

EMV-Messempfänger

Aufbau und Unterschiede zu Spektrumanalysatoren

R. Heinrich *)

Der EMV-Messempfänger ist ein wichtiges Hilfsmittel zur Untersuchung von leitungsgebundenen und gestrahlten Störaussendungen. Teilweise wird für EMV-Messungen jedoch auch ein Spektrumanalysator verwendet. Die für EMV-Messungen wesentlichen Eigenschaften sowie die individuellen Vor- und Nachteile beider Geräte werden in diesem Beitrag diskutiert und verglichen.

Einleitung

Messempfänger spielen eine zentrale Rolle bei Emissionsmessungen abgestrahlter oder leitungsgebundener Störsignale. Sie bewerten die Störsignale entsprechend ihrer „Lästigkeit“, d.h. nach Pulsamplitude und deren Häufigkeit.

In Abhängigkeit von der Art der Störquelle können die Signale verschiedenartige Zeitverläufe haben. So treten neben sinusförmigen Signalen insbesondere auch impulsförmige Signale auf, die ein breites Spektrum haben und unterschiedliche Häufigkeit haben können.

Gerade die Messung und Bewertung der impulsförmigen Störungen stellt besondere Ansprüche vor allem an die Dynamik und Empfindlichkeit. Um diesen Ansprüchen Rechnung zu tragen wurden Messgeräte entwickelt, die speziell auf die Problemstellung der Impulsmessung angepasst sind, aber auch sinusförmige Signale messen können.

Die Anforderungen an diese Geräte sind in den einschlägigen Normen, wie z.B. CISPR 16-1 oder MIL461/462 spezifiziert. Darin werden u.a. Frequenzbereiche definiert, in denen mit bestimmter Bandbreite gemessen wird. Ferner werden Detektoren zur Bewertung der Signale sowie Zeitkonstanten, Bewertungskurven und max. zulässige Messfehler definiert. Für die wesentlichen Parameter sind zudem Prüf- und Messvorschriften festgelegt.

Der Aufbau eines Messempfängers wird in seiner Grundstruktur im wesentlichen von den Erfordernissen seines Einsatzes als Messgerät für sinus- und impulsförmige Störaussendungen sowie durch die einschlägigen Normen bestimmt.

Zu den Anforderungen zählen insbesondere:

- geeigneter Abbau der z.T. hohen Impulsamplituden z.B. durch eine Vorselektion
- Übersteuerungsfestigkeit des gesamten Empfangskanals
- hohe Eingangsempfindlichkeit u.a. zur Sicherstellung eines genügend großen Abstandes zu z.T. niedrigen Grenzwerten von Störfeldstärken
- großer Dynamikbereich, resultierend aus den o.g. Forderungen
- hohe Spannungsmessgenauigkeit nach den Vorgaben der Norm CISPR 16-1
- hohe Frequenzgenauigkeit insbesondere auch für in der EMV übliche Scans über weite Frequenzbereiche

- Signalbewertung sowie weitere Vorgaben nach der Norm CISPR 16-1

Diese Anforderungen können mit Empfängern erfüllt werden, die eine in Abbildung 1 schematisch dargestellte Grundstruktur besitzen.

- Die wesentlichen Komponenten sind:
- Eingangsdämpfungsglied zur Dämpfung hoher Signalpegel.
- Eichgenerator, der für den gesamten Frequenzbereich Bezugspegel für interne Kalibrierroutinen liefert.
- HF-Vorselektion zum Abbau der hohen Impulspegel (bis 150V peak) sowie zur Unterdrückung von Spiegelfrequenzen, ZF-Durchschlag, Nebenempfang, LO-Durchschlag.
- HF-Vorverstärker zum Ausgleich der Einfügeverluste von HF-Selektion, HF-Schaltern und Verbindungskabeln.
- Mehrfache Frequenzumsetzung zur Anpassung der Frequenzlagen an realisierbare Verhältnisse von Bandbreite zu Mittenfrequenz für die ZF-Filter (abhängig von der Filtertechnologie) sowie zur Unterdrückung von Spiegelfrequenzen, ZF-Durchschlag, Nebenempfang, LO-Durchschlag, Eigenstörstellen, usw. Alle Frequenzen für die verschiedenen Frequenzumsetzungen, für Eichgeneratoren und eventueller weiterer Funktionen werden im Frequenzsynthesizer des Messempfängers mit der erforderlichen hohen spektralen Reinheit mittels PLL-Technik von einer Referenzfrequenz (TCXO oder OCXO) abgeleitet.
- ZF-Dämpfung zur Realisierung der Be-

