

Beschleunigung von Funkstörfeldstärkemessungen durch Vormessen mit der MDS-Zange

Die Funkstörfeldstärkemessung an elektrischen und elektronischen Geräten und von Anlagen im Frequenzbereich von 30 bis 1000 MHz gehört zu den zeitaufwendigsten Aufgaben der Funkstörmeßtechnik. Der vorliegende Artikel beleuchtet den Zeitaufwand und gibt Anregungen für einen optimierten Meßablauf.

Manfred Stecher

Funkstörfeldstärkemessungen

Die Störstrahlung eines Prüflings ist richtungs- und polarisationsabhängig. Nachdem die Messung auf einem Meßplatz mit leitender Grundfläche stattfindet, wird die Störfeldstärke außerdem höhenabhängig, wobei es zur nahezu völligen Auslöschung der Feldstärke am Ort der Meßantenne kommen kann.

Weil Polarisation, Abstrahlrichtung und Antennenhöhe der maximalen Feldstärke im allgemeinen nicht vorhersagbar sind, müssen Antennenhöhe und Prüflingsazimut jeweils mit horizontaler und vertikaler Polarisation der Antenne bei ständiger Beobachtung des Störspektrums gescannt werden. Dies führt zu langen Meßzeiten. Jede Maßnahme zur Meßzeitverkürzung ist daher willkommen.

Das Problem der langen Meßzeit ist nicht neu, weshalb immer wieder Vorschläge zur Vermeidung der Funkstörfeldstärkemessungen gemacht wurden und werden.

Für Prüflinge, deren Abmessungen klein gegenüber der Wellenlänge sind und deren Störabstrahlung hauptsächlich über ange-

schlossene Kabel erfolgt, wurde deshalb schon vor etwa 25 Jahren die Messung der maximalen abstrahlbaren Funkstörleistung auf Leitungen als Ersatz für die Messung der Funkstörfeldstärke vorgeschlagen (1). Seitdem ist diese Messung für die Störmessung von Haushaltsgeräten und von Elektrowerkzeugen im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz genormt.

Gegenüber Meßverfahren mit Stromwandlern und Nahfeldsonden hat die Anwendung der MDS-Zange den Vorteil der Dämpfung stehender Wellen.

Für Prüflinge, bei denen die Funkstörfeldstärkemessung vorgeschrieben ist, kann

die Messung der Funkstörleistung aber aus folgenden Gründen nicht als Ersatz dienen:

1. Die Funkstörleistungsmessung ist im allgemeinen auf den Bereich von 30 bis 300 MHz beschränkt, weil über 300 MHz die Abmessungen der meisten Prüflinge nicht mehr klein gegen die Wellenlänge sind.

2. Die Korrelation Funkstörleistung/Funkstörfeldstärke hat, wie Abbildung 1 zeigt, eine große Streubreite.

In (2) wurden Ergebnisse der Funkstörfeldstärkemessung und der Funkstörleistungsmessung kleiner Prüflinge einander gegenübergestellt. Die frequenzabhängige Pegeldifferenz RF (Relation Factor) ist gleich dem logarithmierten Verhältnis von Funkstörleistung in pW zur Funkstörfeldstärke in $\mu\text{V}/\text{m}$ eines Prüflings:

$$\text{RF in dB(pW}/\mu\text{V/m)} = \text{Funkstörleistungspegel in dBpW} - \text{Funkstörfeldstärkepegel in dB}\mu\text{V/m.}$$

Aus diesen Gründen ist die Anwendung der Funkstörleistungsmessung mit der Absorberzange fast ausschließlich auf die erwähnten Haushaltsgeräte und Elektrowerkzeuge nach CISPR 14 und VDE 0875, Teil 14 beschränkt. Für kleine ITE-Geräte (Information Technology Equipment) waren Grenzwerte in der Diskussion, für andere Gerätefamilien, wie ISM-Geräte (Industrial, Scientific, Medical) gibt es bisher nur die Funkstörfeldstärkemessung.

Andere Verfahren zur Vermeidung der Funkstörfeldstärkemessung, wie das Abschätzen der Fernfeldstärke aufgrund von Nahfeldmessungen oder aufgrund von Strommessungen auf Leitern führen zu einer noch schlechteren Korrelation mit der Feldstärkemessung.

Durch Verwendung der MDS-Zange zur Vormessung kann man den Aufwand erheblich reduzieren, indem man die Funkstörfeldstärkemessung auf eine Messung bei kritischen Frequenzen - solchen, bei denen die Gefahr der Grenzwertüberschreitung besteht - beschränkt.

