

Grundlagen und neue Möglichkeiten der Impedanzmessung

Der Beitrag stellt gängige Messmethoden und zwei neue Messgeräte näher vor.



Das Hioki LCR-Meter IM3523

Viele Hersteller bieten neben Impedanzanalysatoren auch dediziert LCR-Meter an. Ein LCR-Meter verwendet üblicherweise einen festen Satz an Testfrequenzen und -spannungen, um L, C und R zu ermitteln. Damit gelingt es, die entsprechenden Bauelemente bei einer bestimmten Frequenz zu charakterisieren. Zudem lassen sich auch in Schwingkreisen oder Filtern die verwendeten Bauteile bei verschiedenen Frequenzen prüfen.

Ein Impedanzanalysator dagegen kann zusätzlich Frequenzbereiche dynamisch per Sweep durchlaufen (wobbeln). Der Impedanzverlauf kann damit auch als Kurve dargestellt werden.

Die Übergänge zwischen den Gerätetypen sind jedoch fließend, da manche LCR-Meter mit vielen Testfrequenzen arbeiten. Diese können dann zu einer Kurve interpoliert werden. Umgekehrt können Impedanzanalysatoren ähnlich einem LCR-Meter mit einer festen Frequenz arbeiten.

Etwas mehr zur Impedanz

Wie einen Gleichstromwiderstand, so kann man auch einen Wechselstromwiderstand mit U/I definiert. Das Ergebnis, auch Scheinwiderstand genannt, ist der Betrag der Impedanz. Das Formelzeichen ist Z . Im Gegensatz dazu informiert die Impedanz getrennt über ohmschen Anteil und Blindanteil sowie dessen Vorzeichen (kapazitiv oder induktiv). Bekanntlich kann bei Wechselgrößen zwischen Spannung und Strom eine Phasenverschiebung bestehen. Dafür sorgen Blindwiderstände. Wenn der Strom gegenüber der Spannung voraus-eilt, sind sie kapazitiv (positiv), andernfalls induktiv (negativ).

Halten wir fest: Die Impedanz ist eine komplexe Größe. Sie setzt sich zusammen aus einem Realanteil (dem Anteil, an dem keine Phasenverschiebung auftritt) und einem Blind- oder Imaginäranteil (dem Anteil, an dem eine Phasenverschiebung auftritt). Der Betrag der Impedanz ist der Scheinwiderstand. Man erhält ihn durch quadratische Addition von Real- und Imaginärteil.

Es gibt übrigens verschiedene Formelzeichen für die Impedanz, z.B. Z mit Unterstrich oder Z mit Oberstrich. Oft wird das Z verwendet, das ist jedoch genaugenommen nicht korrekt.

Mehr zur Messtechnik

Impedanzmessgeräte ermitteln die Impedanz mithilfe eines Wechselstroms. Grundlage ist der Scheinwiderstand, ermittelt z.B. mit einer Brücke oder indem die verwendete Spannung durch den Strom dividiert wird. Führt man das bei verschiedenen Frequenzen durch, so kann man durch Vergleich der Ergebnisse auf den Realteil und den Betrag des Imaginärteils und dessen Vorzeichen schließen. Eine andere Möglichkeit ist die Messung des Phasenwinkels, dann genügt eine einzige Frequenz. Eine positive (negative) Impedanz nimmt bei Frequenzerhöhung zu (ab). Je höher die Impedanz bei einer bestimmten Frequenz, desto mehr Widerstand besteht gegen den Stromfluss.

Es gibt eine Reihe von Methoden, mit denen die Impedanz gemessen werden kann, beispielsweise:

• Bridge-Methode

Diese verwendet eine Brückenschaltung, um einen unbekanntem Wechselstromwiderstand zu ermitteln. Obwohl diese Technik ein hohes Maß an Genauigkeit bietet (etwa 0,1%), ist sie nur schlecht für Hochgeschwindigkeitsmessungen geeignet. Ursache ist das Finden des zum Gleichgewicht führenden Brückenwiderstands. Durch Frequenzveränderung oder Phasenmessung kann man auf die Impedanz mit ihren zwei Anteilen schließen.

• automatisch ausbalanciertes Brückenverfahren

Diese Methode verwendet das gleiche grundlegende Messprinzip wie die Brückenmethode. Sie deckt ein breites Frequenzband (1 mHz bis 100 MHz) ab. Diese Abdeckung erstreckt sich jedoch nicht auf hohe Frequenzen. Viele LCR-Messgeräte verwenden diese Technik.

• I-V-Methode

Diese Methode ermittelt den Scheinwiderstand, indem die Spannungen über einen Stromdetektions-Widerstand und der unbekanntem Impedanz gemessen werden. Sie kann auch verwendet werden, wenn diese geerdet ist. Mit steigender Impedanz wird

Autor:
Ernst Bratz

Meilhaus Electronic
www.meilhaus.com

unter Verwendung von Material von Hioki



Der Hioki Impedanzanalysator IM3570

die Technik allerdings immer anfälliger für die Einflüsse des Voltmeters. Durch Frequenzveränderung oder Phasenmessung kann man auf die Impedanz mit ihren zwei Anteilen schließen.

