

# Mittelwertgleichrichter: Eigenschaften und Messzeiten

A.02

## Besonderheiten, die bei EMV-Messungen wichtig sind

**C** ISPR-Produktnormen und europäische Normen (ENs) schreiben für die Funkstörspannungsmessung den Mittelwertgleichrichter neben dem Quasi-Spitzenwert-Gleichrichter vor. Der Messempfänger mit linearem Mittelwertgleichrichter ist zwar in CISPR 16-1 definiert. Allerdings sind daraus nur mit Mühe Eigenschaften wie die Unterdrückung von Impulsstörungen und der Zusammenhang mit Messzeiten zu entnehmen. Mit der genauen Festlegung der Zeitkonstanten des Mittelwerttiefpasses in einem Amendment der CISPR 16-1 ergeben sich Eigenschaften, die bisher nicht beschrieben sind. Zusätzlich müssen wir den logarithmischen Mittelwertgleichrichter (genauer: den Gleichrichter, der den Mittelwert der logarithmierten Richtspannung anzeigt) behandeln, weil dieser gegenwärtig zur Messung von Nebenausstrahlungen des Mikrowellenherds in CISPR 11/EN 55011 angewandt wird.

Vor der Einführung der CISPR 22:1985, die in der EMV-Normung eine Führungsrolle einnahm, weil sie die bis dahin in der Störausendungsmessung übliche Schmalband-/Breitband-Unterscheidung durch die einfachere Definition von Grenzwerten für den Mittelwert- und den Quasi-Spitzenwert ersetzt hat, diente der Mittelwertgleichrichter vorwiegend zur Messung des Trägerpegels bei der Feldstärkemessung von amplitudenmodulierten Signalen. Mit der dann in vielen Produktstandards folgenden Anwendung zur Funkstörspannungsmessung (in CISPR 14-1 auch zur Funkstörleistungsmessung) trat auch die Frage der möglichst variablen Messzeiten (= Integrationszeiten) bei der Mittelwertmessung auf. Variabel müssen die Messzeiten mit dem Mittelwertgleichrichter deshalb sein, weil für unmodulierte Sinussignale und Signale mit

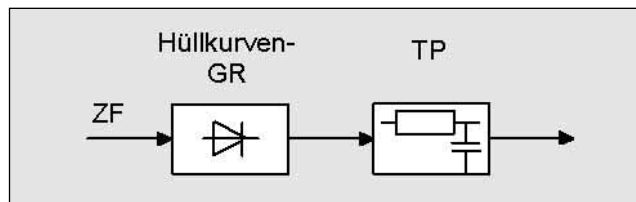


Abb. 1: Blockschaltbild eines linearen Mittelwertgleichrichters

hoher Pulsfrequenz auch kurze Messzeiten zu richtigen Ergebnissen führen, für Signale mit niedriger Pulsfrequenz werden dagegen lange Messzeiten gebraucht.

### Funktion des linearen Mittelwertgleichrichters (MGR)

Der MGR besteht aus einem Hüllkurven-GR gefolgt von einem Tiefpass, der i. A. erster oder zweiter Ordnung sein kann (Abb. 1). Er ist in Effektivwerten eines unmodulierten Sinussignals kalibriert. Bei Messung eines unmodulierten Sinussignals mit beliebigen Detektoren (Mittel-, Effektiv-, Quasi-Spitzenwert- oder Spitzenwert-GR) ergibt sich ja die gleiche Anzeige, wenn nicht andere Effekte (z.B. Rauschen) hinzukommen.

Der Tiefpass bewirkt eine Unterdrückung der auf dem ZF-Signal und der Richtspannung vorhandenen Modulation. Bei einem AM-Signal zeigt der M-GR mit ausreichend niedriger Tiefpass-Grenzfrequenz den Effektivwert des Trägers an (Abb. 2).

