

Produkte: AMIQ, SMIQ, FSIQ, FSP

AMPTUNE

Software zur Messung der Nichtlinearität an Verstärkern im Real-Betrieb

Application Note

AMPTUNE ermöglicht die Messung der nichtlinearen Kennlinie von Verstärkern mit beim Betrieb des Verstärkers im Einsatz befindlichen Signalen. Die Messung kann durch entsprechende Vorverzerrung des Steuersignals überprüft werden. Zusätzlich lassen sich die Ergebnisse automatisch abspeichern und mit externen Programmen weiterverarbeiten.



Inhalt

1	Überblick	2
2	Grundlagen	2
3	Software Features / Funktionsprinzip	4
4	Erforderliche Hard- und Software	5
	Hardware (Geräte).....	5
	Software (Rechner).....	5
5	Installieren der Software	5
6	Verbinden des Computers und des Gerätes / Meßaufbau	6
	Verbinden der Geräte	6
	Meßaufbau.....	6
7	Starten des Programms.....	7
8	Online-Hilfe	7
9	Literatur.....	8
10	Bestellinformation	8

1 Überblick

Misst man die Kennlinie moderner Verstärker mit CW-Signalen, wie sie in einem klassischen Netzwerkanalysator verwendet werden, so stellt man fest, dass die Messergebnisse von der Sweepzeit, der Sweeprichtung etc. abhängen. Daher sind die Meßergebnisse für eine Kennlinienkompensation des Verstärkers unbrauchbar.

Das hier vorgestellte und als Software „AMPTUNE“ realisierte Verfahren mißt die Kennlinie mit einem dem Verwendungszweck des Verstärkers entsprechenden Signale (dem „Betriebssignal“), also einem W-CDMA-, IS-95- oder QPSK-modulierten Signal. Die hiermit erhaltenen Ergebnisse lassen eine Vorverzerrung der Signale zur Kennlinienkompensation des Verstärkers zu.

Die Mess-Signale werden mit einem Signalgenerator erzeugt, der von einer Modulationsquelle gespeist wird. Das Signal wird, nachdem es den Verstärker passiert hat, von einem Spektrumanalyzer aufgenommen, abgetastet und gespeichert. Die so gewonnenen Daten werden mit der Software AMPTUNE eingelesen und zu einer AM/AM- (=Ausgangsamplitude zu Eingangsamplitude) und AM/PM (=Phasenunterschied zwischen Ein- und Ausgang zu Eingangsamplitude)-Kennlinie umgerechnet. Zur Verifikation der Messergebnisse kann das Steuersignal direkt über eine inverse Kennlinie vorverzerrt werden, um den Gewinn an Signalqualität wie z.B. die Verbesserung der Nachbarkanalleistungs-Unterdrückung zu messen.

2 Grundlagen

Ein wesentliches Kriterium für einen HF-Verstärker – sei es für die Anwendung im Mobilfunk oder in der Fernsehtechnik, bei kleinen oder großen Leistungen – ist seine Linearität. Darunter versteht man – allgemein gesprochen – seine Fähigkeit, das Eingangssignal am Verstärkerausgang lediglich um eine konstante Verstärkung angehoben auszugeben.

AmpTune - Verstärkermessung

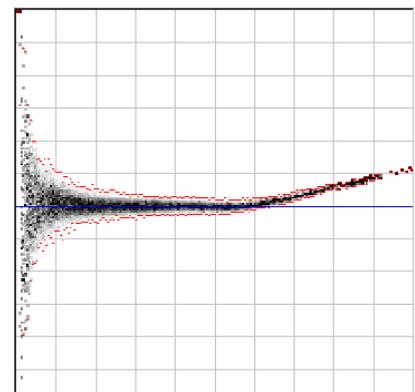
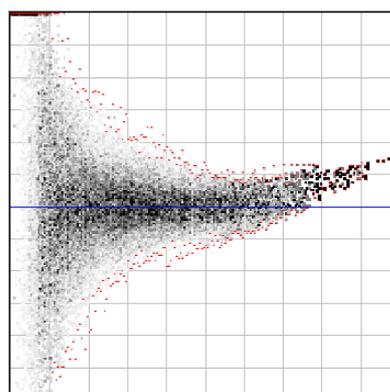
Jeder Verstärker hat – je nach Konzept – ein mehr oder weniger ausgeprägtes nichtlineares Verhalten. Zur Charakterisierung verwendet man dazu gerne die sog. AM/AM- und AM/PM-Transfer-Kennlinie. Dabei wird das Ein- und Ausgangssignal in Amplitude und Phase dargestellt und dann die Ausgangsamplitude gegen die Eingangsamplitude und die Phasendifferenz zwischen Ein- und Ausgangsphase gegen die Eingangsamplitude aufgetragen.

