

Inhaltsverzeichnis

1	Inhalt und Geltungsbereich	2
1.1	Zweck und Ziel.....	2
1.2	Geltungsbereich.....	2
2	Vorbereiten des Kalibriergegenstandes	2
2.1	Beschaffenheits-, Sicherheit- und Funktionsprüfung	2
2.2	Einstellung der Referenz- und Einsatzbedingungen.....	2
3	Kalibrierverfahren	2
3.1	Kalibrierung an kalibrierter Quelle	2
3.1.1	Stromstärke	3
3.1.2	Linearität.....	3
3.1.3	Frequenzgang	3
4	Bewertung der Kalibrierung.....	3
4.1	Auswertung der Messung	3
5	Kennzeichnung des Prüfstatus	3
6	Messunsicherheitsbudget	3
6.1	Angaben zum Kalibriergegenstand	3
6.2	Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung	3
6.3	Messaufbau	3
6.4	Ermittlung der Standardabweichung	3
6.5	Einflussgrößen.....	4
6.6	Mathematisches Modell der Einflussgrößen.....	4
6.7	Beitrag für das Normal $U(t_{CAL1})$	4
6.8	Beiträge für das Verfahren $U(\delta t_{Verfahren})$	5
6.9	Beitrag für den Kalibriergegenstand $U\delta t_{ind}$	5
6.10	Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge	5
6.11	Messunsicherheitsanalyse	5
6.12	Unsicherheitsbeitrag des Normals $U(t_{CAL})$	6
6.13	Unsicherheitsbeitrag des Verfahrens $u\delta t_{Verfahren}$	6
6.14	Unsicherheitsbeitrag für die endliche Auflösung des Kalibriergegenstandes $u\delta t_{ind}$	6
6.15	Unsicherheitsbeitrag durch die Anzeige des Kalibriergegenstandes $u(t_{ix})$	6
6.16	Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge	6
6.17	Erweiterte Messunsicherheit U	6
7	Bezugsdokumente	7
7.1	Mitgeltende Unterlagen.....	7
7.2	Normen.....	7

1 Inhalt und Geltungsbereich

1.1 Zweck und Ziel

Diese Work Instruction beschreibt die Vorgehensweise zur Kalibrierung von Stromzangen.

Die Kalibrierung erfolgt in Anlehnung an die beschriebene Vorgehensweise der Richtlinie VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 Blatt 23.1, Strommesszangen, in ihrer jeweils gültigen Revision.

Die erweiterte Messunsicherheit U für den Kalibrierprozess, berechnet sich nach Richtlinie DKD-3-E2, Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen, in ihrer jeweils gültigen Revision.

1.2 Geltungsbereich

- Phoenix Contact

2 Vorbereiten des Kalibriergegenstandes

2.1 Beschaffenheits-, Sicherheit- und Funktionsprüfung

Vor Beginn der Kalibrierung ist der Kalibrierstatus aller zur Durchführung der Kalibrierung benötigten Normale und Normalmesseinrichtungen zu prüfen. Gegebenenfalls sind sie zu kalibrieren und zu justieren.

Folgende nach *VDI/VDE/DGQ 2622, Blatt 23.1 vorbereitende Maßnahmen, Prüfungen und Tätigkeiten sind durchzuführen:

- Durch eine Sichtprüfung ist der allgemeine Zustand zu begutachten
- Alle relevanten Funktionen die zur Kalibrierung benötigt werden sind zu überprüfen

2.2 Einstellung der Referenz- und Einsatzbedingungen

Die Kalibrierung erfolgt bei dem vom Hersteller vorgegebenen Referenzbedingungen.

Die Aufwärmzeit für den Kalibrator beträgt mindestens 30 Minuten.

3 Kalibrierverfahren

3.1 Kalibrierung an kalibrierter Quelle

Die Strommesszange wird je nach Anforderung direkt an einem Fluke Kalibrator, Modell 5520A oder mit nachgeschalteten Fluke Stromverstärker, Modell 52120A kalibriert. Bei Stromstärken > 100A werden zur Simulation größerer Stromstärken Stromspulen mit 25 oder 50 Windungen verwendet. Hierfür werden Fluke 5500A-Coil/52120A-Coil eingesetzt.



Bild 1

Zum Kalibrierumfang gehören:

- Stromstärke
- Linearität

Frequenzgang

3.1.1 Stromstärke

Bei einer Messfrequenz von 60Hz wird jeweils ein Messpunkt bei 10% und 90% des Bereiches kalibriert.

3.1.2 Linearität

Bei einer Messfrequenz von 60Hz werden 3 bis 5 Messpunkte über den Bereich verteilt.

3.1.3 Frequenzgang

Der Frequenzgang wird bei einem Strom im mittleren Messbereich ermittelt.

Hierzu werden 3-5 Messpunkte von 55Hz bis 10kHz eingestellt. Die obere Frequenz wird durch das Kalibrierequipment begrenzt.

4 Bewertung der Kalibrierung

4.1 Auswertung der Messung

Aus den ermittelten Messwerten wird von der Auswertesoftware Fluke Metcal ein Kalibrierschein erstellt. Betriebsbedingungen und Messaufbau werden ebenfalls dokumentiert.