### Festlegung der Tiefpass-Grenzfrequenz bzw. -zeitkonstanten

Kurze Impulse werden stark unterdrückt, wobei der Unterdrückungsfaktor vom Verhältnis der Impulsdauer zur Tiefpasszeitkonstante bestimmt wird. Da bei sehr kurzen Impulsen die

ZF-Bandbreite des Empfängers die Impulsdauer  $T_{IMP} = 1/B_{ZF}$  bestimmt, kann man sich bei der Festlegung der Tiefpassgrenzfrequenz an der Empfängerbandbreite orientieren. Dann entspricht die Unterdrückung  $a$  in dB (für einen Einzelimpuls):

$$a = 20 \log \left( \frac{B_{TP}}{B_{ZF}} \right) \quad (1)$$

Bei der digitalen Mittelwertbildung werden alle Einzelmesswerte während der Messzeit gemittelt, woraus sich bei einer der Tiefpasszeitkonstante entsprechenden Mittelungszeit der gleiche Unterdrückungsfaktor ergibt.

### Mess- und Ablaufzeiten mit dem Mittelwert-Gleichrichter

Die Messzeiten müssen sich nach den Zeitkonstanten richten. Weil Zeitkonstanten Übergangszeiten von einem Messwert zum anderen erfordern, muss sich die Ablaufzeit bei Frequenzabläufen an den Empfängerschrittweiten orientieren. Nimmt man an, dass der Empfänger in Schritten von  $B_{ZF}/2$  weitergeschaltet wird, dann richtet sich die Wartezeit bis zur nächsten Messung nach der Steilheit von ZF- und Tiefpassfilter. Ist die Empfängerschrittweite größer, dann dient allein das Tiefpassfilter zur Orientierung. Bei digitaler Mittelwertbildung entfällt diese Wartezeit; es

#### ► Autor

Dipl.-Ing. MANFRED STECHER, Abt. 1 ESP,  
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG;  
Postfach 80 14 69, D-81614 München  
Fon: 089/4129-12152, Fax: 089/4129-13055  
E-Mail:  
Manfred.Stecher@rsd.rohde-schwarz.com

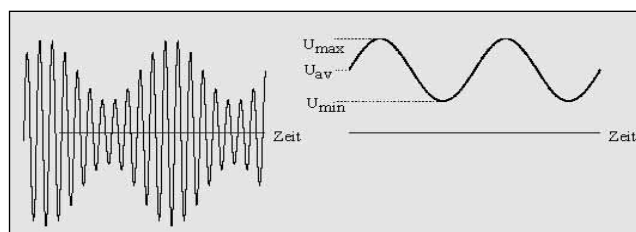
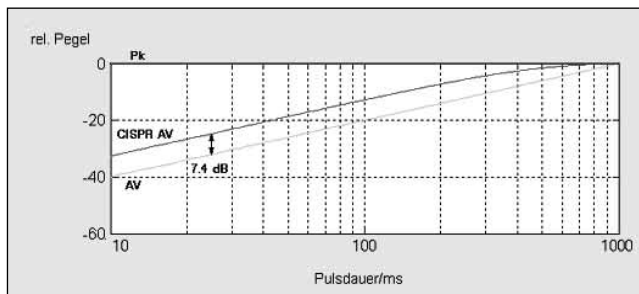
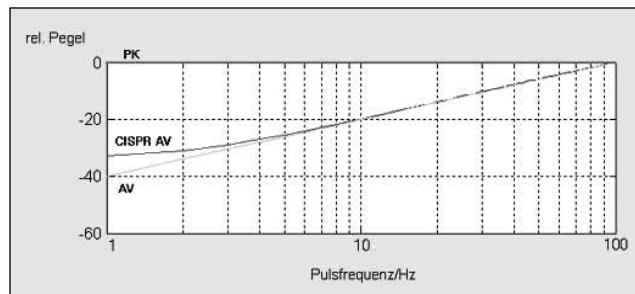


