

KALIBRIERUNG VON DIGITALMULTIMETERN

Ungenauere Messungen vermeiden

Digitalmultimeter müssen regelmäßig alle sechs oder zwölf Monate kalibriert werden. Dabei wird der Kalibriergegenstand mit den Werten eines rückgeführten Normals nach einem festgelegten Verfahren verglichen. So sollen Abweichungen erkannt werden.

Mit Digitalmultimetern (DMM) werden in der Elektrotechnik verschiedene elektrische Parameter wie z. B. elektrische Stromstärke, elektrische Spannung und ohmscher Widerstand gemessen. Einsteigergeräte werden bereits sehr kostengünstig angeboten. Deren Funktionsweise ist oft komplex, die Bauformen sind vielfältig (z. B. Hand-, Tisch- oder Einbaugeräte, Steckkarten). Viele Geräte besitzen erweiterte Messfunktionen wie integrierte Kapazitäts- oder Induktivitätsmessung, Temperaturfunktionen, Frequenzzähler oder diverse Testoptionen.

Für die Kalibrierung von Digitalmultimetern wurde von der European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) die Richtlinie Euramet cg-15 entwickelt. Diese ist wiederum Grundlage für die Arbeit des DKD (Deutscher Kalibrierdienst), der zusammen mit dem Verein Deutscher Ingenieure, dem Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. und der Deutschen Gesellschaft für Qualität e. V. den wesentlichen Inhalt in der deutschen Richtlinie DKD 2622-3 wiedergibt.

Um der unterschiedlichen Konstruktion, Funktion und Anwendung der meisten Digitalmultimeter gerecht zu werden, wurden grundlegende Empfehlungen für die Kalibrierung und Auswahl der Messpunkte (Kalibrierumfang) festgehalten. Die Richtlinienreihe VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 enthält die erforderlichen Maßnahmen, Verfahren und Normale zur Kalibrierung von elektrischen Messmitteln. Die Reihe besteht aus einer Vielzahl von Blättern. In Blatt 1 werden die Grundlagen der Kalibrierung von Messgeräten für elektrische Größen behandelt. In Blatt 2 werden Methoden zur Ermittlung der Messunsicherheit und in allen weiteren Blättern die spezielle Kalibrierung der



Bild 1. Hochgenaue AC/DC-Transferkalibrierung von Wechselspannung

jeweiligen Messmittel beschrieben. Ob und wie gut aber ein Gerät tatsächlich die Toleranzgrenzen einhält oder sogar die garantierten Spezifikationen des Herstellers um ein Vielfaches unterschreitet, kann nur durch eine Kalibrierung festgestellt werden, die die tatsächlichen Abweichungen und die Lage im Toleranzfeld ermittelt und dokumentiert.

Um die Spezifikationseinhaltung oder die tatsächlichen Eigenschaften eines Digitalmultimeters bestimmen zu können, sind zahlreiche Messungen notwendig. Anwendungsbedingt sind dabei ggf. Abweichungen von der Empfehlung der Kalibrierrichtlinie notwendig und zulässig (DKD 2622-3). Abhängig von den Messfunktionen, Messgrößen und -bereichen sollten folgende Parameter eines Digitalmultimeters kalibriert werden: Nullpunkt- und Linearitätsabweichung, Messbereichsendwert, Frequenzgang.

■ Nullpunktabweichung

Die Nullpunktabweichung (Offset) eines Digitalmultimeters beschreibt den Anzeigefehler bei Anlegen eines Nullsignals am Eingang. Konstruktionsbedingt genügt es, diese Abweichung jeweils in den kleinsten

Messbereichen für die Messgrößen Gleichspannung, Gleichstromstärke und Gleichstromwiderstand festzustellen. Als Nullnormale für die Messgrößen Gleichspannung und Gleichstromwiderstand sind Kurzschlussblöcke, -stecker oder -bügel mit niedrigen thermoelektrischen Eigenschaften geeignet, da jede parasitäre Spannung, z. B. durch Temperaturgradienten zwischen Buchse und Stecker, ungewollte Einflüsse hervorruft. Als Nullnormal für die Messgröße Gleichstromstärke genügt es, die Anschlussbuchsen leerlaufen (offen) zu lassen. Gute Nullnormale lassen die Bestimmung oder Unterdrückung des Nullpunkts im Gleichspannungsbetrieb auf bis zu $\pm 0,5 \mu\text{V}$ oder sogar darunter zu.