Beschleunigung durch schnelle Vormessung und Datenreduktion

Insbesondere bei rechnergesteuerten Störaussendungs-messungen kommt es auf Zeitersparnis

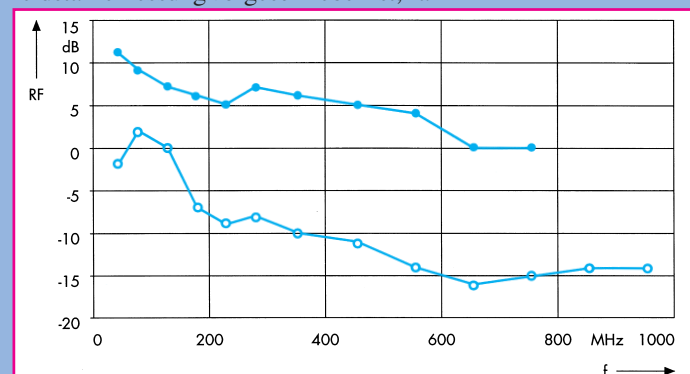
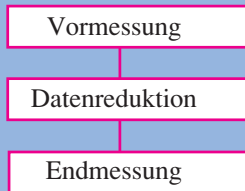


Bild 1: Extremwerte des Relation Factors RF für kleine Prüflinge (nach [2])

bei gleichzeitig hoher Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Ergebnisse an, denn automatische Messung ist ja nicht nur die vom Automaten ausgeführte manuelle Messung. Bei unreflektierter Umsetzung der Normen in automatische Abläufe kommen zu große Meßzeiten zustande. Aus diesem Grund empfiehlt sich ein Meßablauf nach folgender Sequenz (3):



Die Vormessung dient dazu, ein Bild vom Verlauf des Störspektrums zu geben. Wenn Schmal- und Breitbandstörungen im Spektrum enthalten sein können, muß das Spektrum in Schritten erfaßt werden, die kleiner als die Meßbandbreite sind. Sie wird mit dem Spitzenwert-Gleichrichter des Meßempfängers durchgeführt; seine Verwendung hat zwei Gründe:

1. Der Spitzenwert-Gleichrichter ist schneller als alle bewertenden Gleichrichterarten, weil keine Einschwingzeiten zu beachten sind.

2. Diese Gleichrichterart erfaßt den Höchstwert der Störgröße innerhalb der Meßzeit. Wenn also der Prüfling sich in der Betriebsart mit höchster Störemission befindet und die Meßzeit zur Erfassung des wesentlichen Störereignisses ausreicht, dann zeigt das Vormeßergebnis die maximale Störemission an.

Bei der Vormessung ist sicherzustellen, daß das Spektrum auch bei räumlicher und zeitlicher Schwankung vollständig erfaßt wird.

Die Datenreduktion ist das für die Zeiteinsparung notwendige Bindeglied. Sie sucht eventuell schon während der Vormessung aus dem Störspektrum die kritischen Frequenzen heraus.

Zeitaufwendige Messungen, wie die mit dem Quasi-Spitzenwert-Gleichrichter oder die Suche lokaler Emissionsmaxima, müssen nicht bei jeder Frequenz durchgeführt werden. Man kann sich auf solche Frequenzen beschränken, bei denen sich der Spitzenwert entweder über dem Grenzwert oder in seiner Nähe befindet.

Ein sehr zweckmäßiges, bei der Meßempfängerfamilie ESHS (4) und der EMI-Meßsoftware ES-K1 (5) angewendetes Verfahren besteht darin, daß man den gesamten Frequenzbereich in Teilbereiche aufteilt und die Maximalwerte jedes Teilbereichs mit dem Emissionsgrenzwert vergleicht.

Die Endmessung umfaßt zeitraubende Meß- und Auswertvorgänge bei den kritischen Frequenzen wie Messungen mit dem

Quasi-Spitzenwert-Gleichrichter und Ermittlung des Emissionsmaximums durch Verschieben der Absorberzange beziehungsweise durch Ändern der Antennenhöhe und Drehen des Prüflings.

Bekannte Verfahren zur Funkstörfeldstärkemessung

Zur Erfassung der kritischen Frequenzen ist im Fall der Funkstörfeldstärkemessung die Anordnung des Prüflings und der Meßantenne für maximale Feldstärke zu finden. Anschließend ist bei dieser Anordnung die Störung richtig zu bewerten, das heißt hier, mit dem Quasi-Spitzenwert-Gleichrichter zu messen.