5 Kennzeichnung des Prüfstatus

Nach erfolgreicher Kalibrierung wird der Prüfling mit einer Prüfplakette gekennzeichnet. Je nach Auftrag mit Werksprüfplakette und / oder DAkkS Plakette.

6 Messunsicherheitsbudget

Die erweiterte Messunsicherheit U für den Kalibrierprozess berechnet sich nach Richtlinie DKD-3 in ihrer jeweils gültigen Revision.

Zur Ermittlung der Messunsicherheit einer Strommesszange werden die folgenden Schritte vorgenommen. Die Berechnung wird beispielhaft an einer Strommesszange Typ Fluke 353 vorgenommen.

6.1 Angaben zum Kalibriergegenstand

Strommesszange Typ Fluke 353, A AC/DC, f

6.2 Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung

Der Multiprodukt-Kalibrator liefert an seinen Ausgang DCV, ACV, DC-Widerstand, DCI, ACI, Kapazität, Gleich- und Wechselleistung und Temperatursimulation. Zusätzlich ist eine Option zur Kalibrierung von Oszilloskopen vorhanden.

Der Fluke Kalibrator, Modell 5520A liefert an seinem Ausgang 20A – AC/DC. Die Stromspule 5500A/COIL besitzt 50 Windungen.

6.3 Messaufbau

Die Kalibrierung der Strommesszange erfolgt indirekt über eine Stromspule am Fluke Kalibrator, Modell 5520A. Siehe Seite 4, Bild 1.

6.4 Ermittlung der Standardabweichung

Zur Ermittlung der Standardabweichung wird der Strom bei 1000A, 20-mal gemessen. Die abgelesenen Messwerte werden in die Tabelle des Formsheets FS B-7-0111 übertragen und ausgewertet.

6.5 Einflussgrößen

1. Einfluss des Normals
 - a) Unsicherheitsbeitrag des Normals
2. Einfluss des Verfahrens
 - b) Ungeeignete Messleitungen
 - c) Außermittige Anordnung der Messleitungen oder Spule
3. Einfluss des Kalibriergegenstandes
 - d) Genauigkeit

6.6 Mathematisches Modell der Einflussgrößen

Mit den Einflussgrößen wird das mathematische Modell der Messunsicherheit aufgestellt.

$$u_{gesamt}(t) = \sqrt{u^2(t_{CAL}) + u^2(\delta t_{Verfahren}) + u^2(\delta t_{ind})}$$

Beispielrechnung

6.7 Beitrag für das Normal $U(t_{CAL1})$

Der Messunsicherheitsbeitrag des Kalibrators (mit Stromspule) wird aus dem gültigen Kalibrierschein entnommen.

Kalibrierwert: 1000A

$U(t_{CAL1})$ mit $k=2$

$U(t_{CAL1})=2,8 \text{ A}$

Für die Drift des Kalibrators seit seiner letzten Kalibrierung werden die Angaben aus den Herstellerspezifikationen eingesetzt.

Ein Jahres Spezifikation, 99%Confidence Interval

Absolute Uncertainly, $t_{cal} \pm 5^\circ\text{C}$

Bereich: 20A / 0,1% + 0,00075A

Bei 1000A (20A x 50 Windungen) ergibt sich hieraus:

$U(t_{CAL2}) = 1,0375 \text{ A}$

$$U(t_{CAL}) = U(t_{CAL1}) + U(t_{CAL2})$$

$$U(t_{CAL}) = 2,8 \text{ A} + 1,0375 \text{ A}$$

$$U(t_{CAL}) = 3,8375 \text{ A}$$

6.8 Beiträge für das Verfahren $U(\delta t_{\text{Verfahren}})$

Thermospannungen:

Der Seebeck Effekt wird durch einheitliches Material der Messleitungen verhindert, der Thomson Effekt durch gleichbleibende Temperaturen möglichst klein gehalten. Messleitungen werden im Labor gelagert.

Der sich aus der Thermospannung ergebende Strom wirkt sich nur bei kleinen Strömen $<1\mu\text{A}$ aus. Die Schwankungen des Ausgangstroms des Kalibrators sind größer als die Beeinflussung durch Thermospannungen.

Für Messströme $<2\text{A}$ werden Messleitungen der Firma Pomona verwendet (Model: 2BC).

Für Messströme $>2\text{A}$ werden Messleitungen der Firma Fluke verwendet (High Current 30

A test lead). Für Messströme $>30\text{A}$ werden Messleitungen der Firma Fluke verwendet (High Current 600V/125A test lead).

Wartung und Pflege der Messkabel:

Um Fehler durch Kontaktwiderstand / Übergangswiderstand, Korrosion oder Kabelbruch zu verhindern, werden die Kabel regelmäßig visuell und messtechnisch überprüft. Zur Ermittlung des Messunsicherheitsbeitrags der verschiedenen Typen von Messleitungen wurden Messreihen durchgeführt um die Standardabweichung aus diesen Werten zu ermitteln. Diese beinhalten eventuelle Ströme durch Thermospannungen.

