

VII Widerstandsmessung

VIIa) Widerstände $\geq 1 \text{ m}\Omega$

VIIa.1 Messung des Spannungsabfalls

Über am Kalibriershunt Burster 1282-0,1 definierte Ströme (s. Kapitel VI) ist ähnlich die Bestimmung kleiner Widerstandswerte möglich (Ohmsches Gesetz). Dazu muss der Spannungsabfall am zu kalibrierenden Widerstandsnormal gemessen werden. Der erforderliche Messstrom wird dem Kalibrator Fluke 5700A oder $>2\text{A}$. oder dem Kalibrator Fluke 5500 (bis 11A) bzw dem Stromverstärker Fluke 5220A entnommen. Letzterer erzeugt proportional zur Eingangsspannung Strom bis 20 A.

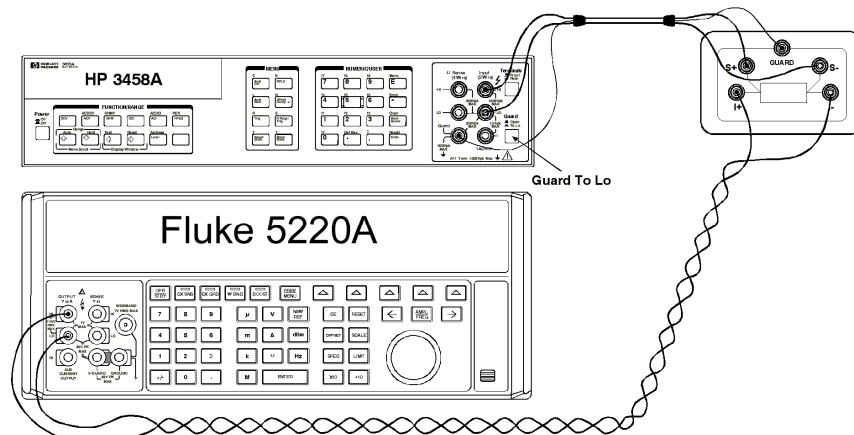


Bild VII.1 Kalibrierung von Widerstandsnormalen durch Spannungsmessung

Um die Messunsicherheiten möglichst niedrig zu halten werden für den Anschluss des Kalibriergegenstandes Spezialleitungen von Fluke verwendet (geschirmte Leitung, Spezialstecker mit geringer Thermospannung). Wenn vorhanden werden die Guard- bzw. Shield-Anschlüsse mit dem Multimeter verbunden, die Verbindung von Guard zur Erde erfolgt nur am Multimeter.

Abweichungen von diesem Anschluss sind nur dann zulässig, wenn der Hersteller des Kalibriergegenstandes andere Messaufbauten vorschlägt. In jedem Fall wird im Kalibrierschein notiert, wie der Kalibriergegenstand am Normal angeschlossen wurde.

Mögliche Offset-Effekte werden durch ein Umpolen des Spannungseingangs am Multimeter oder Umpolen der Messstromstärke und Mittelwertbildung aus mindestens zwei Messungen verringert.

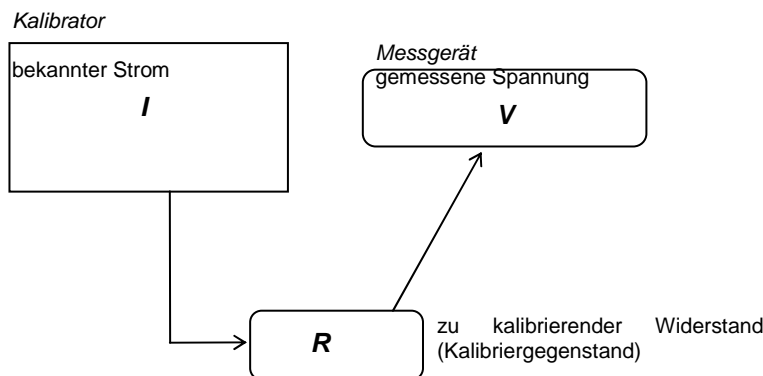
Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.2009	von: PF am: 08.01.2009	VII Widerstandsmessung	1 von 4

VIIa.2 Messunsicherheitsbudget

VIIa.2.1 Berechnung der kleinsten angebbaren Messunsicherheit

Kalibrierung eines Widerstandes, indem bei bekannter Stromstärke der Spannungsabfall gemessen wird.

