

VSWR als Grad der Signalreinheit von Signalgeneratoren

Prinzipieller Aufbau und Grundlagen moderner Generatoren

Der Fachbeitrag liefert einen Überblick über einige wichtige Eigenschaften von Signalgeneratoren. Besonders der Zusammenhang zwischen Ausgang des HF-Signals, Übertragung zu einer Last und mögliche Rückwirkung werden aufgezeigt und erläutert. AYTAC KURT



Dipl.-Ing.(FH) AYTAC KURT ist als Vertriebsingenieur bei EMCO Elektronik GmbH in Martinsried tätig.

Auch wenn es sehr verschiedene Arten von Signalgeneratoren gibt, besitzen alle einige gemeinsame Eigenschaften zu denen der prinzipielle Aufbau gehört.

Ausgangssystem eines Signalgenerators

Der prinzipielle Aufbau eines Systems ist in Abbildung 1 zu sehen. Der Ausgangspegel eines Signalgenerators ist bei allen Varianten grundsätzlich selektierbar. Der einstellbare Verstärker (output amplifier) hat die Aufgabe ein kontinuierliches Signal zu verstärken. Der Stufenabschwächer filtert mögliche ‚Verunreinigungen‘, um ein einwandfreies Signal sicherzustellen. Dieser Aufbau erlaubt aber nur einfache Signalarten wie Dauerstrich (CW; Continuous Wave), oder Signale mit einfachen Modulationsarten wie Frequenzmodulation (FM). Für weitere Funktionen wie Amplitudenstabilität und Reverse Power Protection

(RPP) ist eine ‚Automatic Level Control‘-Funktion (ALC) Voraussetzung, mit der auch eine Amplitudenmodulation erzeugt werden kann. Ein Aufbau des HF-Ausgangssystems mit ALC ist in Abbildung 2 zu sehen. Das Hochfrequenzsignal durchläuft ein einstellbares Dämpfungsglied im Ausgangsverstärker. Der Output des Diodengleichrichters ist mit dem HF-Ausgang abgestimmt, d.h. der Rückführkreis gleicht mögliche Fehler im Ausgangsverstärker und Dämpfungsglied wieder aus. Diese Regelschleife stellt sicher, dass Veränderungen vom Pegel (gain) in der Steuerspannung und am Endverstärker keine Fehler am HF-Ausgang zur Folge haben. Abbildung 3 zeigt den Gesamtaufbau eines HF-Ausgangssystems mit RPP. Mit einem solchen Aufbau kann ein großer Pegelbereich erzeugt werden, wahlweise auch mit Amplitudenmodulation. Mögliche Schwankungen der Eingangsspannung vom Verstärker werden durch die Referenzspannung kontrolliert und abgeleitet. Die Amplitudenmodulation wird mit der Referenzspannung überlagert und zum HF-Eingangssignal eingespeist. Das

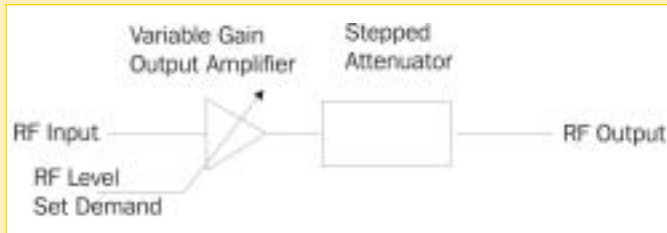


Abb.1: Aufbau einer Ausgangsstufe eines Signalgenerators

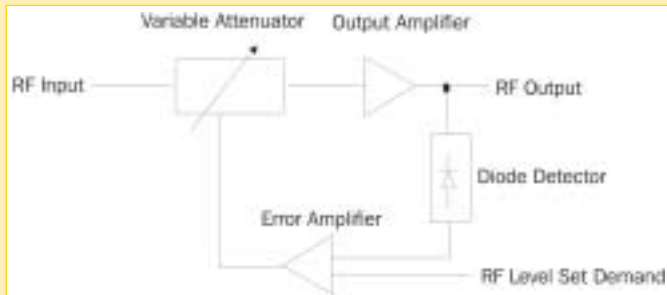


Abb.2: Aufbau mit ALC (Verstärkungs-Stellung / Regelung)