Für den Bereich 20 A DC wurde die Standardabweichung aus einer Messreihe von 15 Messwerten ermittelt. $0,0008\text{A} \cdot 50 = 0,04\text{ A}$

$$U(\delta t_{\text{Verfahren}}) = 0,04\text{ A}$$

6.9 Beitrag für den Kalibriergegenstand $U(\delta t_{\text{ind}})$

Die Auflösung des Kalibrators beträgt im 20A DC Bereich $50\mu\text{A}$. Als Unsicherheitsbeitrag wird die Hälfte der Auflösung eingesetzt.

$$0,000025\text{ A} \cdot 50 = 0,00125\text{ A}$$

$$U(\delta t_{\text{ind}}) = 0,00125\text{ A}$$

Die Standardunsicherheit, durch eventuelle Schwankungen des Messaufbaus, wurde mittels einer Messreihe von 20 Messwerten ermittelt, siehe 6.4.

Beitrag durch die Unsicherheit des Kalibriergegenstandes:

$$U(t_{ix}) = 0\text{ A}$$

6.10 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

Folgende Beiträge werden in das Messunsicherheitsbudget übernommen:

$$U(t_{\text{CAL}}) = 3,8375\text{ A}$$

$$U(\delta t_{\text{Verfahren}}) = 0,04\text{ A}$$

$$U(\delta t_{\text{ind}}) = 0,00125\text{ A}$$

$$U(t_{ix}) = 0\text{ A}$$

6.11 Messunsicherheitsanalyse

Jede identifizierte Einflussgröße liefert einen Beitrag zum Messunsicherheitsbudget. Der Einzelbeitrag jeder Einflussgröße ist mit seinem Sensitivitätskoeffizienten c_i zu multiplizieren. Der Unsicherheitsbeitrag ergibt sich somit aus: $u_i(y) = U_i \cdot c_i$

Der Sensitivitätskoeffizient beträgt bei allen Unsicherheitsbeiträgen $c = 1$, da zur Berechnung die Grenzwerte der Veränderung des Einflusses angenommen werden.

6.12 Unsicherheitsbeitrag des Normals $U(t_{CAL})$

Der Messunsicherheitsbeitrag des Kalibrators (mit Stromspule) ergibt sich aus dessen Kalibrierung und der Drift. Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i . Bei 1000A ergibt sich hieraus:

$$u(t_{CAL}) = U(t_{CAL}) \cdot b_i \cdot c(t_{CAL})$$

$$u(t_{CAL}) = 3,8375 \text{ A} / \sqrt{3} \cdot 1$$

$$u(t_{CAL}) = 2,21 \text{ A}$$

6.13 Unsicherheitsbeitrag des Verfahrens $u(\delta t_{Verfahren})$

Aus entsprechenden Untersuchungen der Messleitungen wurde folgender Wert ermittelt:

$$u(\delta t_{Verfahren}) = U(\delta t_{Verfahren}) \cdot b_i \cdot c(\delta t_{Verfahren})$$

$$u(\delta t_{Verfahren}) = 0,04 \text{ A} / \sqrt{3} \cdot 1$$

$$u(\delta t_{Verfahren}) = 0,023 \text{ A}$$

Angenommen wird eine Rechteckverteilung.

6.14 Unsicherheitsbeitrag für die endliche Auflösung des Kalibriergegenstandes $u(\delta t_{ind})$

Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i .

$$u(\delta t_{ind}) = U(\delta t_{ind}) \cdot b_i \cdot c(\delta t_{ind})$$

$$u(\delta t_{ind}) = 0,00125 \text{ A} / \sqrt{3} \cdot 1$$

$$u(\delta t_{ind}) = 0,000721 \text{ A}$$

6.15 Unsicherheitsbeitrag durch die Anzeige des Kalibriergegenstandes $u(t_{ix})$

$$u(t_{ix}) = U(s) \cdot b_i \cdot c(l_s)$$

$$u(t_{ix}) = 0 \text{ A} \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(t_{ix}) = 0 \text{ A}$$

6.16 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

Folgende Beiträge werden in das Messunsicherheitsbudget übernommen:

$$u(t_{CAL}) = 2,21 \text{ A}$$

$$u(\delta t_{Verfahren}) = 0,023 \text{ A}$$

$$u(\delta t_{ind}) = 0,000721 \text{ A}$$

$$u(t_{ix}) = 0 \text{ A}$$

6.17 Erweiterte Messunsicherheit U

$$U = k \cdot u(Ex) = 4,1 \text{ A}$$

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind in Formsheets **FSB70111_Stromz.xlsx** - Abschätzung der Messunsicherheit Labor FME - abgelegt.

7 Bezugsdokumente

7.1 Mitgeltende Unterlagen

VDI/VDE/DGQ/DKD-Richtlinie 2622, Blatt 23.1

DKD-3-E2 - Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen

FS B-7-0111

7.2 Normen

- DIN EN ISO 9001**

**Ausgabe lt. aktuellem IMS-Handbuch