Je nach Verstärker (Technologie, Ausbaueise,...) reicht eine solche Darstellung nicht aus, da es z.B. eine Abhängigkeit dieser Kennlinien von der Eingangsphase oder – allgemein gesprochen - Memoryeffekte geben kann. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß sich viele moderne Verstärker komplett oder in guter Näherung durch solch eine Darstellung über AM/AM- und AM/PM-Kennlinie charakterisieren lassen.

Manchmal wird zur Messung dieser Kennlinie ein 2-Ton-Signal (= AM-Modulation) verwendet. Es zeigt sich jedoch, daß die dabei gewonnenen Kennlinien zur Optimierung des Verstärkers z.B. bei W-CDMA-Signalen nicht geeignet sind, da sich der Arbeitspunkt des Verstärkers infolge thermischer Effekte verschiebt und sich die Kennlinie während der Aussteuerung mit einem 2-Ton-Signal wesentlich ändert. Dies hat seine Ursache v.a. darin, dass ein 2-Ton-Signal einen anderen (niedrigeren) Crestfaktor und eine andere Amplitudenverteilung als ein allgemeines moduliertes Signal hat. Daher ist das Verhältnis zwischen Spitzen- und Effektivleistung unterschiedlich und somit die thermische Beanspruchung des Verstärkers verschieden. Es muß daher zur Bestimmung dieser Kennlinien möglichst ein Signal verwendet werden, wie es auch im realen Betrieb verwendet werden soll. Die hier vorgestellte Software verwendet standardmäßig ein Rauschsignal mit einstellbarer Bandbreite, welches sich als repräsentatives Signal für IS-95, W-CDMA etc. nutzen läßt. Zusätzlich kann ein WinIQSim-IQ-Daten-File eingelesen werden, welches es erlaubt, den Verstärker mit einem bestimmten, definierten Signal auszusteuern.

Bei Verwendung von modulierten Signalen allgemeiner Art treten jedoch verschieden Schwierigkeiten auf:

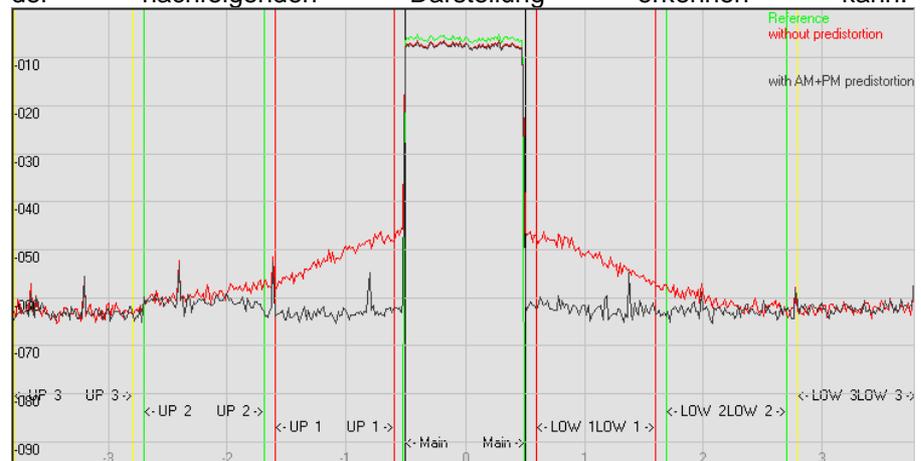
- Die Verstärkung im Meßpfad muß bekannt sein, um eine entsprechende Skalierung der Ergebnisse zu ermöglichen. Dazu wird die Verstärkung des Meßobjekts durch nachgeschaltete Dämpfungsglieder kompensiert und die verbleibende Verstärkung durch eine automatische Vormessung bei kleinem Pegel kompensiert.
- Referenz- und Meßsignal müssen zeitlich exakt korreliert sein. Durch den Einsatz eines externen Triggers wird dies annähernd erreicht, der verbleibende zeitliche Jitter ist jedoch zu hoch, um eine exakte Bestimmung der Kennlinien zu ermöglichen. Die nachfolgenden Bilder veranschaulichen die Problematik:



AmpTune - Verstärkermessung

Die linke Abbildung zeigt eine Messung der AM/PM-Verzerrung (x-Achse = Eingangspegel des Verstärkers, y-Achse = Phasendifferenz zwischen Ein- und Ausgang des Verstärkers) ohne Kompensation des zeitlichen Versatzes. Die rechte Abbildung zeigt die gleiche Messung mit Kompensation des zeitlichen Versatzes. Durch verschiedene mathematische Verfahren ist es jedoch möglich, diese Korrekturen softwaremäßig mit AMPTUNE vollautomatisch durchzuführen.