daraus resultierende, gemischte Signal hat jetzt den eingestellten Wert (üblicherweise durchläuft es einen D/A-Wandler). Der Durchlauf der Amplitudenmodulation durch die Referenzspannung stellt sicher, dass der ALC dieses Signal nicht kompensiert. Um ein sauberes HF-Signal am Ausgang zu erhalten, wird das Signal auch über einen mechanisch oder elektronisch schaltbaren, mehrstufigen Abschwächer geführt. Grund hierfür ist der Diodengleichrichter im ALC-Kreis, der einen begrenzten Dynamikbereich aufweist. Optional ist danach auch ein Verstärker einsetzbar, der die durch den Abschwächer entstandenen Verluste wieder ausgleicht. Schließlich erreicht das Signal das RPP-System. Diese Einrichtung hat die Aufgabe, den Signalgenerator vor hohen DC- oder Hochfrequenzsignalen zu schützen, die über den HF-Ausgang in das Gerät gelangen können und empfindliche Bauteile zerstören könnten.

Anpassung und Reflexionen

Die Ausgangsimpedanz beträgt bei HF-Anwendungen üblicherweise 50 Ohm, da sich die Handhabung der Kapazitäten und Induktivitäten einfacher gestaltet. Das erzeugte Signal soll möglichst reibungslos den Verbraucher erreichen. Dies ist durch eine Leistungsanpassung zwischen Signalgenerator und Last zu erreichen. Für die Adaption des HF-Signals an die Last wird ein HF-Kabel benötigt. Das verwendete HF-Kabel wirkt in dieser Kette an ihrem Anfang als Last und am Ende als Quelle. Weicht die Impedanz zwischen Signalgenerator und Last voneinander ab, dann wird ein Teil der Leistung an der Stoßstelle der beiden Impedanzen in den Signalgenerator reflektiert. In der Praxis wird häufig das Leistungsverhältnis zwischen hin- und rücklaufender Welle in dB angegeben. Dieser Wert wird als Rückflussdämpfung (return loss, RL) oder einfach Anpassung bezeichnet. Formel 1 (Gl. 1) dient zur Berechnung der Rückflussdämpfung:

$$RL = 10 \cdot \log r^2 \quad (1)$$

Wobei r^2 mit Hilfe der Formel 2 (Gl. 2) aus den Widerständen zwischen Quelle und Last berechnet werden kann.

$$r^2 = \frac{R_{last} / R_{Quelle} - 1}{R_{last} / R_{Quelle} + 1} \quad (2)$$

Die Güte der Anpassung wird als Stehwellenverhältnis (VSWR = Voltage Standing Wave Ratio) bezeichnet. Zur Berechnung kann Formel 3 (Gl. 3) verwendet werden.

$$VSWR = \frac{1+r}{1-r} \quad (3)$$

Die Spezifikation VSWR eines Signalgenerators sollte in Abhängigkeit vom Ausgangspegel und der Trägerfrequenz angegeben sein. Tabelle 1 zeigt die Werte für Last- und Quellen-VSWR: Ist der Signalgenerator beispielsweise mit einem VSWR von 1,5 und die Last mit 1,1 spezifiziert, kann aus Tabelle 1 als Wert +/- 0,08 dB entnommen werden. Dies bedeutet eine Messunsicherheit von +/- 1,8 % – einen idealen Leistungsmesser vorausgesetzt. Hinzu kommt daher in der Praxis im Normalfall die Toleranz des Leistungsmessers. Nehmen wir an, der Signalgenerator hat ein VSWR von 2 und die Last weist ein VSWR von 1,1 auf, so steigt die Messunsicherheit auf +/- 0,14 dB (+/- 3,2%). Bei einer typischen Messanordnung stellt diese Beziehung ein Problem für den Anwender dar. Der Wert des Last-VSWR liegt in der Regel höher als die der Quelle, da ein Kabel zum Übertragen des HF-Signals notwendig ist. Somit steigt das Last-VSWR an und damit verbunden auch die Messunsicherheit. Das spezifizierte VSWR sollte auch die Angabe vom Ausgangspegel enthalten, damit dieser Wert richtig verglichen werden kann. Der Ausgangspegel scheint eine einfache Spezifikation zu sein. Es ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die erreichte Pegelgenauigkeit bei kleinen Einstellwerten über den spezifizierten Frequenzbereich nachzumessen. Die Leistungsmesser sind nur bis -40 dBm genau genug; unterhalb von -40 dBm müssen Spektralanalysatoren eingesetzt werden, die je-

