Die Problematik der Ferrit-Impedanzen

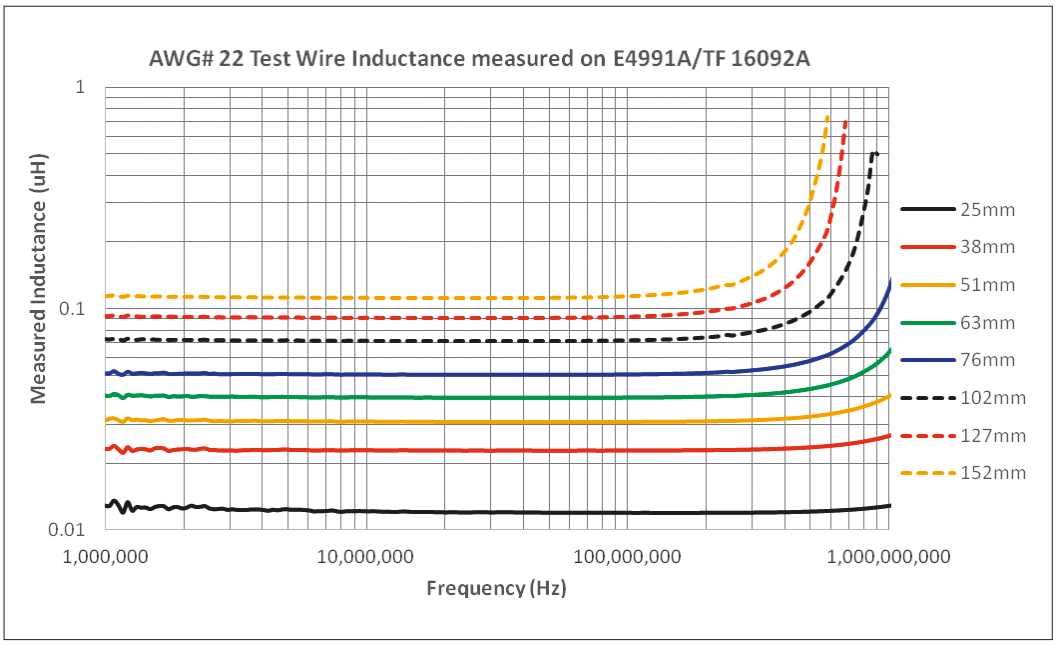


Bild 1: Induktivität eines Messdrahts in Abhängigkeit von der Frequenz für verschiedene Drahtlängen

Der Artikel stellt technische Betrachtungen zu den Impedanzangaben in Herstellerdatenblättern an.

Eine einfache und altbekannte Methode zur Unterdrückung von EMV-Störungen ist der Einsatz von Ferriten, welche z.B. über die Stromzuführung oder Datenleitungen geschoben werden und sehr effektiv die Störungsausbreitung bedämpfen können. Je nach Frequenzbereich und Art der Störung kommen verschiedenste Bauformen zum Einsatz. Oft wird im (Pre-)Compliance Test mit den Ferriten getestet, die im Labor gerade vorrätig sind oder solchen, die in einem Musterkit der verschiedenen Hersteller zur Verfügung gestellt werden. Allen gemeinsam sind die Impedanzangaben der Hersteller, meistens im vorgegebenen Frequenzraster von 1, 10, 25, 100 und 250/300 MHz. Wurde der (Pre-)Compliance Test dann erfolgreich mit einer Ferrit-Type abgeschlossen, ist die Impedanz gemäß des Herstellerdatenblatts bekannt. Diese Werte werden in der weiteren Produktentwicklung oder für die Entwicklung zur Serienreife gerne als „gegeben" hingenommen und als Spezifikationen in die Materiallisten (BOM) übernommen.

Und hier beginnt das Problem!

