

Messung der Intermodulationsverzerrungen von Ferriten

Messungen der Intermodulationsverzerrungen (IMD) dienen zur Charakterisierung der Nichtlinearität von HF-Komponenten, einschließlich Ferrit-Zirkulatoren und Isolatoren.

Zur Messung werden zwei kontinuierliche Töne (f_1 und f_2) addiert und in das DUT eingespeist. Die Ausgangsergebnisse werden auf einem Spektrumanalyzer gemessen. Dabei geht es vor allem um die Produkte dritter und gelegentlich auch fünfter Ordnung, die am unerwünschtesten sind:

Produkte dritter Ordnung bei: $(2 \times f_1) - f_2$ und $(2 \times f_1) - f_1$

Produkte fünfter Ordnung bei: $(3 \times f_1) - (2 \times f_2)$ und $(3 \times f_2) - (2 \times f_1)$

Diese Zusammenhänge verdeutlicht Bild 1

Testanordnung für Vorwärts-IMD-Messungen

Das Blockdiagramm in Bild 2 zeigt eine typische Messanordnung für Vorwärts-IMD-Messungen. Die Messungen erfolgten mit Agilent 83712B-Signalgeneratoren und 100W1000M1-Verstärkern von Amplifier Research. Die Zweifach-Isolatoren sorgen für mehr als 50 dB Entkopplung, und das sechsstufige Tiefpass-Hohlraumfilter von K&L unterdrückt die System-Harmonischen. Ein Quad-Hybrid (M/A-COM Tech QH32-0018-N) sorgt für weitere 18 dB Entkopplung zwischen den Tönen.

Die Richtkoppler (M/A-COM Tech CH25-0014-10N) müssen mit einer Breitbandkabelbelastung mit hervorragendem VSWR ($<1,1:1$) abgeschlossen werden. Ein sechsstufiges Notchfilter (M/A-COM Tech WRCD800/960 0.2/40-6EEK)

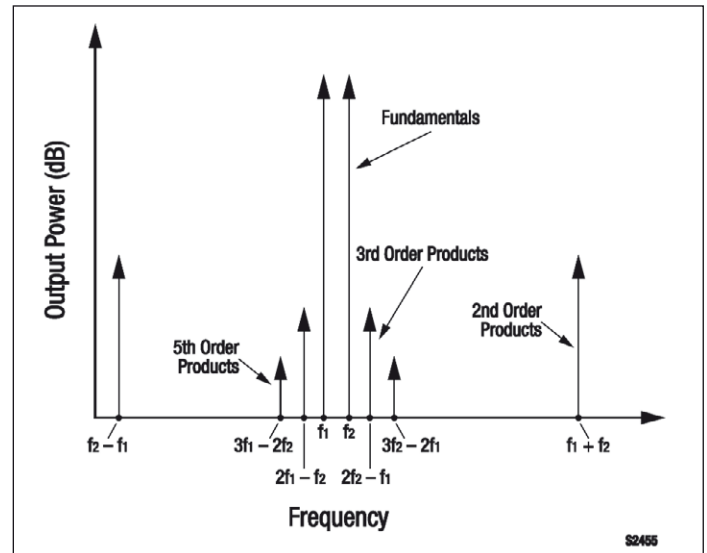


Bild 1: Intermodulationsprodukte 3. und 5. Ordnung

dämpft die Grundfrequenzen (f_1 und f_2), um einen größeren Dynamikbereich zu erzielen. Es ist wichtig, den internen Mischer des Spectrum Analyzers (Agilent 8561E) nicht zu übersteuern, weil dadurch die Signalspitzen geclippt werden. Daher sollte der Eingangspegel des Analyzers $<+23$ dBm betragen. Typische Analyzeereinstellungen sind:

- Span = 2 kHz
- RBW = 3 Hz
- VBW = 3 Hz

Kabel, Steckverbinder und Testhalterungen können ebenfalls die IMD-Messung beeinflussen. Daher müssen N-Steckverbinder verwendet werden. Sie sollten sauber sein und mit dem richtigen Drehmoment angezogen werden. Vermeiden Sie Aus-

führungen mit Nickel-Auflage. Die Testhalterung muss das DUT vollkommen umschließen, um ausreichende Abschirmung gegen Streustrahlungen zu erreichen. Oberwellen müssen ausgefiltert werden, bevor die Leistung gemessen wird. Spektrumanalysatoren sollten nur zur Messung der relativen Leistung verwendet werden (dBc), nicht der absoluten (dBm). Leistungsmesser sind nur bei ihrer charakteristischen Impedanz (50 Ohm) genau, daher verursachen schlecht angepasste DUTs Messungenauigkeiten.