Bisherige Verfahren der Funkstörfeldstärkemessung verwenden auch zum Suchen der kritischen Frequenzen ein Feldstärkemeßverfahren. Wegen der Gefahr der Wellenauslöschung am Ort der Meßantenne müssen die Höhe der Meßantenne und der Azimut des Prüflings für zwei Polarisationen (horizontal und vertikal) der Meßantenne bei wiederholten Frequenz-Scans erfaßt werden. Zum Suchen der kritischen Frequenzen müssen somit drei Parameter - Antennenhöhe, Antennenpolarisation und Prüflingsazimut - variiert werden.

Die Meßzeit für einen Frequenz-Scan mit dem Spitzenwert-Gleichrichter muß man also mit der Zahl der Positionen von Antenne und Prüflingsazimut multiplizieren, um die Gesamtzeit für die Vormessung zu erhalten.

Reduktion der Gesamtmeßzeit durch Vormessen mit der Absorberzange

Man kann ein Variieren dreier Parameter vermeiden, wenn man zur Suche der

kritischen Frequenzen (Vormessung) bei Prüflingen mit einem wesentlichen Anteil der Störstrahlung über Anschlußleitungen die Funkstörleistungsmessung verwendet. Hierbei muß nur ein Parameter, die Position der Zange auf dem zu messenden Kabel, variiert werden.

Ein vereinfachtes Verfahren ergibt sich, wenn man auf ein Variieren der Zangenposition verzichtet und statt dessen einen größeren Sicherheitsfaktor in den Meßablauf einbaut. Die anschließende Funkstörfeldstärkemessung wird dadurch auf die Nachmessung bei kritischen Frequenzen reduziert.

Die Einschränkung „wesentlicher Anteil der Störstrahlung über Anschlußleitungen“ bezieht sich vor allem auf die Abmessungen eines Prüflings. Prüflinge mit großen Abmessungen, wie 19-Zoll-Gestelle, strahlen einen großen Anteil der Störenergie über das Gehäuse ab und taugen daher nicht für dieses Verfahren. Die Grenze der Prüflingsabmessungen kann aber nicht scharf gezogen werden. Für die hier durchgeführte Vormessung können die Abmessungen sicher größer sein als für den ansonsten in Erwägung gezogenen Ersatz der Störfeldstärkemessung durch die Störleistungsmessungen.

Damit bei der Suche der kritischen Frequenzen mit der Funkstörleistungsmessung mit Sicherheit alle Frequenzen gefunden werden, bei denen der Funkstörfeldstärkengrenzwert überschritten werden könnte, muß der Grenzwert LP für die Funkstörleistungsmessung (Abbildung 2) folgendermaßen festgesetzt werden:

$$LP/dBpW = LF/dB\mu V/m + RF/dB (pW/\mu V/m),$$

dabei ist LF der Grenzwert der Funkstörfeldstärke (siehe Bild 4).

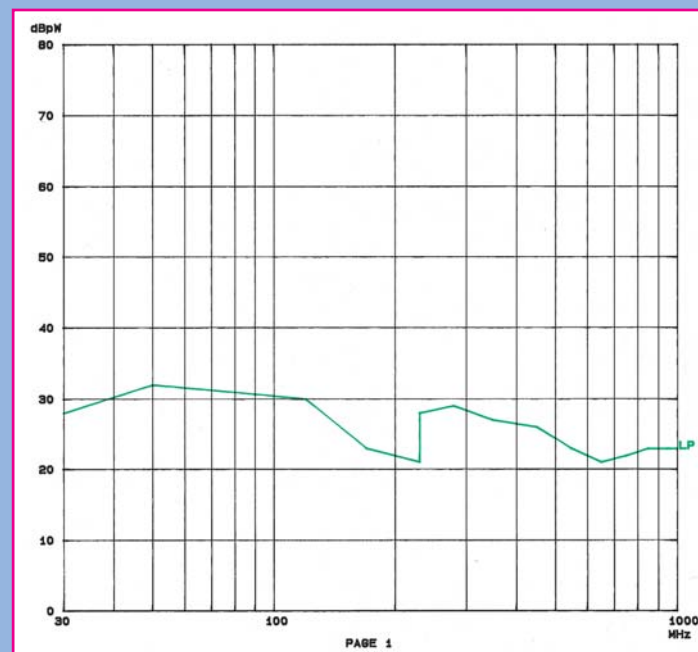


Bild 2: Grenzwert der Störleistung zur Bestimmung der kritischen Frequenzen. Der zugrundeliegende Grenzwert der Störfeldstärke gilt nach CISPR 22, Klasse B