Die Datenblattangaben verschiedenster Hersteller lassen sich nicht 1:1 vergleichen! Jeder namhafte Hersteller gibt die Impedanzen im o.g. Frequenzraster an, jedoch fehlen sehr oft genaue Angaben zur Messmethode und zum Messaufbau. Ein Beispiel für die stark variierenden Impedanzangaben begründet sich aus den im Weiteren beschrieben Effekten der Messmethode und des Messaufbaus:

Einfluss der Messgerätewahl: Bei vielen Ferrit-Herstellern wird, gemäß Datenblatt, das Keysight-Modell Nr. E4991A für Messungen bei 1...3000 MHz verwendet, welches die älteren HP4291, HP4191 und HP4193 ablöste. Für Messungen unter 30 MHz kommt häufig ein Keysight-Modell E4990A, HP4284A oder HP4285A zum Einsatz.

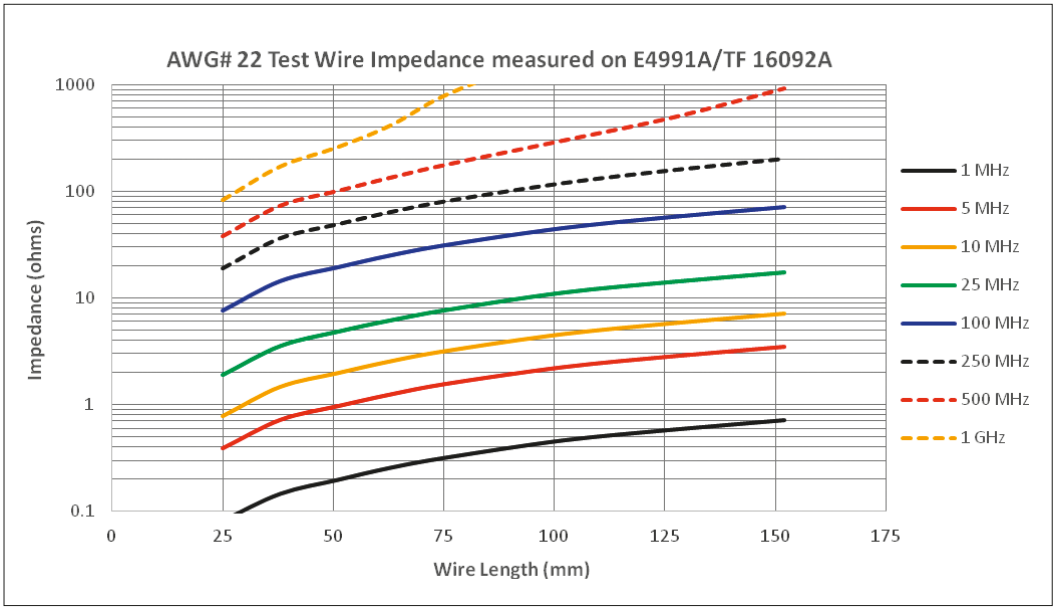


Bild 2: Impedanz des Messdrahts in Abhängigkeit von der Frequenz für verschiedene Längen

Autor:
Ulrich Kraft
Industrial Electronics GmbH
www.fairrite.com

Bild 3: Messaufbau mit kürzestmöglicher Kabellänge

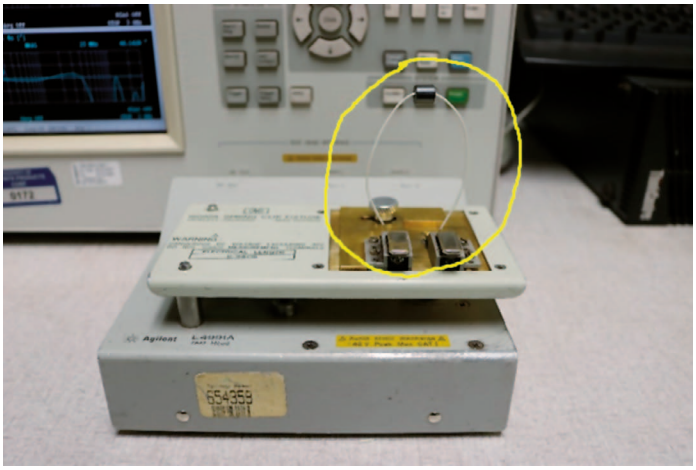


Bild 4: Messaufbau mit 100 mm Kabellänge

Diese ersetzen oft ältere Niederfrequenz-Induktionsmessgeräte, Q-Meter und R-X Brücken.