Messfehler

Jedes System verursacht einen gewissen Messfehler, der wie folgt berechnet werden kann:

Unter Verwendung der Applikationsschrift "Intermodulation Distortion of Ferrites" Skyworks Solutions Inc. www.skyworksin.com

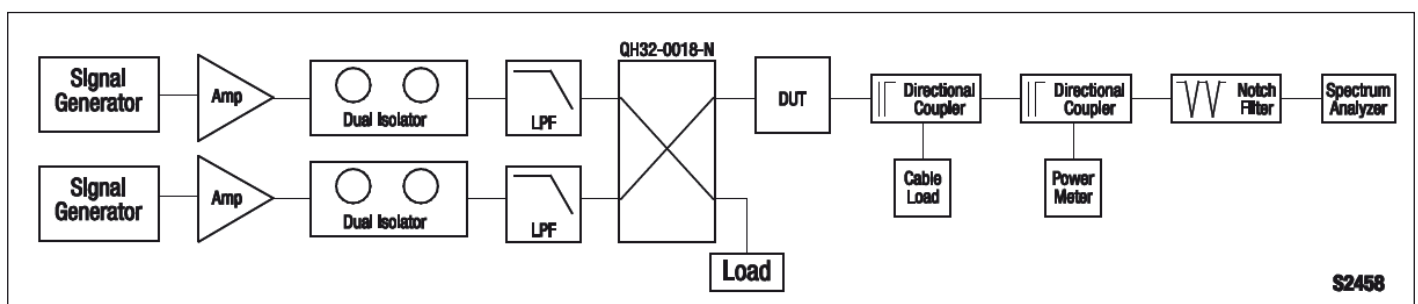


Bild 2: Vorwärts-IMD-Testanordnung

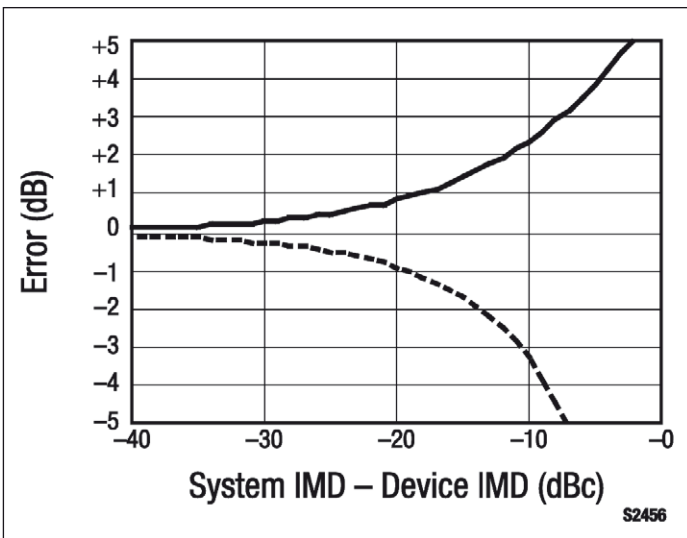


Bild 3: Messfehler

Positiver Fehler = $20\log(1+10(\text{IMD}_{\text{System}}-\text{IMD}_{\text{Device}})/20)$

Negativer Fehler = $20\log(1-10(\text{IMD}_{\text{System}}-\text{IMD}_{\text{Device}})/20)$

Für ein typisches System ($\text{IMD}_{\text{System}}-\text{IMD}_{\text{Device}} = -15 \text{ dB}$) beträgt der Messfehler $+1,4 \text{ dB}/-1,7 \text{ dB}$

Um den Messfehler möglichst klein zu halten, sollte der Wert von $\text{IMD}_{\text{System}}$ wenigstens 30 dB größer oder höher sein als der Wert von $\text{IMD}_{\text{Device}}$.

Rückwärts-IMD-Testaufbau mit Phasenauslöschung

Bild 4 zeigt die Konfiguration für Rückwärts-IMD-Messungen mit Auslöschung. Dazu wird hohe Leistung in Vorwärtsrichtung an den DUT bei der Frequenz f_2 angelegt, und Rückwärts-Leistung mit niedrigerem Pegel in den Ausgang des DUT auf der Frequenz f_1 eingespeist. Die Ausgangssignale, einschließlich der IMD-Produkte, werden durch den Richtkoppler dem Quadratur-Hybrid zugeführt und gelangen dann zum Spektrum-Analyzer.

Hohe Signalstärken am Eingang des Spektrum-Analyzers führen zur Erzeugung von IMD-Produkten im Messgerät, die Messfehler verursachen. Um den Spektrum-Analyzer vor diesen Pegeln zu schützen, wird ein

Auslöschungsprozess verwendet, um den Pegel des Signals bei f_2 zu reduzieren, ohne die im DUT erzeugten IMD-Produkte zu beeinflussen.

