

Wie wählt man den passenden HF-Verstärker für EMV-Messungen?

Im auf den ersten Blick erscheinen Frequenzbereich, Leistung und nicht zu letzt der Preis als die entscheidenden Kriterien bei der Auswahl des geeigneten Verstärkers. Entscheidend bei EMV-Anwendungen ist jedoch nicht die Nominalleistung sondern die Leistung am 1-dB-Kompressionspunkt. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist das Verhalten bei Fehlanpassung.

Eine wichtige Rolle innerhalb eines Störfestigkeitmesssystems spielt der HF-Leistungsverstärker. Um den Prüfling mit der notwendigen Feldstärke beaufschlagen zu können, ist auf die richtige und ausreichende Dimensionierung des Verstärkers bei der Konzeption des Messsystems zu achten. Verstärker mit zu geringer Leistung führen zu niedrigeren Feldstärken als in der jeweiligen Norm gefordert und sind somit im täglichen Messbetrieb nicht einsetzbar. Aber auch Verstärker mit zu hoher Leistung sind zu vermeiden, da die Beschaffung des Verstärkers einen Großteil der gesamten Investition einnimmt und sich diese dann in einem ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis widerspiegelt. Im Folgenden soll nun auf verschiedene Parameter eines Verstärkers eingegangen und auf deren Berücksichtigung bei der Auswahl eines Verstärkers hingewiesen werden.

Die Abdeckung eines bestimmten **Frequenzbereichs** durch den Verstärker ist durch das anzuwendende Prüfverfahren vorgegeben. Die Verstärkerhersteller haben ihre Produktlinien an diesen Vorgaben orientiert. Einige Hersteller wie AR RF/Microwave Instrumentation sind bestrebt, mit Ihren Produkten einen möglichst weiten Frequenzbereich abzudecken. Dazu passend sind entsprechend breitbandige Antennen verfügbar. Insbesondere im Zusammenhang mit der immer mehr an Bedeutung gewinnenden Messergonomie ist dieser Aspekt nicht zu unterschätzen. Rechnet man den Zeitaufwand für Messumrüstungen, Antennenwechsel etc. über die Lebensdauer des Verstärkers hoch, wird deutlich, dass sich die Mehrkosten im Anschaffungspreis eines Verstärkers mit größerer Bandbreite durch die eingesparten Prüfzeiten sehr schnell amortisieren werden.

Als **Ausgangsleistung** wird in den meisten Fällen die Sättigungsleistung P_{sat} definiert. Das ist die Leistung, die bei Vollaussteuerung des Verstärkers erreicht wird. Eine weitere Erhöhung des Eingangspegels führt zu keiner weiteren Erhöhung des Ausgangspegels. Problematisch bei dieser Leistung ist jedoch, dass hier die Signale nicht mehr verzerrungsfrei verstärkt werden. Es entstehen Oberwellen (Vielfaches der Grundwelle f_1), welche die Sendeantenne ebenfalls anregen und somit auch zu Feldstärken bei $n \times f_1$ führen. Diese könnten den Prüfling dann ebenfalls ungewollt beeinflussen. Bild 1 zeigt das verzerrte CW-Signal, beim Betrieb des Verstärkers im nichtlinearen Bereich.

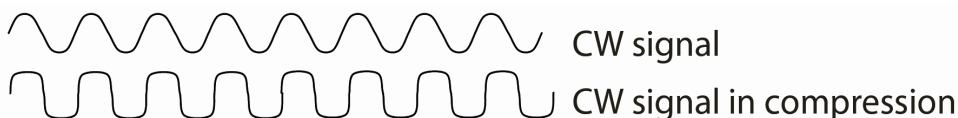


Bild 1: Verzerres Signal durch Übersteuern des Verstärkers

Die somit wichtigere und korrekte Leistungsangabe bei HF-Verstärkern für den Einsatz im EMV-Bereich ist die Leistung am **1-dB-Kompressionspunkt**. Der 1-dB-Kompressionspunkt ist derjenige Wert der Eingangsamplitude, bei dem die Leistung des Ausgangssignals 1 Dezibel von der idealen, linear extrapolierten Kennlinie abweicht (siehe Bild 2).