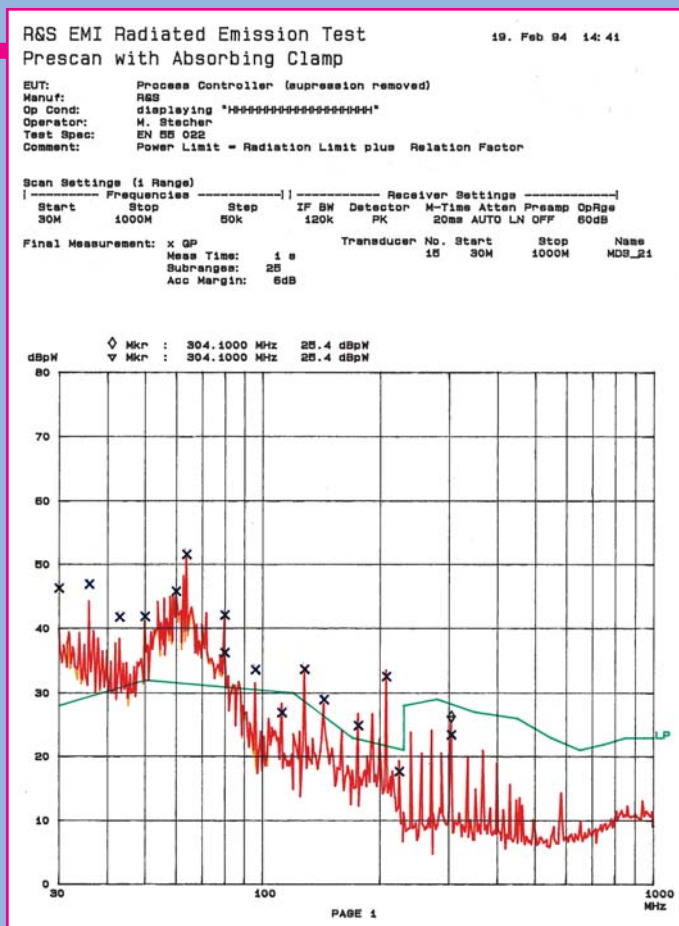


Bild 3: Störleistungsspektrum eines präparierten Prüflings, gemessen mit Meßempfänger ESVS mit Markierung der Quasi-Spitzenwerte der kritischen Frequenzen.

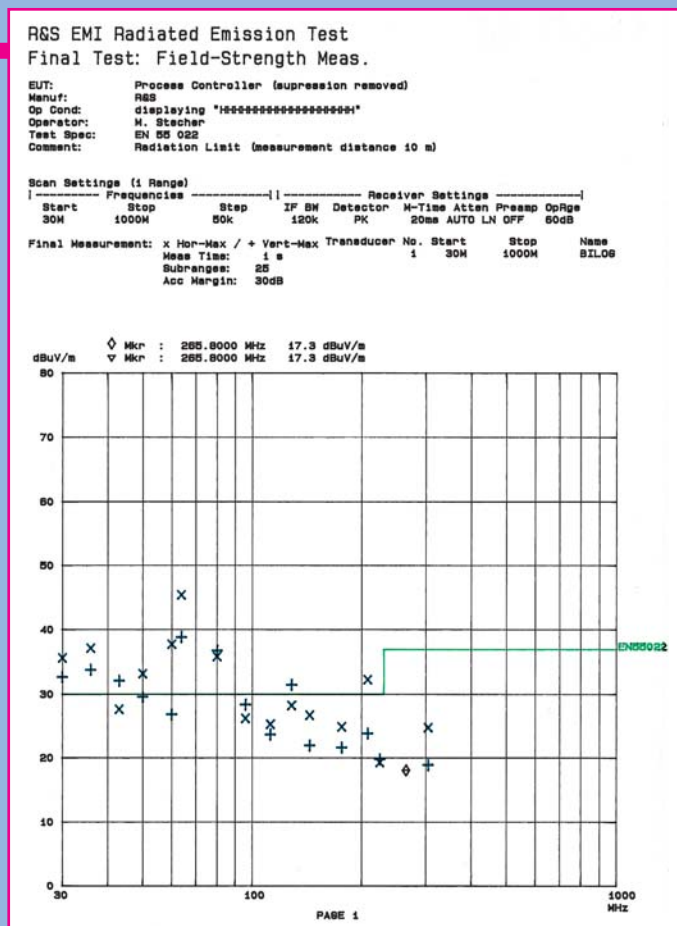


Bild 4: Störfeldstärke-Meßwerte desselben Prüflings wie in Bild 3 bei den kritischen Frequenzen, gemessen mit Meßempfänger ESVS.