Diese Veränderungen in der Instrumentierung führen zu unterschiedlichen Messwerten und Spezifikationen und sollten beim Vergleich von Datenblättern berücksichtigt werden, sofern diese Angaben überhaupt aufgeführt sind. Beobachtungen haben ergeben, dass Messungen mit den neueren Gerätegenerationen zu genaueren, meist niedrigeren Impedanz-Messergebnissen führen. Daher sollte bei Bewertung eines Herstellerdatenblatts zusätzlich immer ein Augenmerk auf das Erstelldatum gerichtet werden.

Was wichtig ist

Ein wichtiger Einflussfaktor sind Länge und Art des zur Messung verwendeten Drahtes. Für eine Messung der Impedanz eines Ferrits ist es wichtig, eine möglichst kurze Messdrahtlänge zu verwenden, die für das zu messende Bauteil und für die verwendete Prüfvorrichtung optimiert ist. Ferrit-Komponenten, die bereits mit Leitern versehen sind, sollten auf die minimaler in der Messanordnung fixierbare Länge gekürzt werden. Die Leitungslänge hat einen wesentlichen Einfluss auf die gemessene Gesamtimpedanz. Am auffälligsten wird das bei Frequenzen oberhalb von ca. 50 MHz aufgrund der zusätzlichen induktiven Leitungsreaktanz

$X_L = 6{,}28 \times f \times L$

bzw. 0,12 Ohm/MHz/ Inch des Leiters bei einem 0,75-mm-Messdraht (AWG22).

Bei einer Leitung mit Ø 0,75 mm (AWG22) beträgt die gemessene Induktivität bei 25 mm ca. 12 nH, bei 100 mm sind es bereits ca. 70 nH und bei 152 mm 120 nH. Diese Leitungsinduktivität geht im weiteren Messverlauf direkt in die Impedanzmessung des Bauteiles ein und wird diese verfälschen. Auch hat der Durchmesser des Messdrahtes einen Einfluss auf das Ergebnis.

Es ist zu erkennen, dass trotz gering erscheinender Drahtinduktivitäten die entstehenden zusätzlichen Drahtimpedanzen beträchtlich sind und mit steigender Frequenz und Drahtlänge bis zu einem Vielfachen der eigentlichen Ferrit-Impedanz ansteigen können. So ergibt sich bei 100 MHz und 100 mm Kabellänge (4 Inch) bereits eine Fehlmessung der Impedanz von über 40 Ohm, bei 250 MHz sind das bereits ca. 120 Ohm, allein bewirkt durch den verwendeten Messdraht!

Bild 1 und 2 zeigen die tatsächlich gemessenen Induktivitäten und Impedanzen für verschiedene Drahtlängen, wie sie für Messungen der Ferrite an einem typischen Prüfgerät Verwendung finden.

Ganz vermeiden lässt sich der Einfluss der Drahtreaktanz auf die gemessene Impedanz nicht, allerdings sollte dies bei der Bewertung des Ferrits und bei Vergleichen der Datenblätter verschiedener Hersteller unbedingt berücksichtigt werden.

