

# Ergänzung zum Beitrag „Messverstärker bis 150 MHz für Intermodulationsmessungen“ in FA 11/13, S. 1210

Als Ergänzung zu dem im FA 11/13, S. 1210 ff., von DC8RI beschriebenen Messverstärker für Intermodulationsmessungen sind einige grundsätzliche Anmerkungen zur Durchführung von Intermodulationsmessungen sinnvoll und angebracht:

## ■ Intermodulationsmessung

Zu diesem Zweck wird ein Doppelsignal mit einem geringen Frequenzabstand bei einer möglichst hohen gegenseitigen Entkopplung der Signale benötigt. Die notwendige Güte der Entkopplung ist von der verwendeten Anzeige abhängig.

In dem im Beitrag aufgeführten Beispiel wird ein Spektrumanalysator eingesetzt, der einen maximalen Darstellungsbereich von etwa 60 dB bei einem Fehler < 3dB realisiert. Damit ist bereits klar, dass die Entkopplung den Wert von 60 dB nicht zu übersteigen braucht. Die Summe der Entkopplung berechnet sich aus dem Weg, den ein Signal nehmen muss, um von dem letzten nichtlinearen Bauelement des einen Verstärkers zum dem des anderen zu gelangen. Nur hier entsteht Intermodulation. Dabei sind allerdings die Halbleiter der letzten Stufe nicht die einzigen Kandidaten. Bei Brückenverstärkern sind auch die Ausgangstransformatoren in Betracht zu ziehen, sowie eventuell nachgeschaltete Filter mit Kernen jeglicher Art.

Zur Zusammenführung der Signale verwendet man heute nur noch rein ohmsche Leistungssummierer. Die Verstärkerausgänge werden also mit Dämpfungsgliedern soweit abgeschwächt, bis die not-

wendige Entkopplung erreicht ist und dann mit einem Y-Teiler aus drei 16,6- $\Omega$ -Widerständen zusammengefügt. Die Entkopplung beträgt im Beispiel (siehe Beitrag)  $2 \times 20 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$  (Y-Teiler) und somit insgesamt 46 dB. Bis zu den gewünschten 60 dB fehlen hier noch 14 dB. Diese werden durch die Rückflussdämpfung der verwendeten Ausgangstransformatoren der beiden Endstufen realisiert. Diese beträgt jeweils etwa 10 dB. Damit sind dann 66 dB erreicht die uns genügen können.

Das auf diese Weise entstandene Signal, wird in den zu messenden Vierpol eingespeist (meistens ein Verstärker), dann wird am Analysator das Ausgangssignal betrachtet. Hier stellt man immer (!) die beiden Hauptsignale mit dar, um sicher zu sein, dass sie nicht über die Referenz (obere Linie) hinausgehen und den Analysator selbst übersteuern. Dies ist in den Bildern 9 und 10 im Beitrag sehr gut zu sehen. Der Analysator würde sonst anfangen, ebenfalls IM-Produkte zu erzeugen.

Gleichfalls ist hier zu erkennen, dass die feste Skala bei -60 dBc eine besondere waagerechte Linie enthält, die den Anwender darauf aufmerksam machen soll, dass ab hier der Fehleranteil enorm zunimmt. Dies gilt auch für gern als Sichtgeräte benutzte SDR-Empfänger oder spezielle Messempfänger bekannter Markenhersteller, nur dass dort diese Linie meistens fehlt.

Bevor hier der Aufschrei nach besseren Werten kommt, sollte ein kurzer Blick in

die Spezifikation des verwendeten Gerätes erfolgen. Dieser wird wahrscheinlich ernüchternd sein. Der Versuch, nur das Intermodulationsprodukt mit einem sehr steilen Filter zu selektieren und dann zu messen, sollte denen überlassen werden, die Ihre Technik mit den entsprechenden Korrekturfaktoren auch reproduzierbar kalibrieren können. Für die im Amateurlabor vorhandenen Geräte ist z.B. die -100-dBm-Methode ebenso ungeeignet, wie die Methode, welche zuerst die Bestimmung des MDS voraussetzt. Bei beiden Methoden sind die Fehleranteile viel zu hoch, da meist das oder die eingesetzten Filter nicht wirklich den Normkurven entsprechen. Vor allem bei undefinierten DSP-Filtern sind Fehlmessungen wesentlich über 10 dB programmiert. Interessanterweise sind weder bei [1] noch bei [2] systematische Messfehleranalysen zu finden.

Ein weiterer Punkt bei der IMD3-Messung ist das Phasenrauschen. Bei industriellen Geräten wird oft nur der @10-kHz-Wert angegeben. Hier ist vor allem bei sehr kleinem Abstand der Signale zu beachten, dass die Generatoren unter diesen Bedingungen auch noch zusammenschaltbar sind. Für Messungen bei 1 kHz und weniger kann dies bereits zum Problem werden. Für die Abschätzung gilt im allgemeinen: der @10-kHz-Wert -20 dB ist etwa für @1kHz gültig. Bei noch kleineren Abständen (@100Hz) sind vom 10-kHz-Wert etwa 50 dB abzuziehen. Dies gilt für den Generator und das Anzeigegerät, wobei das im Beispiel verwendete mit seinen -85dBc@10kHz bereits für Abstände unter 3 kHz nicht mehr einsetzbar ist.

dc8ri@vfd.b.org

## Literatur:

- [1] Rech, W.-H., DF9IC: Aktuelle und ältere KW-Transceiver im Vergleichstest. FUNKAMATEUR 57 (2008), H. 10, S. 1052
- [2] Schnorrenber, W., DC4KU: In-Band-Intermodulationsfestigkeit von HF-Empfängern. [www.my-darc.de/dc4ku/Inband\\_Intermodulation.pdf](http://www.my-darc.de/dc4ku/Inband_Intermodulation.pdf)