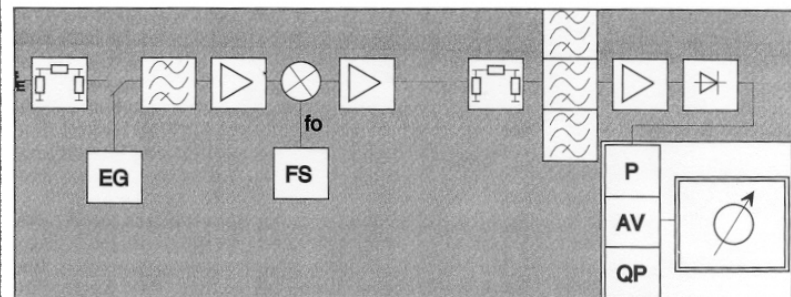


Abbildung 1: Grundstruktur eines Messempfängers

*) Dr.-Ing. Ralf Heinrich,
Entwicklung,
Schaffner ELECTROTEST GmbH
12623 Berlin.



triebsarten „Low noise“ und „Low distortion“ zusammen mit der HF-Dämpfung.

- ZF-Selektion zur Realisierung der CISPR-Bandbreiten.
- Demodulator, AV-, Peak-, QP-Detektor, Messwertanzeige.

Unterschiede zu Spektrumanalysatoren

Wie bereits erwähnt, sind Messempfänger in ihrem Aufbau i.d.R. speziell auf ihren Anwendungsbereich der EMV-Messung zugeschnitten. Daraus ergeben sich einige prinzipielle Unterschiede zu Spektrumanalysatoren, die nachfolgend unter dem Aspekt der EMV-Anwendung näher betrachtet und diskutiert werden sollen.

Ein wesentliches Merkmal von Messempfängern ist ihre Vorselektion, die sie für die Messung von z.T. hohen Impulspegeln qualifiziert. Abbildung 2 zeigt beispielhaft das Blockschaltbild eines Vorselektionsfilters für den Bereich bis 1 GHz. Wird dieses Filter mit dem Kalibrierimpuls für das CISPR-Band C/D (Amplitude 73,5 V; Pulsbreite 0,3 ns) beaufschlagt, so ergibt sich nach

$$U_c = B_{impuls} \cdot 2IF = 1,05 \cdot B_{dB} \cdot 2IF = 3V$$

mit $IF = \int_{-\infty}^{+\infty} u(t) dt$

ein Ausgangssignal von 3 V. Die in dieser Formel verwendete Näherung der spektralen Dichte ist zulässig, wenn das Impulsspektrum viel größer als das Eingangsspektrum ist und das Spektrum im Bereich des durchlaufenden Bandpasses konstant ist. Beide Anforderungen können im Fall des Kalibrierimpulses für den Bereich C/D als erfüllt angenommen werden.

Im Gegensatz zu der Ausgangsspannung des Vorselektionsfilters des Messempfängers erhält man beim Spektrumanalysator mit dem Frequenzbereich 9 kHz – 1 GHz unter sonst gleichen Bedingungen, jedoch ohne Vorselektion ein weitaus höheres Signal von 46,2 V. Der Spektrumanalysator müsste also eine um fast 24 dB höhere Spannung linear verarbeiten können! Um diesen Betrag ist der Messempfänger bei der Verarbeitung von Impulsen im Vorteil.

Der Dynamikbereich wird jedoch nicht nur nach oben durch Übersteuerung begrenzt, sondern auch nach unten durch das Eigenrauschen des Empfängers. Das Eigenrauschen des Empfängers ist abhängig von der Bandbreite und setzt sich zusammen aus dem thermischen Rauschen und einer Zusatzrauschzahl F, die das Zusatzrauschen von z.B. Verstärkern und anderen Komponenten des Messempfängers berücksichtigt. Beispiele für gemessene Rauschspannungen eines modernen Messempfängers im Vergleich

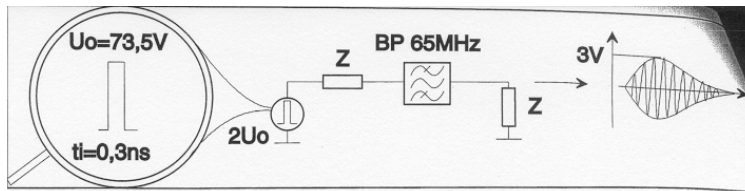


Abbildung 2: Abbau hoher Impulsamplituden durch Vorselektionsfilter

mit einigen Spektrumanalysatoren sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

	Bandbreite	Grundrauschen (AV)
FSEK20	100kHz	11dBµV
RR3365A	100kHz	12dBµV
SMR45xx	120kHz	-3dBµV
Differenz		>14dB
FSEK20	10kHz	0dBµV
RR3365A	10kHz	2dBµV
SMR45xx	9kHz	-17dBµV
Differenz		>17dB

Tabelle 1: gemessene Rauschspannungen von Messempfänger und Spektrumanalysator

Ein Vergleich der Werte zeigt, dass der Messempfänger im Vergleich mit den repräsentativ ausgewählten Spektrumanalysatoren ein deutlich geringeres Grundrauschen aufweist (mehr als 14 dB in diesem Beispiel). Das geringe Grundrauschen des Messempfängers kann in der Praxis von großer Bedeutung sein, wie an nachfolgendem Beispiel verdeutlicht werden soll.