Wie Bild 4 zeigt, wird eine dritte Signalquelle auf die gleiche Frequenz (f_2) abgestimmt und ein Signal an den anderen Eingang des Quad-Hybrids gelegt. Die Amplitude des Signals wird so eingestellt, dass sie der des

Signals, das ausgelöscht werden soll, entspricht. Die Phase des dritten Signals wird in kleinen Schritten justiert, bis der Pegel von f_2 Null ist. Danach wird die Phase nicht weiter verändert. Signalunterdrückungen von $>40 \text{ dB}$ sind routinemäßig erreichbar.

Die Pegel der IMD-Produkte dritter und fünfter Ordnung können dann präzise mit dem Spektrum-Analyzer gemessen werden, nachdem Auflösungsbandbreite, Videobandbreite, Dämpfung und Frequenz-Span optimal eingestellt sind. Auslöschung des f_1 -Signals ist nicht nötig, da sein Pegel bereits wesentlich niedriger ist, als der des f_2 -Signals.

Diese Technik ermöglicht es, empfindliche Eingangseinstellungen am Spektrum-Analyzer zu verwenden, wobei nur wenige Verzerrungen zusätzlich erzeugt werden. Der zusätzliche Vorteil ist ein niedrigerer Rauschflur.

Das System in Bild 4 misst auch Harmonische, die im DUT erzeugt werden. Die drei Signalgeneratoren und der Spektrum-

Generator sind phasengerastet mit der Signalquelle eines Generators, der als Referenzquelle für die beiden anderen arbeitet. Der Betrieb des Systems kann manuell erfolgen, jedoch ist die Messung mit Softwaresteuerung über die GPIB-Ports wesentlich wirtschaftlicher.

Rückwärts-IMD-Testanordnung

Bild 5 verdeutlicht die typische Anordnung für eine Rückwärts-IMD-Testanordnung. Sie ist der Vorwärtsanordnung sehr ähnlich, bis auf das zweite Signal, das in den Ausgang des DUT eingespeist wird.

Es kann schwierig sein, die IMD-Produkte eines Ferrit-Zirkulators oder Isolators zu messen. Vor allem muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass keine unerwünschten IMD-Produkte mitgemessen werden. Gute Filter- sowie korrekte Spektrum-Analyzer-Einstellungen sind kritisch, um exakte IMD-Messungen sicherzustellen. ◀

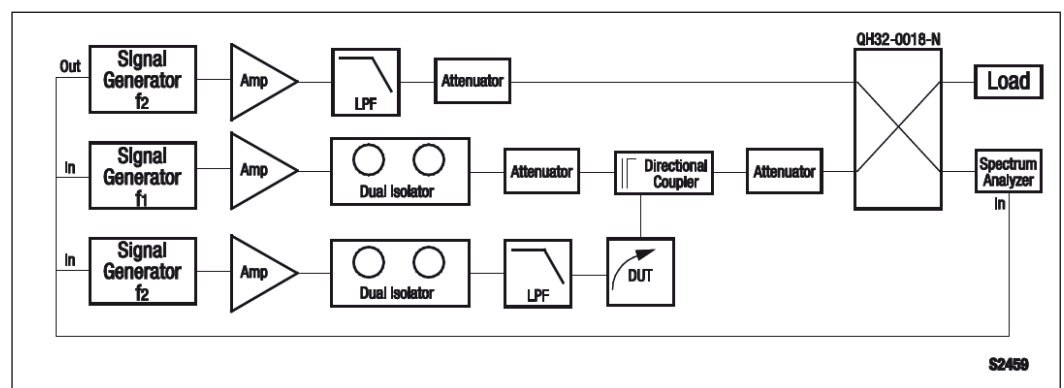


Bild 4: Reverse-IMD-Testanordnung mit Phasenauslöschung

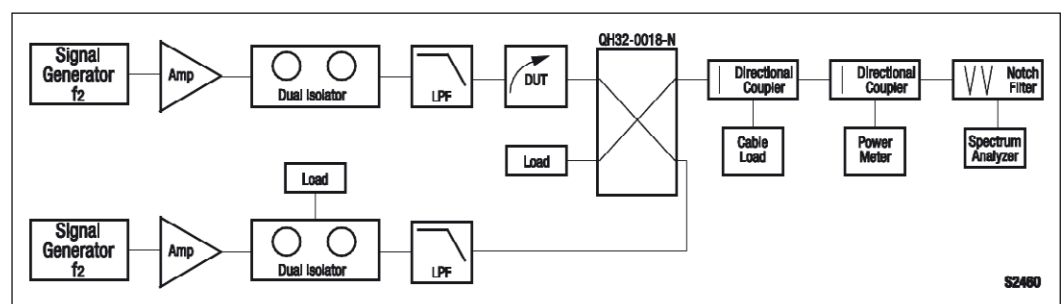


Bild 5: Rückwärts-IMD-Testanordnung