Die Software ermöglicht eine Kompensation der Nichtlinearität bis zur vollständigen Unterdrückung nichtlinearer Eigenschaften, wie man anhand der nachfolgenden Darstellung erkennen kann:



Im Bild ist ein 1 MHz breites Rauschsignal dargestellt. Die rote Kurve zeigt das Ausgangsspektrum eines Verstärkers mit nichtlinearer Kennlinie. Man kann deutlich die Anhebung des Nachbarkanalleistung (UP1 und LOW1) erkennen.

Die schwarze Kurve zeigt den gleichen Verstärker, diesmal jedoch mit einem vorverzerrten Signal angesteuert. Die Nachbarkanal-Leistung wird bis zu meßbaren Grenze unterdrückt.

3 Software Features / Funktionsprinzip

Die Software AMPTUNE bietet die Möglichkeit, Verstärker mit einem geeignet modulierten Signal zu betreiben und dann Messungen der AM/AM- und AM/PM-Kompressionskennlinie durchzuführen. Dazu wird ein HF-Signalgenerator vom Typ SMIQ mit einer IQ-Modulationsquelle AMIQ oder dem interne Modulationsgenerator des SMIQ (SMIQ-B60) moduliert, dieses Signal dann durch den Verstärker verstärkt und mit einem Signal Analysator vom Typ FSIQ oder FSP gemessen. Dieser setzt das Signal ins Basisband um und nimmt die IQ-Daten in seinem Speicher auf. Die Software bestimmt aus den Referenzdaten und gemessene Daten die Kennlinie des Verstärkers.

Die Software bietet folgende Möglichkeiten:

- Erzeugen von bandbegrenztem Rauschen mit einstellbarer Bandbreite als Meßsignal. Alternativ kann ein WinIQSim-Signal verwendet werden.
- Einstellen von Frequenz, Pegel und Bandbreite des Mess-Signals
- Einstellen der Aufnahmebandbreite, der Samplingtiefe und der Abtastrate der zu messenden Signale

- Einstellen von Parametern für automatische Messreihenerfassung mit Sweeps über Frequenz, Pegel und/oder Signalbandbreite
- Einzelmessung mit 1-stufiger (Referenzsignal wird intern erzeugt) oder 2-stufiger (Referenzsignal wird gemessen) Messung
- Kombinierte Messung mit Verifikation durch Messung der erzielten Nachbarkanal-Unterdrückungs-Verbesserung bei Signal-Vorverzerrung
- Automatische Messreihen
- Kombinationen aus automatischer Messreihe und Verifikation
- Manuelles und/oder automatisches Abspeichern der Messergebnisse (Kennlinien-Daten, IQ-Meßwerte, ACP-Verbesserung)

4 Erforderliche Hard- und Software

Hardware (Geräte)

Zur Durchführung der Messung werden folgende Geräte benötigt:

- IQ-Signalquelle AMIQ oder Option Arbitrary Waveform Generator SMIQ-B60
- Signalgenerator SMIQ
- Signalanalysator FSIQ mit Option FSIQB70 oder Signalanalysator FSP
- Ein Dämpfungsglied, um die Verstärkung des Meßobjekts zu kompensieren
- Rechner mit Windows 95, Windows 98 oder Windows NT
- (Bei Bedarf 1 oder 2 Eichleitung(en) RSG oder RSP zur Verbesserung der Messdynamik (Typ RSG oder RSP) - diese Komponenten sind nur bei kritischen VSWR-Bedingungen am Ein- und/oder Ausgang des Verstärkers erforderlich und daher nur in seltenen Fällen nötig)

Software (Rechner)

Die Software stellt keine speziellen Anforderungen an den Steuerrechner. Es kann jeder Rechner mit Windows 95, Windows 98, Windows Me, Windows 2000 oder Windows NT als Betriebssystem verwendet werden.

5 Installieren der Software

Zur Installation von AMPTUNE wird der Microsoft Installer verwendet. Dieser muss zunächst auf dem Rechner installiert werden. Führen Sie dazu

- unter Windows 95 „InstMSIA.EXE“
- unter Windows 98 und Windows NT 4.0 „InstMSIW.EXE“

aus. Anschließend können Sie „SETUP.MSI“ starten und so das Programm installieren.