doch bei Absolutmessungen wiederum vergleichsweise ungenaue Werte liefern.

Kombination von Signalgeneratoren

In vielen messtechnischen Anordnungen werden mehrere Signalgeneratoren miteinander kombiniert (Abb. 4). Zur Vereinfachung dieser Thematik gehen wir von zwei Signalgeneratoren aus. Jeder Signalgenerator liefert beispielsweise ein Signal von +7 dBm.

Angenommen am Port des Combiners zum Signalgenerator wird eine Dämpfung von 6 dB verursacht, so bleibt nur noch ein Signal von +1 dBm. Signalgenerator A erzeugt ein HF-Signal mit +7 dBm und ‚sieht‘ ein falsches Signal mit +1 dBm am Port, verursacht vom Signalgenerator B. Das gleiche geschieht natürlich auch am Signalgenerator B. Das kann drei Probleme verursachen:

Intermodulation

Der nichtlineare Ausgang des Generators führt zu Intermodulationsprodukten beider Signale (+7 dBm und +1 dBm). Die Nichtlinearität ist durch das ALC, den RPP-Detektor, dem elektronischen Dämpfungsglied oder dem Ausgangsverstärker bedingt. Unter Umständen können sich Intermodulationsprodukte am Combiner-

Ausgang ganz oder teilweise auslösen, so dass sie dort einer Messung nicht zugänglich sind.

Veränderung des Ausgangspegels

Der Diodengleichrichter im ALC stellt beide Signale fest. Das ALC-System reagiert darauf typischerweise mit einer Verringerung des Ausgangspegels.

Überlappung des Trägersignals

Das dritte Problem ist etwas komplexer.

Wenn der Frequenzabstand der beiden

Signale nicht größer ist, als eine Größenordnung der Bandbreite des ALC-Systems, sieht der Detektor die Amplituden dieser beiden Trägersignale ‚überlappt‘. Der Detektor moduliert als Folge die Amplitude des Vorwärtssignals. Wenn das Interferenzsignal nur positive Frequenzbestandteile besitzt und die Amplitudenmodulation beginnt, führt dies zu einem ungültigen Zustand, da für eine Amplitudenmodulation zwei symmetrische Bänder Voraussetzung sind. Um dieses Problem zu vermeiden, muss der Frequenzabstand der Generatoren entsprechend breit genug gewählt werden. Dieses Beispiel beschreibt die Situation bei Verwendung eines rein ohmschen Combiners. Ein reaktiver Combiner ist hier zu bevorzugen, da dieser bessere Isolationswerte zum Signalgenerator bietet als die rein ohmsche Lösung. Combiner mit Blindanteil haben dafür den Nachteil, dass sie im Vergleich zum ohmschen Combiner nicht so breitbandig sind. Die Isolation zum Signalgenerator hängt vom Gesamt-VSWR des Combiners ab. In der messtechnischen Applikation muss ein Kompromiss zwischen mehreren Faktoren gewählt werden. Viele Generatorhersteller geben VSWR-Werte an, ohne gleichzeitig den Ausgangspegel zu nennen. Allerdings eignet sich der VSWR-Wert aus der Spezifikation für die Angabe der Qualität eines Signalgenerators nur dann, wenn der VSWR-Wert bei hohem Ausgangspegel vorliegt bzw. spezifiziert ist.