• **RF I-V Methode**

Diese Methode verwendet das gleiche grundlegende Messprinzip wie die I-V-Methode. Es ermöglicht die Messung der HF-Impedanz durch die Verwendung einer Schaltung, die der charakteristischen Impedanz eines Koaxialkabels. Es ist schwierig, diese Technik für die Breitbandmessung zu verwenden, da das Messfrequenzband durch den Transformator des Prüfkopfes begrenzt ist.

Jede dieser Methoden hat ihre eigenen Vor- und Nachteile. Es empfiehlt sich, vor der Auswahl der Messmethode klar zu definieren, welche Art von Impedanz gemessen werden soll.

Möglichkeiten eines Impedanzmessgeräts

Die Methoden zur Messung der Impedanz variieren mit dem verwendeten Gerät. Das LCR-Messgerät IM3523 von Hioki kann beispielsweise die Impedanz mit hoher Genauigkeit über einen weiten Bereich von Messfrequenz-Einstellungen ermitteln. Neben der normalen Messung misst dieses Gerät kontinuierlich und schnell verschiedene Parameter unter verschiedenen Bedingungen (Messfrequenz und Signalpegel). Der Anwender kann zur Vereinfachung der Bedienung bis zu 60 Sätze von Messbedingungen und bis zu 128 Korrekturwerte für Offen-/Kurzschluss- und Kabel-längen-Korrektur speichern. Gruppen von Einstellungen werden schnell gleichzeitig geladen, um die Arbeitseffizienz zu verbessern. Darüber hinaus können mit den externen Steuerterminals des Geräts schneller automatisierte Testlinien erstellt werden.

Ursachen für Instabilität bei der Impedanzmessung

Abhängig von der verwendeten Messmethode geben Impedanzmessgeräte unter Umständen bei jeder Messung einen anderen Wert wieder. Wenn sich die Messwerte eines Impedanzmessgeräts nicht stabilisieren lassen, sollte Folgendes überprüft werden:

• **parasitäre Bestandteile der zu messenden Komponenten**

Zusätzlich zu den Auslegungswerten für Widerstand und Reaktanz haben Bauteile auch parasitäre Komponenten, die eine Variabilität der Messwerte verursachen. Schon Unterschiede in der Länge der mit Bauteilen verbundenen Leitungen und dem Abstand zwischen ihnen können zum Beispiel zu Abweichungen der Messwerte führen.

• **Messumgebung**

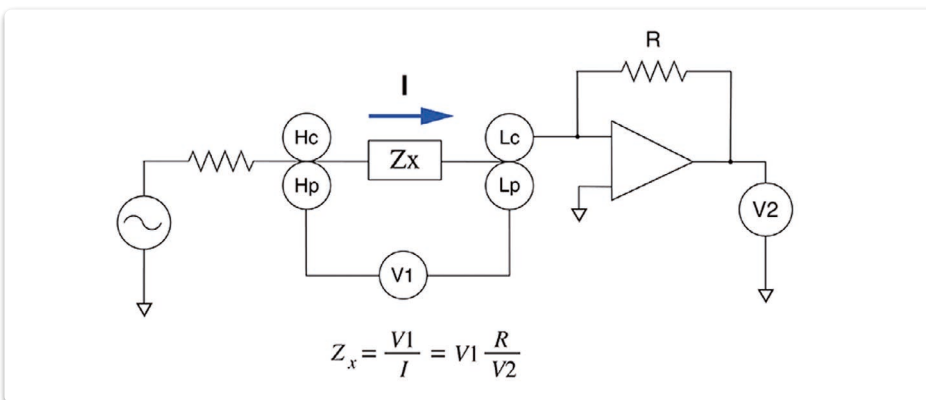
Die Ergebnisse der Impedanzmessung werden durch eine Vielzahl von Bedingungen beeinflusst, darunter auch die Temperatur nicht nur der Widerstände, sondern auch von Kondensatoren und Induktivitäten sowie der Sondenkapazität und der Streukapazität. Daher ist eine stabile, konsistenten Messumgebung nötig sowie optimalerweise die Mittelung mehrerer Messungen, anstatt nur eine einzige Messung zur Bestimmung des Wertes zu verwenden.

• **DC-Bias-Spannung**

DC-Bias-Spannung ist eine winzige Spannung, die in Messgeräten und Schaltungen auftritt. Zum Beispiel wirkt sie, wenn die Sonde und der Draht aus verschiedenen Materialien bestehen. Die resultierende thermische elektromotorische Kraft verursacht diese Spannung.

Zusammenfassung

Die Impedanz quantifiziert den Widerstand gegen einen Wechselstrom, ihre Messung erfordert ein spezielles Instrument. Da es eine Vielzahl von Messmethoden gibt, ist es wichtig, die beste Methode, basierend auf dem Einsatzbereich und auf den Vor- und Nachteilen jeder Methode, auszuwählen. Die Impedanzmessung ist äußerst empfindlich und anfällig für Schwankungen aufgrund von Faktoren wie Frequenz, Messumgebung und DC-Vorspannung. Diese Eigenschaft erfordert spezielle Vorgehensweisen wie die Mittelung mehrerer Messungen, anstatt sich auf nur eine Messung zu verlassen. ◀



Automatisch ausbalanciertes Brückenverfahren