei der Zuordnung der Störquelle.

Kalibriergenerator

Um auch langfristig eine hohe Genauigkeit sicherzustellen, ist eine eingebaute Kalibriereinrichtung erforderlich. Ein mit der Eingangsfrequenz mitlaufender Generator kann entweder eine Kurzkalibrierung auf einer festen Frequenz oder eine Totalkalibrierung durchführen.

Bei der Totalkalibrierung wird eine Kalibrierung bei den verschiedenen Bewertungsbandbreiten, Bewertungsarten, Einstellungen der Eichleitung und an verschiedenen Frequenzpunkten durchgeführt.

Übersteuerungsanzeige

Eine Übersteuerung des Empfängers würde zu falschen Meßwerten führen. Zur Erkennung von Übersteuerung wird an allen relevanten Punkten der Signalpegel ermittelt und mit den zulässigen Maximalwerten verglichen. Im Übersteuerungsfall wird dem Benutzer die Übersteuerung am Display mitgeteilt.

Dem Spektrumanalysator fehlt diese Anzeige. Daher besteht die Gefahr von Fehlmessungen durch Übersteuerung.

Praktischer Einsatz

Im Bereich der Vormessungen ist der Einsatz eines Meßempfängers überall dort sinnvoll, wo man den Meßwerten der Abnahmemessung so nahe wie möglich kommen möchte. Dieses ist möglich, wenn auch die Meßumgebung kostengünstig eine reproduzierbare Messung ermöglicht.

Prüflinge, bei denen die Messung der

leitungsgebundenen Störungen erforderlich ist, werden mit einer Netznachbildung verbunden, die dem Netzanschluß vorgeschaltet wird. In ihr wird das hochfrequente Signal ausgekoppelt und auf den Meßempfängereingang gegeben. Die Europannorm 55022 fordert diese Messung im Bereich von 150 kHz bis 30 MHz.

Nachdem alle Verbindungen hergestellt sind (s. Abbildung 2), kann man im Empfänger die Verwendung einer Netznachbildung auswählen. Nach der Auswahl korrigiert der Empfänger den Frequenzgang der Netznachbildung automatisch.

Weiter ist auf die richtige Meßzeiteinstellung zu achten. Zum einen ist die Einschwingzeit der jeweiligen Bewertung zu berücksichtigen und zum anderen die Häufigkeit der Störer. Bei netzfrequenten Störern sind also mindestens 10 bzw. 20 msec einzustellen.

Start- und Stopfrequenz sowie die Schrittweite können gemäß Abbildung 3 eingestellt werden. Wenn eine reine Breitbandstörung vorliegt - wie z.B. bei Elektromotoren - kann die Schrittweite auch in Prozent von der Meßfrequenz gewählt werden, da das Pulsspektrum über weite Bereiche nur geringfügige Änderungen aufweist.

Nach Auswahl der für den Bereich geforderten Meßbandbreite von 10 kHz bzw. 9,5 kHz $\pm 0,5$ kHz bei -6 dB muß die richtige Signalbewertung erfolgen. Der Meßempfänger läßt eine Auswahl von mehreren Demodulatorfiltern zu. In diesem Fall wird der Mittelwert gemessen. Bei der Vormessung werden Peak- und Mittelwertfilter gleichzeitig mit einer Meßzeit von 1 msec ausgewählt. In der Abschlußmessung erfolgt dann nur noch die Überprüfung der kritischen Frequenzen mit dem QP- und AV-Filter und einer Sekunde Meßzeit.

In Abbildung 4 sieht man das Ergebnis einer Funkstörspannungsmessung. Der blaue Kurvenzug gibt das Ergebnis der schnellen Vormessung in Peak und der grüne in Average an. Die mit „+“ gekennzeichneten Punkte sind die 1 Sekunde langen Nachmessungsergebnisse mit Average-Bewertung, und die mit „*“ markierten Werte sind die Quasipeakmeßwerte. Durch die roten Linien werden die QP- und AV-Grenzwerte angegeben. Sie können vorab fest in den Empfänger eingegeben werden.

Im Vergleich zu den leitungsgebundenen Störungen, die mit der Netznachbildung meßbar sind, ist die Messung der gestrahlten Störer sehr aufwendig.

Eine reproduzierbare Meßumgebung besteht aus einem Freifeld mit homogenen Bodenverhältnissen und reflexionsfreier Umgebung. Der große Platzbedarf und der Einfluß durch Umgebungsstörer erschweren diese Problemlösung.