Verwenden Sie Windows 2000 oder Windows Me oder haben Sie bereits einmal Software mit dem Microsoft Installer installiert, so ist auf Ihrem Rechner der Microsoft Installer bereits installiert. In diesem Fall können Sie direkt die Datei „SETUP.MSI“ starten.

Bei der Installation werden die Programmfiles in ein Verzeichnis Ihrer Wahl kopiert sowie ein Icon auf dem Desktop Ihres Rechners angelegt, über das sich dann das Programm AmpTune starten lässt. Zusätzlich werden einige Beispiels-IQ-Datenfiles in einem Ordner „IQFiles“ abgelegt, der sich im Ordner der installierten Anwendung befindet. Eine Beschreibung der Daten ist im File „README.TXT“ im selben Ordner zu finden.

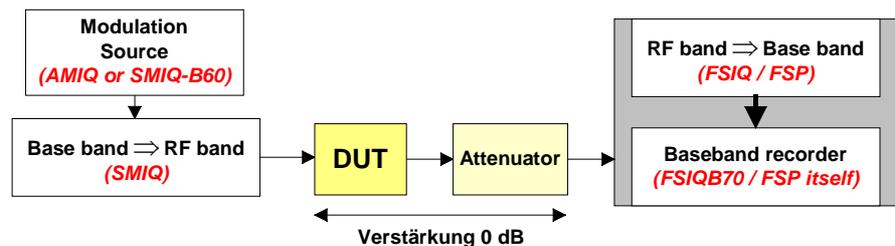
6 Verbinden des Computers und des Gerätes / Meßaufbau

Verbinden der Geräte

Man verbindet die IQ-Signalquelle, den Signalgenerator und den Signalanalysator über den IEC-Bus mit dem PC. Jedem Gerät muß eine eindeutige IEC-Bus-Adresse zugewiesen werden.

Meßaufbau

Die Software unterstützt verschiedene Meßverfahren, der Basisaufbau ist jedoch für fast alle Meßaufgaben ausreichend und sieht wie folgt aus:

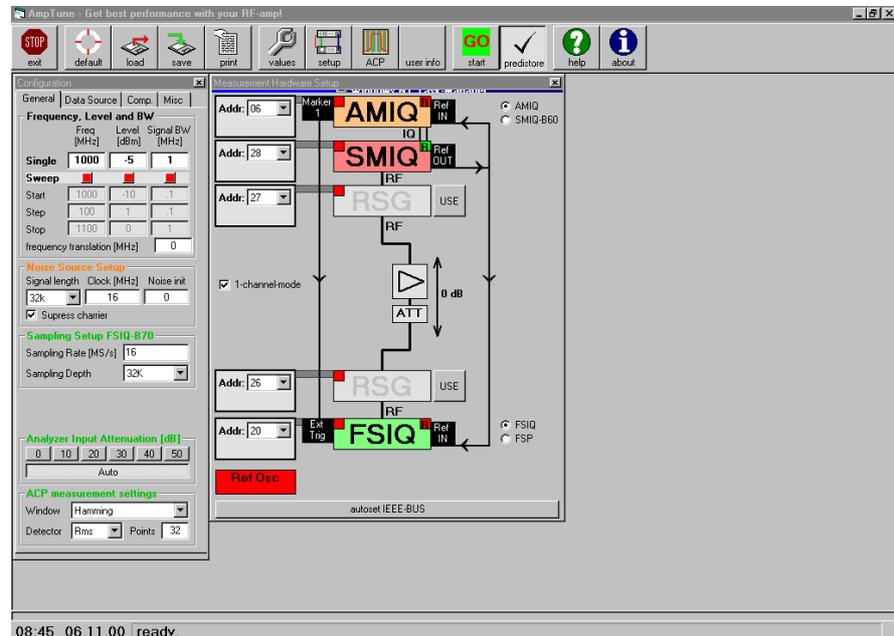


Installieren Sie die Software (siehe Punkt 5) und starten Sie das Programm. Es erscheint ein Fenster, in dem sie das gewünschte Messverfahren (1- oder 2-stufigen Messverfahren, externe Eichleitungen) auswählen können. Gemäß der Auswahl wird die entsprechende Verkabelung angezeigt. Als Standardeinstellung sollte „1-Kanal“ und keine externe Eichleitung gewählt werden, um eine Messung durchzuführen.