Skizze des Messverfahrens:



Vorgegebene bzw. abgelesene Größen:

V abgelesener Messwert bei Spannungsmessung
 I eingestellte Stromstärke am Kalibrator

Gesuchte Größe:

R richtiger Wert des zu kalibrierenden Widerstands

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind der Tabelle

• „Messunsicherheiten 5.1 Tabelle VII Widerstand.XLS“ zu entnehmen, die Ergebnisse sind im Leistungsnachweis aufgeführt.

Messgröße	Bereich	Bedingung	Messunsicherheit	Bemerkung
Gleichstromwiderstand Kalibrieren von Widerständen	1 mΩ bis 4,5 mΩ	Messstromstärke zwischen >2,2A und 10 A	$1,7 \cdot 10^{-4}$	mit Referenzshunt und HP 3458A
	>4,5 mΩ bis 10 mΩ	Messstromstärke zwischen >1 A und 2,2 A	$1,7 \cdot 10^{-4}$	
	>10 mΩ bis 100 mΩ	Messstromstärke 1 A	$1,3 \cdot 10^{-4}$	
	>100 mΩ bis 1 Ω		$1,2 \cdot 10^{-4}$	

VIIa.2.2 Kalibrieren von Widerstandsmessgeräten (Milliohmmeter)

Analog zu Kapitel IV.2 bzw. VIb.4 können mit zuvor eingemessenen Normalen (z.B. dekadische Festwiderstände Burster 1240, $100\mu\Omega$ bis 1 Ω). Dabei wird angenommen, dass die Reproduktion hinreichend gut ist und keinen signifikanten Einfluss auf die Messunsicherheit hat. Das Budget muss dann lediglich um einen Anteil der Auflösungspräzision δI_{ind} des Milliohmmeters erweitert werden. Für die gemessene Stromstärke an einem direkt ablesbaren Widerstandsmessgerät ergibt sich also

$$u^2(R_{Anz}) = u^2(R) + \frac{U^2(\delta I_{ind})}{3} \quad \text{und} \quad U(R) = \frac{2u(R_{Anz})}{R_{Anz}}$$

mit $U(\delta I_{ind}) = 0,5$ Digit der Auflösung der Anzeige. Da dieser Anteil vom jeweiligen Messobjekt abhängt bleiben die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten gegenüber der Kalibrierung von Widerständen zunächst unverändert.

Messgröße	Bereich	Bedingung	Messunsicherheit	Bemerkung
Gleichstromwiderstand Kalibrieren von Messgeräten	1 mΩ	Festwerte mit Burster 1240	$1,7 \cdot 10^{-4}$	zzgl. u_{Anz} = Anteil durch Auflösung des Kalibriergegenstandes ist zu berücksichtigen
	10 mΩ		$1,7 \cdot 10^{-4}$	
	100 mΩ		$1,3 \cdot 10^{-4}$	
	1 Ω		$1,2 \cdot 10^{-4}$	

VIIb) Widerstände < 1 mΩ

VIIb.1 Messung des Spannungsabfalls

Um kleine Widerstände zu kalibrieren sind große Ströme notwendig. Als Stromquelle wird das Hochleistungsnetzteil Heinzinger TNSUs 4-350 benutzt, das Gleichstromstärken bis 350 A bei 4 V Spannung generieren kann. Da die 3 1/2-stellige Anzeige nicht hinreichend genau kalibriert werden kann wird die Ausgangsstromstärke immer mit dem luftgekühlten Shunt Schwille 200A/200mV verifiziert („mitgemessen“, siehe Kapitel VIIb Strommessen mit Shunt). Der zu kalibrierende Shunt wird mit dem Referenzshunt in Reihe betrieben. Aus der abfallenden Spannung, welche am Präzisionsmultimeter HP 3458 gemessen wird, kann dann über das ohmsche Gesetz der Widerstandswert des Prüflings errechnet werden.