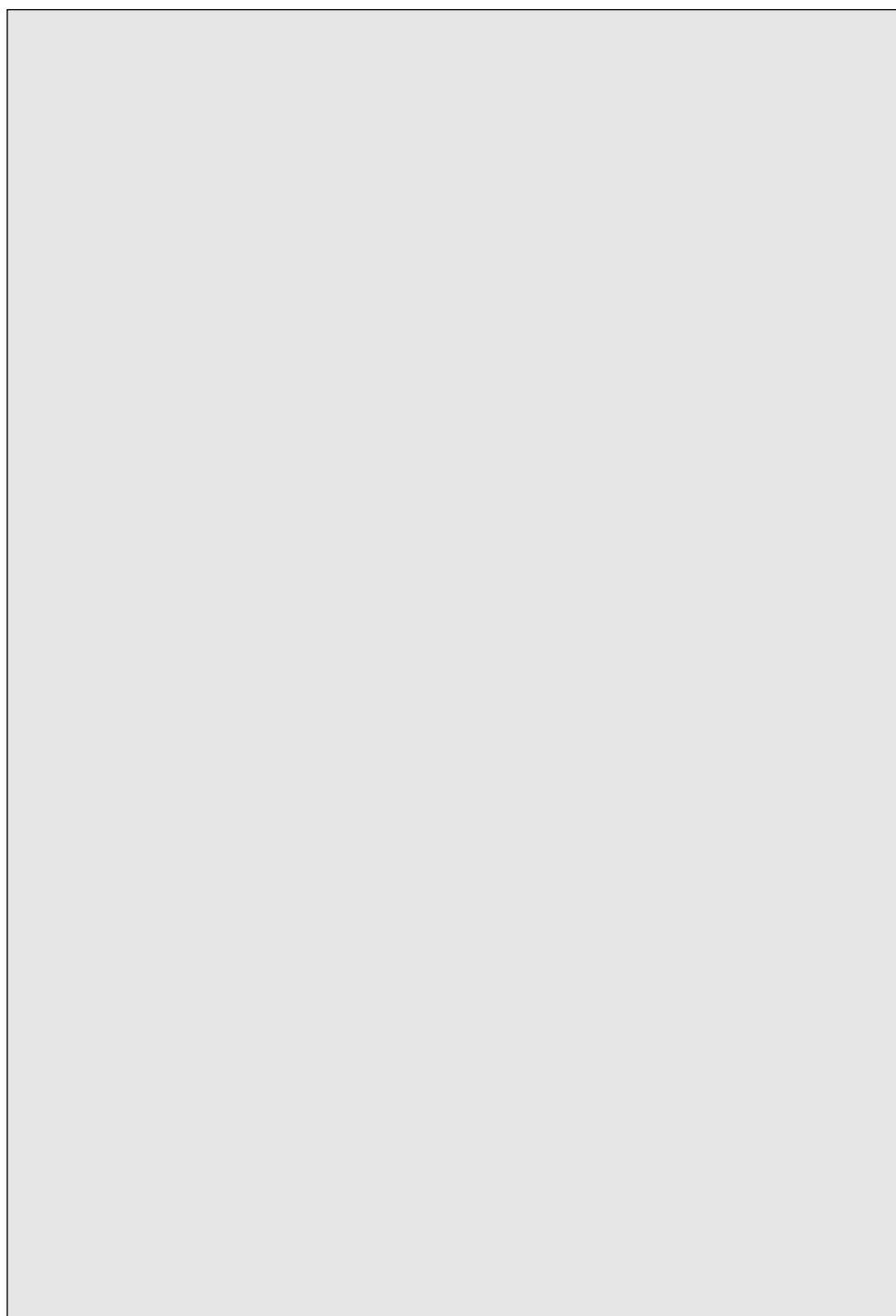
Abb. 2: ZF-Signal am Eingang des Hüllkurven-GR (links) und Richtspannung am Ausgang des Hüllkurven-GR (rechts). Der Mittelwert ist  $U_{av}$



**Abb. 3:** Unterschied der Bewertung von pulsmodulierten Sinussignalen in Abhängigkeit von der Pulsdauer zwischen dem tatsächlichen Mittelwert ,AV' und dem Mittelwert nach CISPR 16-1 ,CISPR-AV' (Messzeit: 2 s, Pulsfrequenz: 1 Hz, ZF-Bandbreite: 9 kHz, Mittelungszeitkonstante: 160 ms)