Reale Messungen

Einige Beispiele, die die Unterschiede in der gemessenen Impe-

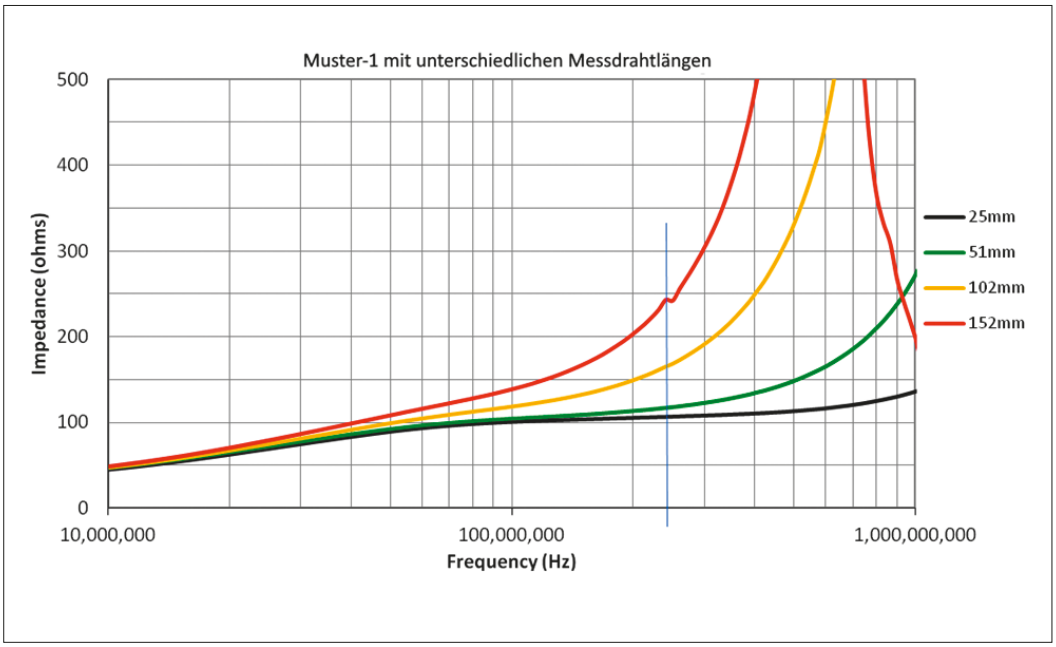


Bild 5: Impedanzen für Muster 1; die Messung zeigt deutlich den Einfluss der Kabellänge. Werden bei 25 mm und 250 MHz ca. 110 Ohm gemessen, so sind es bei 100 mm Kabellänge bereits 170 Ohm, und bei 152 mm ergeben sich sogar 240 Ohm (AWG22)

danz anhand zweier verschiedener EMV-Ferrite zeigen.

Muster 1 ist ein kleines Ferrit-Bead mit $Ø_a = 7{,}5$ mm, $Ø_i = 2{,}37$ mm und 7,55 mm Länge; Muster 2 ist ein größerer „Clamp-on-Ferrit“ mit den äußeren Gehäuseabmessungen 17,9 x 18,4 x 32,2 mm Länge und 6,6 mm Kabelöffnung.

Fazit

Die Messungen zeigen, dass beim Vergleich von Ferrit-Impedanzen die Herstellerdatenblatt-Angaben allein nicht ausreichen. Auch wenn die Messdrahtlängen im Datenblatt angegeben sind, so spielt auch das Messequipment eine erhebliche, leider oft unvorhersehbare Rolle, vor allem bei kleineren Bauteilen und höheren Frequenzen. Zu empfehlen ist daher die Überprüfung auf die tatsächliche Spezifikation bzw. Impedanz der eingesetzten Ferrite, speziell bei der Auswahl von Second-Sources. Es reicht nicht aus, sich alleine auf die Angaben der Herstellerdatenblätter zu stützen. Um die Impedanz von Ferriten verschiedener Bauformen oder verschiedener Hersteller bewerten zu können, bleibt einzig der 1:1-Vergleich mit demselben Mess-Equipment und demselben Messdraht als sinnvolle und aussagekräftige Methode. ◄