■ Linearitätsabweichung

Die Linearitätsabweichung oder Nichtlinearität der Anzeige bewertet die relative Abweichung des Messverstärkers bzw. des Analog-Digital-Umsetzers über die genutzte Spanne der Messbereiche. Im Idealfall ist diese relative Abweichung über den gesamten Bereich sowohl für negative als auch für positive Werte gleich (bzw. sogar gleich null) und somit gut berechnen-

bar. Es genügt die Bestimmung der Nichtlinearität an mehr als einem Messpunkt in einem ausgewählten (z. B. mittleren) Messbereich.

Bei Wechselsignalen ist mit frequenzabhängigen Nichtlinearitäten zu rechnen, daher wird im Wechselspannungsbetrieb zusätzlich die Kalibrierung der Linearitätsabweichung bei unterschiedlichen Frequenzen, z. B. am Anfang, in der Mitte und am Ende des abgedeckten Frequenzbereichs, nötig.

■ Messbereichsendwert

Die Kalibrierung nahe oder am Messbereichsendwert gibt die Abweichung der gesamten Eingangsschaltung wieder. Ist sie zusammen mit dem Offset des Geräts bekannt, kann sofort eine Aussage über die Lage der Messwerte im Toleranzfeld (Einhaltung der Spezifikation) des Digitalmultimeters gemacht werden. Die Messbereichsendwerte müssen daher für alle Messfunktionen und alle Messbereiche kalibriert werden. Typischerweise werden Kardinalpunkte (wie 0,1 V, 1 V, 10 V etc.) oder Kalibrierpunkte zwischen 50 und 90 % des aussteuerbaren Messbereichs gewählt.

■ Frequenzgang

Für die Wechselgrößen (Wechselspannung und Wechselstromstärke) sind die Abweichungen am Messbereichsendwert sowohl bei niedriger Frequenz als auch über alle spezifizierten Bänder oder typischen Kardinalfrequenzen zu bestimmen. Um Netzfrequenzinterferenzen zu vermeiden, ist bei empfindlichen Messungen nahe Netzfrequenz (meist 50 Hz) die Anwendung eines kleinen Frequenzversatzes z. B. auf 53 oder 55 Hz zu empfehlen.

Stand der Technik bei der Kalibrierung von Digitalmultimetern ist heutzutage der Einsatz von AC-/DC- oder Multifunktionskalibratoren. Diese Geräte stellen für die meisten elektrischen Größen die nötigen Eingangssignale mit hoher Genauigkeit bereit. In Einzelfällen werden bei der Kalibrierung noch „traditionelle“ Methoden wie Kelvin-Varley-Teiler oder dekadische Festwiderstände eingesetzt, die Vorteile bezüglich der kleinsten erzielbaren Messunsicherheit bieten können. Sie sind aber den modernen

Realisierungen der Direktmessverfahren an Kalibratoren bezüglich Effizienz, Messaufwand und Bedienerfreundlichkeit deutlich unterlegen.

Alternativ lassen sich Digitalmultimeter auch im Vergleich mit einem zweiten Digitalmultimeter hoher Genauigkeit kalibrieren. Dies setzt jedoch die Verwendung von stabilen Quellen voraus. Spannungsquellen werden dann parallel mit Referenzmultimeter und zu kalibrierendem Multimeter-Device-Under-Test (DUT) angeschlossen, Stromquellen in Reihe. Widerstände werden vor Anschluss an ein DUT mit dem Referenzgerät eingemessen. Dabei

ist sofort klar, dass auch dieses Verfahren in puncto Praktikabilität nicht mit All-in-one-Kalibratoren mithalten kann. Es ist lediglich eine Option, falls solche Geräte nicht zur Verfügung stehen. □

Philip M. Fleischmann, Meike Hass

► **esz AG calibration & metrology**
T 08141 88887-87
m.hass@esz-ag.de
www.esz-ag.de

QZ-Archiv

Diesen Beitrag finden Sie online:

www.qz-online.de/1077253