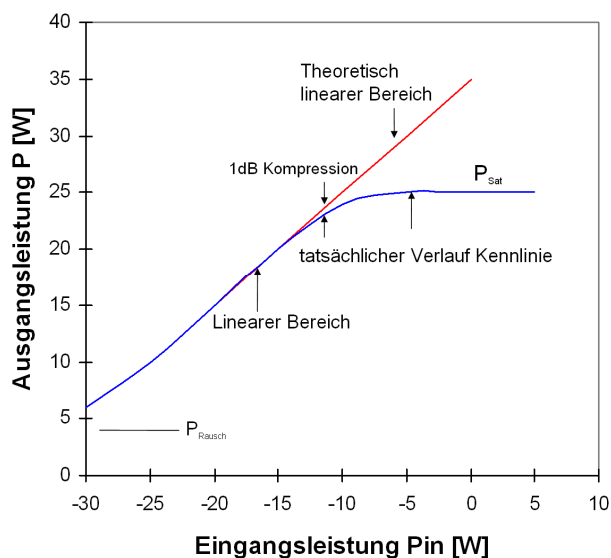


Bild 2: Graphische Darstellung des 1-dB-Komperssionspunktes

Unterhalb des 1-dB-Komperssionspunktes arbeitet der Verstärker im **linearen Bereich** und eine verzerrungsfreie Verstärkung des Signals ist gewährleistet. Eine ideale Linearität wird z.B. für amplitudenmodulierte Eingangssignale benötigt. Beim amplitudenmodulierten Signalen ist im Übrigen zu beachten, dass dieses bei einem Modulationsgrad von 80 %, eine Erhöhung der HF Spitzenleistung um 5,1 dB (leistungsbezogen entspricht dies der 3,24 fachen HF-Leistung) gegenüber dem CW-Signal erfordert.

Ebenfalls wichtig bei der Auswahl des Verstärkers ist das Verhalten bei **Fehlanpassung**. Der HF-Signalpfad vom Signalgenerator zum Verstärker und vom Richtkoppler zur Antenne entspricht in der Praxis oft nicht der „idealen“ Impedanz von 50 Ohm. Diese Fehlanpassung führt dazu, dass ein Teil der vom Verstärker abgegebenen Leistung reflektiert wird. Zum Beispiel liegt das VSWR einer log.-per. Antenne bei ca. 2,5:1 (d.h. ca. 20% reflektierte Leistung). Fehlanpassungen erfordern nun **Klasse-A-Verstärker**. Diese sind unempfindlich gegen reflektierte Leistung und geeignet um die Messverfahren z. B. gemäß EN 61000-4-3 durchzuführen. Klasse-A-Verstärker regeln selbst unter extremer Fehlanpassung die HF-Ausgangsleistung nicht zurück. Im Gegensatz dazu stehen Verstärker der **Klasse-AB**. Diese werden bei Fehlanpassung zerstört und benötigen deswegen eine Schutzschaltung für den fehlangepassten Betrieb. Diese Schutzschaltung führt zu einem Zurückregeln der Ausgangsleistung (siehe Bild 3). Somit steht oftmals nicht genügend Leistung zur Verfügung um die Antenne anzuregen und die geforderte Feldstärke zu erreichen.

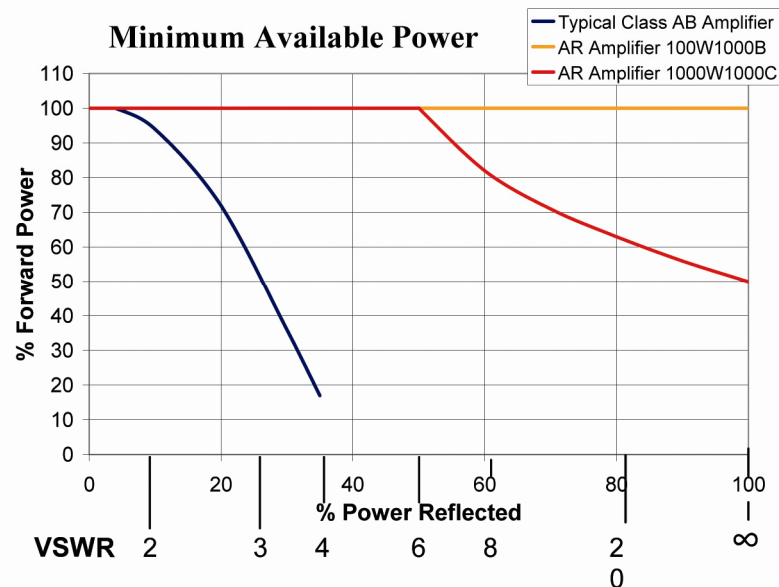


Bild 3: Verhalten von Verstärkern der Klasse-A und Klasse-AB bei Fehlanpassung

Neben den hier erwähnten Kenngrößen eines Verstärkers sind darüber hinaus Einflussgrößen wie Messabstand, Wanderung des Phasenzentrums der Antenne, Antennengewinn, Leitungsverluste, erforderliche Modulation, Einflüsse durch die Umgebung und des Prüflings sowie das Gesamt-VSWR zu berücksichtigen. Zusätzliche Leistungsreserven sind ebenfalls zu kalkulieren. Letztendlich kann nur eine genaue Bewertung des Frequenzbereichs, der minimal verfügbaren Leistung, der Lasttoleranz und des linearen Verhaltens des Verstärkers ermöglichen eine klare Aussage, ob ein Verstärker zur Erzeugung von elektromagnetischen Größen mit den geforderten Werten geeignet ist.