**Abb. 4:** Bewertung von gepulsten Sinussignalen in Abhängigkeit von der Pulsfrequenz bei tatsächlichem Mittelwert ,AV' und dem Mittelwert nach CISPR 16-1 ,CISPR AV' (Messzeit: 2 s, Impulsdauer: 10 ms, ZF-Bandbreite: 9 kHz, Mittelungszeitkonstante: 160 ms)



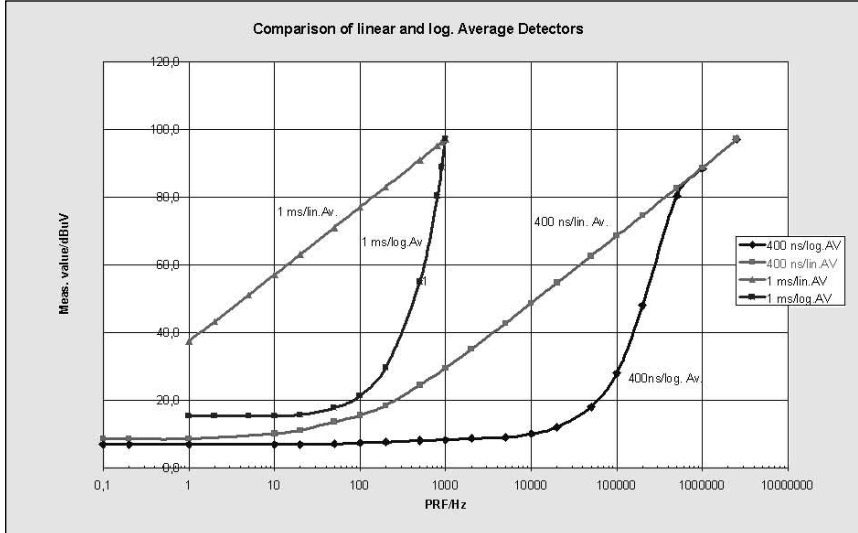


Abb. 5: Bewertungsfunktionen des linearen und des logarithmischen MGR, gemessen mit einer Bandbreite von 1 MHz für ein pulsmoduliertes Sinussignal konstanter Amplitude (-10 dBm) mit Impulsdauern von 400 ns und 1 ms. Für die Kurve ‚1 ms/log.AV‘ wurde die Max-Hold-Funktion verwendet, um den Spitzenwert am Ausgang des Videofilters darzustellen. Das erklärt, warum diese Kurve sich bei niedriger Pulsfrequenz nicht dem Rauschpegel annähert

bleibt aber die Einschwingzeit des ZF-Filters. Die nötigen Wartezeiten sind üblicherweise in der Empfängerfirmware berücksichtigt.

Beim Spektrumanalysator besteht der Zusammenhang

$$T_{s \min} = (k \cdot \Delta f) / (BZF \cdot B_{\text{Video}}) \quad (2)$$

wobei  $T_{s \min}$  die Ablaufzeit (Sweep time) für die Analyse des Frequenzbereichs (Span)  $\Delta f$  und  $B_{\text{Video}}$  die Videobandbreite des Spektrumanalysators ist.

Welche Messfehler ergeben sich in Abhängigkeit von Pulsfrequenz und Messzeit? Angenommen, es wird ein Pulssignal mit einem Intervall zwischen den Impulsen von etwas weniger als 1/10 der Messzeit gemessen, dann ändert sich bei digitaler Mittelwertbildung die Anzeige um ca. 0,8 dB, wenn einmal zehn und einmal elf Impulse während der Messzeit  $T_m$  erfasst werden. Lassen wir eine maximale Schwankung von 1 dB zu, dann ergibt sich als minimale Messzeit  $T_{m \min}$  ein Wert von  $T_{m \min} = 10 \cdot 1/f_p$ , wenn  $f_p$  die Pulsfrequenz ist. Dies gilt nach den Festlegungen von Abschnitt 4 für Pulsraten von 5 Hz und mehr. Beträgt also beispielsweise die minimale Pulsrate 50 Hz,

dann wird eine Mindestmesszeit von 200 ms benötigt.