Es ist zu beachten, dass – um die Eigenschaften des DUT optimal zu bestimmen – die Verstärkung des DUT kompensiert werden muss, um am Eingang des Signal Analysators den gleichen Pegel wie am Eingang des Verstärkers zu erzielen. Dabei ist ein exakt gleicher Pegel nicht von Belang, da dieser softwaretechnisch korrigiert wird. Durch einen zu kleinen Pegel wird lediglich die Messdynamik eingeschränkt. Außerdem darf der Eingang des Messgeräts nicht übersteuert werden. Es wird daher empfohlen, einen Bereich zwischen „gleichem Pegel“ und „Ausgangspegel 3 dB kleiner als Eingangspegel“ anzustreben.

7 Starten des Programms

Klicken Sie auf das Icon auf dem Desktop oder wählen Sie im Startordner AMPTUNE aus. Die Software startet mit folgendem Bildschirm:



Im linken Fenster können die Messeinstellungen wie Frequenz, Pegel, Bandbreite etc. vorgenommen werden. Im rechten Fenster wird der zu verwendende Meßaufbau eingestellt. Die Statusleiste am unteren Rand des Fensters informiert über den aktuellen Status des Programms.

8 Online-Hilfe

Um nähere Hinweise zur Bedienung der Software zu erhalten, starten Sie diese und rufen sie z.B. durch Druck von [F1] die Online-Hilfe auf. Diese enthält genaue Informationen zur Bedienung der Software, Bedeutung der einzelnen Eingabefenster, FAQ's,...

Bei Bedarf kann das Handbuch auch ausgedruckt werden. Dazu muß der erste Punkt im Inhaltsverzeichnis der Hilfe angewählt werden. Dann kann man über „Drucken“ alle Unterthemen mit ausdrucken und erhält so das gesamte Handbuch in gedruckter Form.

9 Literatur

- **F. Zavosh**, et all, "Digital Predistortion Techniques for RF Power Amplifiers with CDMA Applications", *Microwave Journal*, Vol. 42, No. 10, October 1999, pp. 22-50
- **F. Zavosh**, et all, "Digital Predistortion Linearizes CDMA LDMOS Amps", *Microwaves & RF*, March 2000, pp. 55-61+164
- **F. Bonn**, "Limitations in feed-forward-linearization", *Microwave Journal*, August 2000, pp. 24-40 (Part I), September 2000, pp. 94-106 (Part II)
- **P. Kenington**, "Linearized RF Amplifier and Transmitter Techniques", *Microwave Engineering Europe*, November 1998, pp. 35-50
- **P. Kenington**, "Methods Linearize RF Transmitter And Power Amps", *Microwave & RF*, December 1998, pp. 102-116
- **P. Kenington**, "A Wideband Lineariser for Single and Multi-Carrier 3G CDMA", *IEEE Vehicular Technology Conference*, Fall '99, Vol. 1, pp. 248-252

10 Bestellinformation

Modulationsgenerator		
AMIQ	Bis 16 Msamples I und Q	1110.2003.04
oder		
SMIQ-B60	Bis 512 Ksamples I und Q	1136.4390.02
Vektorsignalgenerator		
SMIQ02B	0,3...2,2 GHz	1125.5555.02
SMIQ03B	0,3...3,3 GHz	1125.5555.03
SMIQ04B	0,3...4,4 GHz	1125.5555.04
SMIQ06B	0,3...6,4 GHz	1125.5555.06
Signal Analyzer und Optionen		
FSIQ3	20 Hz... 3,5 GHz	1119.5005.13
FSIQ7	20 Hz... 7 GHz	1119.5005.17
FSIQ26	20 Hz... 26,5 GHz	1119.6001.27
FSIQ40	20 Hz... 40 GHz	1119.6001.40
FSIQB70 (erforderlich)	25.6 MHz Sampling-Rate	1119.6747.02
oder		
FSP3	9 kHz... 3 GHz	1093.4495.03
FSP7	9 kHz... 7 GHz	1093.4495.07
FSP13	9 kHz... 13 GHz	1093.4495.13
FSP30	9 kHz... 30 GHz	1093.4495.30
HF-Eichleitung		
RSG	0...5,2 GHz, 1 dB-Schritte	1009.4505.02
RSP	0. 2,7 GHz, 0.1 dB-Schritte	0831.3515.02



ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG · Mühlhofstraße 15 · D-81671 München · Postfach 80 14 69 · D-81614 München ·
Tel (089) 4129 -0 · Fax (089) 4129 - 13777 · Internet: <http://www.rohde-schwarz.com>

Die Nutzung dieser Application Note und der mitgelieferten Programme darf nur unter Anerkennung der Nutzungsbedingungen erfolgen, die in der Download-Area der Rohde & Schwarz-Web-Site aufgeführt sind.