

Präzisions-Leistungsmessgeräte für Impedanzmessungen



Filterkreisdrosseln als typische dreiphasige Prüflinge.

Präzisions-Leistungsmessgeräte arbeiten entsprechend der zu messenden Produkten der Energietechnik und Leistungselektronik. Die genaue phasenrichtige Messung bis zu einigen MHz wird durch die Anforderung der Leistungselektronik bei frequenzumsetzenden Verfahren (PWM) und Ansteuerungen moderner Leuchtmitel benötigt.

Impedanz ist nicht gleich Impedanz

Wäre nur der Gleichstromwiderstand zu messen, genügte ein Ohmmeter. Es müssen jedoch zusätzlich die vorhandenen induktiven und kapazitiven Anteile mit ihren frequenzabhängigen Wechselstromverlusten gemessen werden.

Impedanzmessungen werden in der Regel durch digitale LCR-Messgeräte durchgeführt. Sie messen im Prüfling Strom, Spannung und deren Phasenwinkel. Es lassen sich somit die Impedanzparameter bestimmen. Die so gewonnenen Kleinsignal-Impedanzwerte sind für viele nachrichtentechnische Anwendungen brauchbar. Für Prüflinge der Energietechnik und Leistungselektronik werden hingegen Präzisions-Leistungsmessgeräte eingesetzt, die ebenfalls Strom, Spannung und den Phasenwinkel über Wirk- und Scheinleistung ermitteln.

Die LCR-Impedanzmessgeräte der Nachrichtentechnik arbeiten im Kleinsignalbereich mit einer sinusförmigen Messspannung bei einer oder mehreren festen Frequenzen. Die so gewonnenen Kleinsignalimpedanzwerte werden z. B. in der Fertigungskontrolle zum Vergleich mit »Gut«-Mustern genutzt. Für den tatsächlichen Einsatz unter Betriebsbedingung ist damit meist keine Aussage zu machen. Auch die bei hochwertigen Impedanzgeräten zuschaltbaren DC-Bias-Ströme und -Spannungen bringen nur in Ausnahmefällen eine hinreichende Annäherung an den tatsächlichen Betrieb.

Die Gründe hierfür sind: Das Großsignalverhalten (Großsignal-Impedanzwerte) und insbesondere der Realteil (Wirkverluste) ist we-

gen vielfältiger, nichtlinearer Einflüsse anders als das Kleinsignalverhalten, bedingt durch aussteuerungsabhängige und temperaturabhängige Eisenverluste sowie temperaturabhängige Kupferverluste.

Der Betrieb erfolgt mit nichtsinusförmigen Spannungen und Strömen, d. h. mit Frequenzgemischen.

- Eine Messung des Phasenwinkels zwischen Strom und Spannung (von welcher Frequenz?) ist nicht möglich. Auch das übliche Ersatzschaltbild, bestehend aus Verlustwiderstand und Reaktanz, ist nicht mehr zutreffend.

- Einzig ein Betragswert der Impedanz (berechnet aus Effektivspannung/Effektivstrom) mit einem Leistungsfaktor λ (nicht $\cos\varphi$) beschreibt den Prüfling.

- Da die Verlustanteile je nach physikalischer Ursache mit verschiedenen Potenzen der Frequenz ansteigen, ist die Umrechnung der Verluste auf andere Frequenzen und Frequenzgemische kaum möglich.

Der Prüfling kann ein mehrphasiges Betriebsmittel sein: Dreiphasendrosseln, Drehstromtrafos und Mehrphasenmotoren können wegen der Verkopplung der Phasen über



Anwenderdefiniertes Impedanz-Menü des Leistungsmessgerätes LMG500.

a) Aussteuerung mit ca. 60 V große Impedanz, kleine Güte.

b) Aussteuerung mit 230 V: kleine Impedanz, große Güte.

gemeinsame Eisenwege nicht Phase für Phase nacheinander gemessen werden.