### Die Wirkung der Tiefpasszeitkonstante nach CISPR 16-1

In CISPR 16-1 wurden die in Tabelle 1 gezeigten Tiefpasszeitkonstanten festgelegt [1]. Es handelt sich dabei um die Instrumentzeitkonstanten des CISPR-Quasi-Spitzenwert-GR.

Dabei soll wie bei der CISPR-Quasi-Spitzenwertanzeige, der Maximalwert des bei Impulsen schwankenden Drehspulinstruments abgelesen werden. Bei einem digital arbeitenden Gerät muss deshalb der Maximalwert innerhalb der Messzeit gebildet werden. Ob analog oder digital – es ergibt sich in jedem Fall eine über dem tatsächlichen Mittelwert liegende Anzeige (Abb. 3 und 4). Abbildung 3 zeigt den Unterschied der Bewertung von pulsmodulierten Sinussignalen in Abhängigkeit von der Pulsdauer zwischen dem tatsächlichen Mittelwert ‚AV‘ und dem Mittelwert nach CISPR 16-1 ‚CISPR-AV‘. Zur Orientierung ist auch der Spitzenwert ‚Pk‘ eingetragen. Bei einer Mittelungszeitkonstante von 100 ms beträgt der Unterschied 11,3 dB (anstatt der 7,4 dB).

Der Unterschied zwischen den beiden Bewertungen ergibt sich jedoch erst bei Pulsfrequenzen unter etwa 5 Hz (Abb. 4), darüber ist die Schwankung des simulierten Drehspulinstruments nicht vorhanden.

Abb. 4 stellt die Bewertung von pulsmodulierten Sinussignalen in Abhängigkeit von der Pulsfrequenz bei tatsächlichem Mittelwert ‚AV‘ und dem Mittelwert nach CISPR 16-1 ‚CISPR AV‘ dar. Auch hier ist zur Orientierung der Spitzenwert ‚Pk‘ eingetragen.

Daraus ergibt sich auch eine Regel zur Anwendung des MGR nach CISPR 16-1: Für Messzeiten unter 200 ms, ist es egal, ob die CISPR-Zeitkonstante eingeschaltet wird, weil ja damit allenfalls Pulsfrequenzen über 5 Hz gemessen werden können.

### Funktion und Wirkung des logarithmischen Mittelwertgleichrichters

Spektrumanalysatoren verwenden zur Erreichung eines großen Pegelbereichs sukzessive begrenzende und gleichrichtende Stufen mit Addition der Richtspannungen aller Stufen [2]. Damit ergibt sich eine logarithmierte Richtspannung.

Fügt man diesem Gleichrichter einen Tiefpass hinzu, dann ergibt sich der sog. logarithmische MGR. CISPR Publ. 11 [3] schließt als ‚bewertenden Detektor‘ eine solche Gleichrichtung mit einer Videobandbreite von 10 Hz für die Messung der Störfeldstärken von Mikrowellenherden außerhalb des ISM-Bandes nicht aus.

Damit ergibt sich eine (für Hersteller von Mikrowellenherden vorteilhafte) Unterdrückung von Störimpulsen (Abb. 5 ‚log. AV‘).

Moderne Spektrum-Analysatoren ermöglichen dank digitaler Verfahren sowohl eine lineare als auch eine logarithmische Mittelwertbildung über einen großen Dynamikbereich (Abb. 5), während ältere Modelle nur den logarithmischen Mittelwert darstellen können.

### Literatur

- [1] Amendment 1:2002-08 zu CISPR Publ. 16-1:1999-10
- [2] z.B. Datenblatt AD8306 Analog Devices
- [3] Amendment 1:1999-05 zu CISPR Publ. 11:1997

Tabelle 1: Instrument-Zeitkonstanten und entsprechende Grenzfrequenzen nach CISPR 16-1

	CISPR Band A	CISPR Band B	CISPR Band C/D
Frequenzbereich	9 kHz - 150 kHz	150 kHz - 30 MHz	30 MHz - 1000 MHz
ZF-Bandbreite	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Tiefpasszeitkonstante	160 ms	160 ms	100 ms
TP-Grenzfrequenz	0,64 Hz	0,64 Hz	1 Hz

Beitrag als PDF im Internet:

www.publish-industry.net

more @ click EK3A0203