Vergleich der Meßzeiten für die Vormessung

Vormessung durch Messung der Funkstörfeldstärke: Es wird von einer Suche der Störstrahlungsmaxima mit folgenden Einstellungen ausgegangen:

- Drehtischpositionen: alle 30° (12 Positionen),
- Positionen der Antennenhöhe: 30 bis 200 MHz alle 1 m (4 Positionen), 200 bis 500 MHz alle 0,5 m (7 Positionen), 500 bis 1000 MHz alle 0,2 m (16 Positionen),
- Polarisation der Antenne: horizontal und vertikal (2 Positionen).

Mit diesen Einstellungen für sichere Erfassung der Störstrahlung ergibt sich bei einer Meßzeit von 10 ms pro Meßwert eine Gesamtzeit für die Vormessung von 7,2 h! Man kann die Meßzeit pro Meßwert zwar reduzieren, reduziert damit aber auch die Wahrscheinlichkeit für die Erfassung zeitlich schwankender Störsignale.

Praktischer Meßablauf

Mit der Funkstörleistungs-Vormessung läuft eine beschleunigte Funkstörleistungsmessung folgendermaßen ab:

1. Suche der kritischen Frequenzen durch Funkstörleistungsmessung auf einem An-

schlußkabel des Prüflings. Dabei dient der Wert LP als Grenzwert. Aus Sicherheitsgründen zieht man zur Festlegung des Grenzwertes kleine Werte von RF heran (siehe Bild 3). Ein frei wählbarer frequenzunabhängiger Akzeptanzoffset Δ LP/dB dient als weiterer Sicherheitsfaktor. Wenn der Prüfling eine nennenswerte Störemission aufweist, erhält man durch Datenreduktion eine Reihe von Frequenzen, bei denen der Grenzwert der Funkstörleistung überschritten werden könnte (Bild 4).

2. Durchführung der Funkstörleistungsmessung auf den kritischen Frequenzen mit Variation der drei Parameter Antennenpolarisation, Antennenhöhe und Prüflingsazimut. Bei der Anordnung mit maximaler Feldstärke ist die Messung mit einem Quasi-Spitzenwert-Gleichrichter durchzuführen, weil alle bekannten Normen zur Funkstörleistungsmessung diesen Gleichrichter vorschreiben (Bild 4).

Fazit

Um bei der Funkstörleistungsmessung kleinerer Prüflinge eine sichere Erfassung des Störspektrums bei kurzer Gesamtmeßzeit zu erhalten, kann man die Funkstörleistung mit der Absorberzange zu Hilfe nehmen. Da sie in dem hier vorgeschlagenen Verfahren nur zur Vormessung eingesetzt wird, spielt die Streuung der Korrelation zwischen Funkstörleistung und Funkstör-

feldstärke des Prüflings eine untergeordnete Rolle. Durch die Endmessung der Feldstärke wird ja die tatsächliche Funkstörleistung gemessen.

Erfahrungen sind noch erforderlich, damit Aussagen über die Sicherheit der Erfassung der wirklich kritischen Frequenzen getroffen werden können.

Nachdem die Erfassung der Störleistung bei zeitlich stark schwankender oder intermittierender Störung ein schier unlösbares Problem darstellt, ergibt sich durch Anwendung des hier vorgeschlagenen Verfahrens die Chance, zu einem Erfolg zu kommen, weil nur mit einem Suchverfahren zur sicheren Ermittlung des Störspektrums, das kurze Ablaufzeiten bietet, praktikable Gesamtmeßzeiten entstehen. **ELV**

Literatur

- Meyer de Stadelhofen, J.; Bersier, R.: Die absorbierende Meßzange - eine neue Methode zur Messung von Störungen im Meterwellenbereich. Technische Mitteilung PTT 3/1969.
- CISPR/G/WG1 (Ryser)92-2: Relation between Interference Power and Interference Field Strength Measurements, Depending on EUT Type and Suppression Measures (CISPR-Arbeitsgruppenpapier).
- Stecher, M.: Accelerated and Easier EMI Tests, Proceedings d. Symposium on EMC 1989, Zürich.
- Stecher, M.: Störmeßempfänger ESHS 20/30 und ESVS 20/30 mit Spektrum-Display. Neues von Rohde & Schwarz (1991/92) Nr. 136, S. 4 - 7.
- Wolle, J.: EMI-Software ES-K1 - Windows in der EMV-Meßtechnik. Neues von Rohde & Schwarz (1993) Nr. 142, S. 22-23
- Stecher, M.: MDS-Zangengleitbahn HCA zur automatischen Funkstörleistungsmessung. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 146, S. 46