In der EN55022 / Klasse B ist für das Band C/D im Bereich unter 230 MHz ein Grenzwert von 30 dBµV/m festgelegt, im Bereich 230 – 1000 MHz ein Grenzwert von 37 dBµV/m. Das Eigenrauschen des Messempfängers liegt für den QP-Detektor bei maximal 4 dBµV. Dazu kommt ein K-Faktor der Antenne von 23,5 dB und eine angenommene Kabeldämpfung von 4,5 dB, so dass sich der in Abbildung 3 graphisch dargestellte Verlauf des Grundrauschens ergibt.

Abbildung 3 zeigt deutlich, dass im vorliegenden Beispiel unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren das Grundrauschen schon recht nahe an den Grenzwert herankommt und bei Verwendung eines der o.g. Spektrumanalysatoren bereits deutlich überschritten wäre. In diesem Fall wäre ein Vorverstärker erforderlich, während man mit dem Messempfänger hier gerade noch ohne Vorverstärker auskäme.

Durch Verwendung eines Vorverstärkers könnte man beim Messempfänger wie auch beim Spektrumanalysator die Empfindlichkeit noch deutlich steigern, da das Grundrauschen mit Vorverstärker bei genügend hoher Verstärkung im wesentlichen durch das Rauschen des Vorverstärkers bestimmt wird. So lässt sich z.B. mit dem Vorverstärker RFP4001 beim Messempfänger SMR45xx das Grundrauschen im oben dargestellten Bereich um ca. 10 dB senken. Allerdings verliert man mit dem Vorverstärker an Dynamik, da sich durch den Vorverstärker das Übersteuerungsverhalten verschlechtert.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt, der hier betrachtet werden soll, ist die Amplituden- und Frequenzgenauigkeit. Insbesondere bei in der EMV häufig üblichen großen Frequenzhuben kann es vor allem bei älteren Spektrumanalysato-

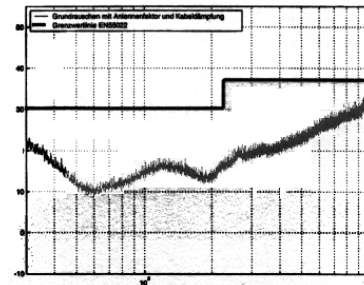


Abbildung 3: Grundrauschen des Messempfängers mit Berücksichtigung des K-Faktors der Antenne und Kabeldämpfung

ren vorkommen, dass die Amplitude von Signalen nicht korrekt erfasst wird, d.h. bei jedem Sweep wird ein unterschiedlicher Pegel gemessen. Besonders deutlich tritt dieser Effekt z.B. beim ESBS auf. Dieses Phänomen liegt im wesentlichen in der Grundstruktur des Spektrumanalysators begründet und lässt sich deshalb auch nicht z.B. durch eine Erhöhung der Sweeptime vermeiden.

Beim Messempfänger hingegen wird bei jedem Frequenzschritt die vorgegebene Messzeit verweilt. Durch dieses prinzipbedingte Messverfahren ist die Messgenauigkeit unabhängig vom eingestellten Frequenzhub. Zudem kann beim Messempfänger mittels eines internen Kalibriergenerators über den gesamten Frequenzbereich der Pegel kalibriert werden. Dadurch wird eine höhere Messgenauigkeit erreicht, als wenn nur auf Grundlage einer einzelnen Frequenz der Pegel des gesamten Bereiches angehoben oder abgesenkt wird, wie dies bei Spektrumanalysatoren i.d.R. der Fall ist.

Zusammenfassung

Messempfänger sind speziell auf die Problemstellungen des EMV-Einsatzes angepasste Messgeräte. Sie sind dank ihrer Vorselektion und Übersteuerungsfestigkeit in der Lage, sowohl Sinussignale als auch hohe Impulsamplituden linear verarbeiten zu können. Die Bewertung der Messsignale nach CISPR sowie die vorgeschriebenen Messbandbreiten sind im Gerät integriert. Eine Vielzahl von vordefinierten Messabläufen sowie die automatische Berücksichtigung von Korrekturfaktoren des Zubehörs (z.B. Antennen, Netz nachbildung, usw.) erleichtern die tägliche Arbeit des EMV-Prüfingenieurs.

Ein wesentlicher Vorteil von Spektrumanalysatoren ist der schnelle analoge Sweep über den gesamten Frequenzbereich. Aufgrund der fehlenden Vorselektion sowie der weiteren im Beitrag diskutierten Unterschiede sind jedoch die Einsatzmöglichkeiten von Spektrumanalysatoren im EMV-Bereich begrenzt.