Tabelle 1: Fehlanpassungen in Abhängigkeit des VSWR von Last und Quelle

		VSWR Last										
		1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
VSWR Quelle	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,1	0,00	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14
	1,2		-0,02	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,10	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14
	1,3	0,00	0,04	0,07	0,10	0,13	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26
	1,4		-0,04	-0,07	-0,10	-0,13	-0,16	-0,18	-0,21	-0,23	-0,25	-0,27
	1,5	0,00	0,05	0,10	0,15	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37
	1,6		-0,05	-0,10	-0,15	-0,19	-0,23	-0,27	-0,30	-0,33	-0,36	-0,39
	1,7	0,00	0,07	0,13	0,19	0,24	0,28	0,33	0,37	0,40	0,44	0,47
	1,8		-0,07	-0,14	-0,19	-0,24	-0,29	-0,34	-0,38	-0,42	-0,46	-0,50
	1,9	0,00	0,08	0,16	0,22	0,28	0,34	0,39	0,44	0,48	0,52	0,56
	2		-0,08	-0,16	-0,23	-0,29	-0,35	-0,41	-0,46	-0,51	-0,56	-0,60
		1,6	0,00	0,09	0,18	0,26	0,33	0,39	0,45	0,50	0,55	0,60
	1,7		-0,10	-0,18	-0,27	-0,34	-0,41	-0,48	-0,54	-0,59	-0,65	-0,70
	1,8	0,00	0,11	0,20	0,29	0,37	0,44	0,50	0,57	0,62	0,67	0,72
	1,9		-0,11	-0,21	-0,30	-0,38	-0,46	-0,54	-0,60	-0,67	-0,73	-0,79
	2	0,00	0,12	0,22	0,32	0,40	0,48	0,55	0,62	0,68	0,74	0,79
	2		-0,12	-0,23	-0,33	-0,42	-0,51	-0,59	-0,67	-0,74	-0,81	-0,87
	1,9	0,00	0,13	0,24	0,34	0,44	0,52	0,60	0,67	0,74	0,80	0,86
	1,8		-0,13	-0,25	-0,36	-0,46	-0,56	-0,65	-0,73	-0,81	-0,88	-0,95
	1,7	0,00	0,14	0,26	0,37	0,47	0,56	0,64	0,72	0,79	0,86	0,92
	1,6		-0,14	-0,27	-0,39	-0,50	-0,60	-0,70	-0,79	-0,87	-0,95	-1,02

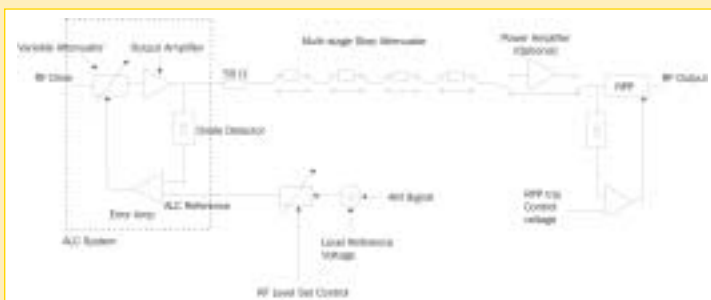


Abb.3: Typisches Beispiel für ein Gesamtaufbau des Ausgangssystems eines Signalgenerators

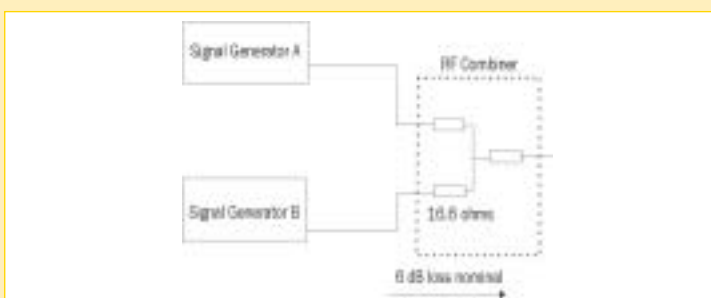


Abb.4: Kombination von Signalgeneratoren

Beitrag als PDF auf www.duv24.net

more @ click

DV113401 >