Bild VII.2 Kalibrierung von Hochlastwiderständen durch Spannungsmessung

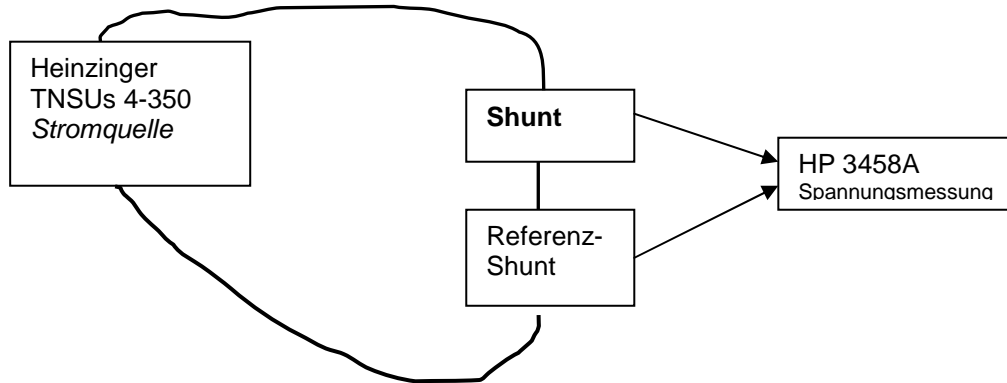
Um die Messunsicherheiten möglichst niedrig zu halten werden für den Abgriff des Spannungsabfalls Spezialleitungen von Fluke verwendet („Low EMF“-geschirmte Leitung oder Kabel mit vergoldeten Anschlüssen, Spezialstecker mit geringer Thermospannung). Mögliche Offset-Effekte werden durch ein Umpolen des Spannungseingangs am Multimeter oder Umpolen der Messstromstärke und Mittelwertbildung aus mindestens zwei Messungen verringert.

Ausgabe:	erstellt	geprüft/ genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 08.01.2009	von: PF am: 08.01.2009	VII Widerstandsmessung	3 von 4

VIIb.2 Messunsicherheitsbudget

Berechnung der kleinsten angebbaren Messunsicherheit für die Kalibrierung eines Widerstandes, indem bei bekannter Stromstärke der Spannungsabfall gemessen wird.

Skizze des Messverfahrens:



Vorgegebene bzw. abgelesene Größen:

- V abgelesener Messwert bei Spannungsmessung
 I gemessene Stromstärke über den Referenzshunt (s. Kapitel VIb)

Gesuchte Größe:

- R gesuchter Wert des zu kalibrierenden Widerstands

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind der Tabelle

- „Messunsicherheiten Tabelle VII Widerstand.XLS“ zu entnehmen, die Ergebnisse sind im Leistungsnachweis aufgeführt.

VIIb.3 Ergebnisse

VIIb.3.1 Kalibrieren von Widerständen

Aus den Messunsicherheitstabellen ergeben sich für die verschiedenen Bereiche folgende maximale Messunsicherheiten:

Messgröße	Bereich	Bedingung	Messunsicherheit	Bemerkung
Gleichstromwiderstand Kalibrieren von Widerständen	50 $\mu\Omega$ bis <100 $\mu\Omega$	Messstromstärke 200 A	$4,5 \cdot 10^{-4}$	
	100 $\mu\Omega$ bis <1 m Ω	Messstromstärke 100 A	$2,0 \cdot 10^{-4}$	

VIIb.3.2 Kalibrieren von Widerstandsmessgeräten (Milliohmometer)

Analog zu Kapitel VII.2.2 mit zuvor eingemessenen Normalen ergibt sich

Messgröße	Bereich	Bedingung	Messunsicherheit	Bemerkung
Gleichstromwiderstand Kalibrieren von Messgeräten	100 $\mu\Omega$	Festwerte mit Burster 1240	$2,0 \cdot 10^{-4}$	zzgl. u_{Anz} = Anteil durch Auflösung des Kalibriergegenstandes ist zu berücksichtigen