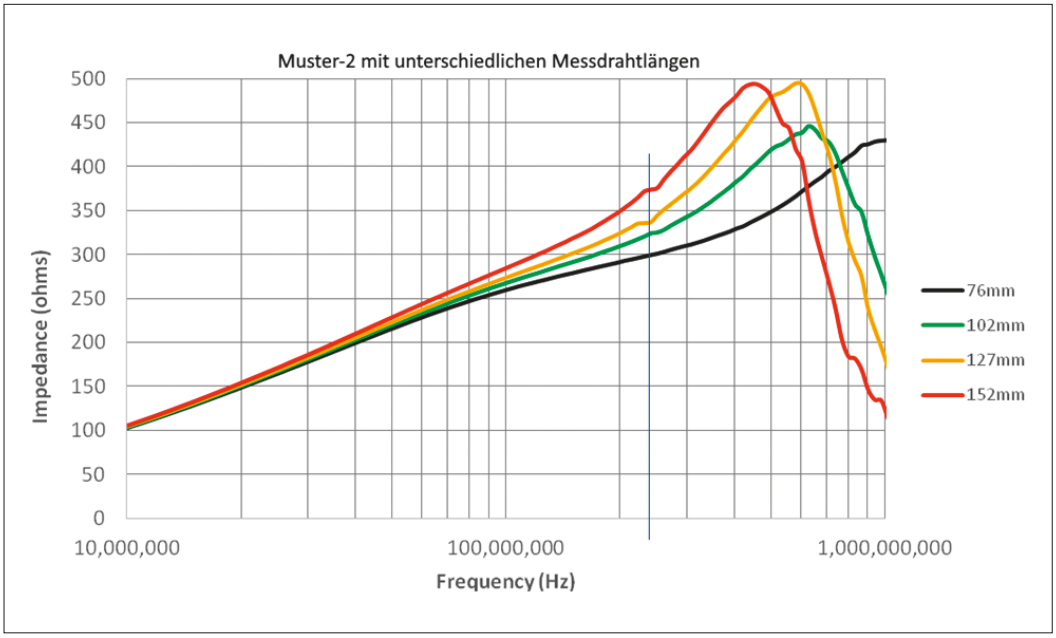
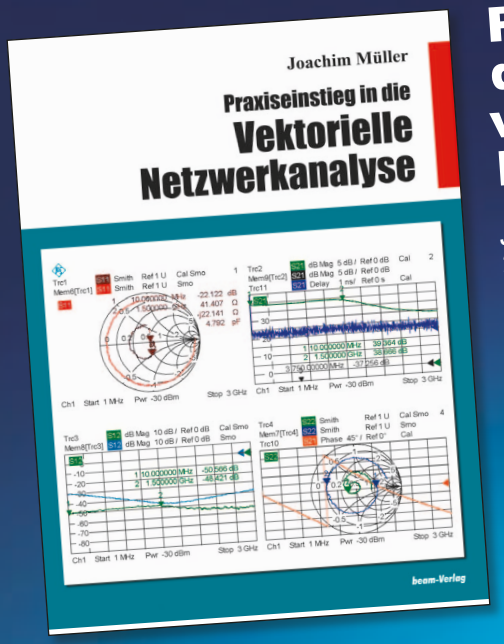


Bild 6: Impedanzen für Muster 2). Auch diese Messung zeigt den Einfluss der Kabellänge. Durch die Baugröße des Ferrits wird von vorne herein ein längeres Messkabel verwendet. Bei 76 mm und 250 MHz werden ca. 300 Ohm gemessen, bei einer Kabellänge von 152 mm sind es 370 Ohm. Hier wirkt sich die Drahtlänge aufgrund der Grundimpedanz des Ferrits weniger stark aus (AWG22)

Fachbücher für die Praxis



Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

Joachim Müller,
21 x 28 cm, 142 Seiten, zahlr. Abb. und Tabellen
ISBN 978-3-88976-159-0,
beam-Verlag 2011, 32,- €
Art.-Nr.: 118100

In den letzten Jahren ist es der Industrie gelungen, hochwertige vektorielle Netzwerkanalysatoren vom schwergewichtigen Gehäuse bis auf Handheldgröße zu verkleinern. Doch dem nicht genug: Durch ausgefeilte Software wurden einfache Bedienkonzepte bei steigender Funktionalität erreicht.

Auch für den Funkamateur wird neuerdings die Welt der Netzwerkanalyse durch Selbstbauprojekte, deren Umfang und Funktionalität den Profigeräten sehr nahe kommen, erschlossen. Damit sind die Voraussetzungen für die Anwendung der vektoriellen Netzwerkanalyse im Feldeinsatz aus Sicht der verfügbaren Gerätetechnik geschaffen.

Fehlte noch die geräteneutrale Anleitung zum erfolgreichen Einstieg in die tägliche Praxis.

Das in Hard- und Software vom Entwickler mit viel Engagement optimal durchkonstruierte Gerät büßt alle seinen hervorragenden Eigenschaften ein, wenn sich beim Messaufbau grundlegende Fehlerquellen einschleichen.

Dieses Buch beschäftigt sich mit den Grundlagen des Messaufbaus, unabhängig vom eingesetzten Gerät, um den Praxiseinstieg zu meistern.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter www.beam-verlag.de oder bestellen Sie über info@beam-verlag.de