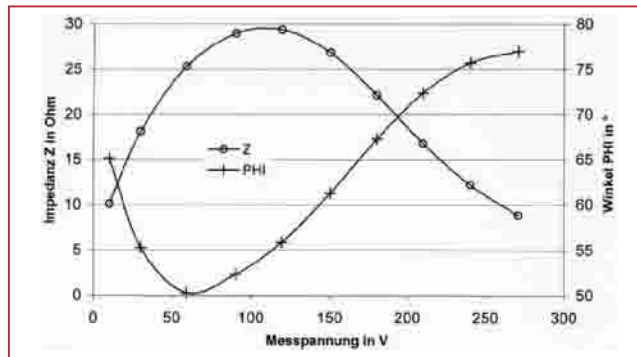
Impedanzen: Kleinsignal und Großsignal

Die Kleinsignal-Impedanz ist aussagefähig, wenn nur eine vernachlässigbare Eigenerwärmung des Bauteiles erfolgt und die Strom- und Spannungswerte so gering sind, dass keine nennenswerten Verzerrungen (Oberwellen, neue Frequenzanteile) auftreten. Die Großsignal-Impedanz ist aussagefähig in allen anderen Fällen.

Insbesondere bei Messungen mit den geplanten Betriebsbedingungen sind wichtige Informationen über die Wirkverluste und deren Abhängigkeit von verschiedenen Einflussgrößen ermittelbar.

Messverfahren für die Großsignal-Impedanz

Typisch ist die Trennung zwischen speisender Quelle und Messgerät. Die Quellen können entweder einstellbare Strom- und Spannungswerte fester Frequenz oder auch nichtsinusförmige Signale ausreichender Leistung liefern. Oftmals ist der Einsatz in der geplanten Anwendung eine besonders günstige »Quelle«. Als Messgerät ist



Betrag und Phase der Impedanz in Abhängigkeit von der Aussteuerung.

ein modernes Leistungsmessgerät, z. B. das Serie LMG von ZES Zimmer, gegenüber anderen Multimetern überlegen, weil die wichtigsten Anforderungen auch Grundanforderungen an moderne Leistungsmessgerätes sind. Diese sind insbesondere

- weiter Messbereich von Spannung und Strom,
- Messung der Wirkleistung,
- mehrphasige Messungen, falls durch die Art des Prüflings benötigt,
- Trennung zwischen den Spannungs- und Stromeingängen,
- weiter Frequenzbereich,
- hohe Messgenauigkeit,
- Anzeige des Quotienten (Effektivspannung/ Effektivstrom) = Betrag der Impedanz,
- komfortable Darstellungs- und Kommunikationsmöglichkeiten,
- hohe Sicherheitsanforderungen,
- hochgenaues Zubehör zum Messen von einigen kV und kA.

Bei Demonstrationsmessungen wurde mit

sinusförmigen Größen gemessen, weil hierdurch die Messergebnisse mit den Ergebnissen eines LCR-Messgerätes direkt vergleichbar sind. Der Leistungsfaktor λ ist dann gleich dem $\cos\varphi$ und bei geringen Verlusten näherungsweise gleich dem Verlustwinkel $\tan\delta$. Die Güte Q wird über den For-

meleditor des LMG500 errechnet und im »user defined menu« angezeigt.

Die Messung zeigt die Aussteuerungsabhängigkeit der Impedanzwerte. Bei nichtsinusförmiger Aussteuerung ist die Abweichung zwischen Kleinsignal- und Großsignal-Impedanz im Allgemeinen noch ausgeprägter.

Es bleibt festzuhalten, dass die Messung der Großsignal-Impedanz handelsübliche LCR-Messgeräte vor große Probleme stellt. Der Einsatz von modernen Präzisions-Leistungsmessgeräten hingegen ermöglicht verblüffend einfache Lösungen.

KENNZIFFER 055

Zimmer Electronic Systems GmbH
www.zes.com