Um trotzdem im Zuge einer Vormes-

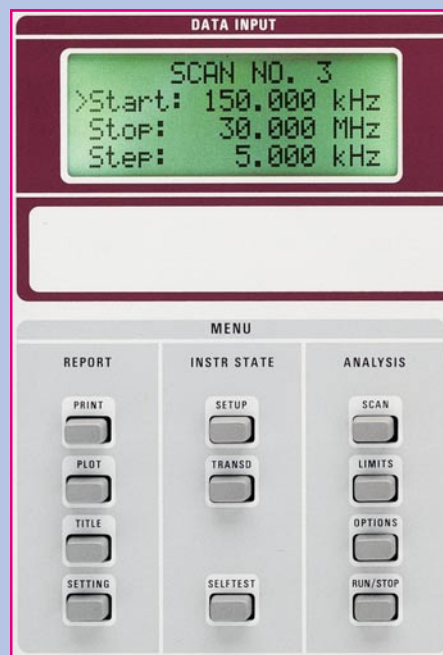


Bild 3: Einstellung am Meßempfänger

ROHDE & SCHWARZ
RFI VOLTAGE TEST

EUT: PC Power Supply
 Manuf: PC & POWER
 Op Cond: Screen connected
 Operator: J. Wolf
 Test Spec: EN 55022
 Comment: Line Filter not grounded

Scan Settings (1 Range)			Receiver Settings					
Start	Stop	Step	IF BW	Detector	M-Time	Atten	Preamp	OpAge
150k	30M	5k	10k	PK+AV	1ms	AUTO	LD	OFF 60dB

Final Measurement: * GP / + AV
 Meas Time: 1 s
 Subranges: 25
 Acc Margin: 20dB

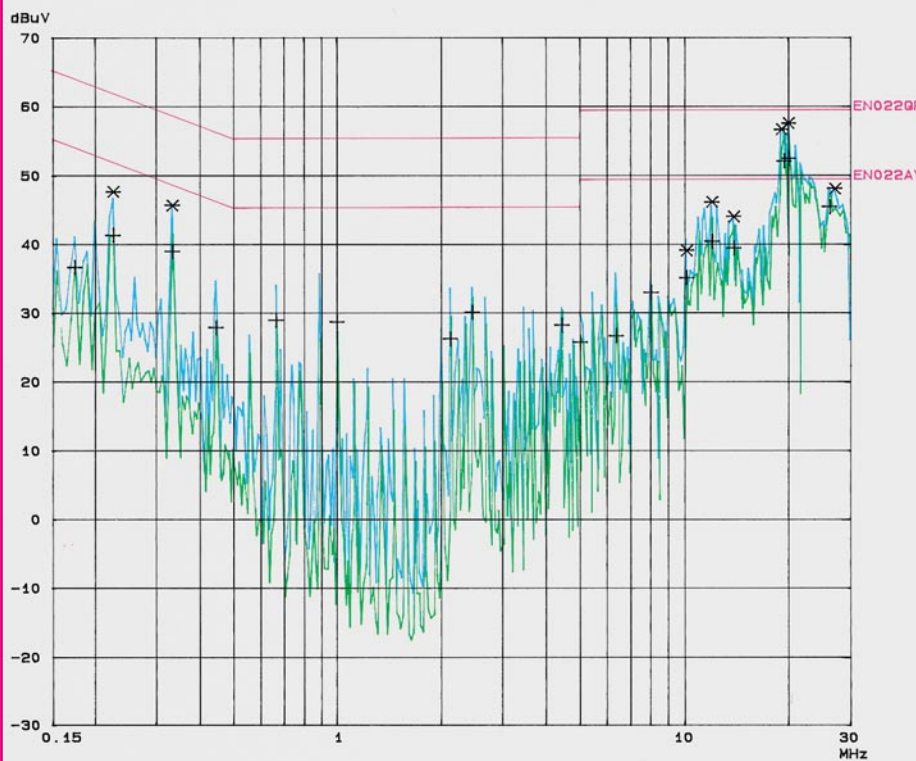


Bild 4: Ergebnis einer Funkstörspannungsmessung

sung die Störstellen eines Prüflings feststellen zu können, kann man die für die Störleistungsmessung vorgeschriebene MDS-Zange (benannt nach dem Erfinder Mayer de Stadelhofen) verwenden (Abbildung 5). Die MDS-Zange darf für Geräte mit Kantenlängen < 1 m im Bereich von 30 MHz - 300 MHz eingesetzt werden.

Bei dieser Gerätegröße wird der Hauptteil der Störenergie über das Netzkabel oder andere Zuleitungen abgegeben. Wird mit dem Empfänger nun auch noch der Bereich von 300 MHz - 1000 MHz gemessen, so weisen die Ergebnisse große Fehler auf. Man erkennt jedoch alle auftretenden Störungen und kann diese mit einem Akzeptanzwert vergleichen. Der Akzeptanzwert muß im Vergleich zur Grenzwertlinie die systematischen Fehler dieser Lösung berücksichtigen. Wählt man den Akzeptanzwert niedrig genug, so kann auch die erforderliche Veränderung der Zangenposition auf der Zuleitung entfallen.

Die anschließende Feldstärkemessung braucht nur noch an den kritischen Frequenzpunkten zu erfolgen. Der Erfolg der Vormessung mit der MDS-Zange ist beachtlich. Sie dauert einschließlich der QP-Nachmessung ca. 7 Min. Durch die erforderliche Veränderung von Prüflingsposition und Masthöhe würde die gleiche Messung im Freifeld ca. 7 Std. dauern.

Die Auswahl der richtigen Meßtechnik ist eine wichtige Voraussetzung zur Erlangung reproduzierbarer und brauchbarer Meßergebnisse, während die Auswahl des richtigen Meßverfahrens zu erheblichen Kosteneinsparungen bei den Messungen führen kann.

ELV



Bild 5: Meßplatz zur Funkstörleistungsmessung