	Kalibrieranweisung Funktionsgenerator mit Betrachtung der Messunsicherheit	WI B-7-0064 Ä-Index -01-
---	--	---

1. Inhalt und Geltungsbereich

1.1. Zweck und Ziel

Diese Work Instruction beschreibt die Vorgehensweise zur Kalibrierung von Funktionsgeneratoren.

Die Kalibrierung erfolgt in Anlehnung an die beschriebene Vorgehensweise der Richtlinie VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 Blatt 5, Kalibrieren von Messmitteln für elektrische Größen - Funktionsgeneratoren, 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

<input checked="" type="checkbox"/>	Phoenix Contact	<input type="checkbox"/>	Phoenix Contact Indien
<input type="checkbox"/>	Phoenix Contact Deutschland	<input type="checkbox"/>	Phoenix Contact USA
<input type="checkbox"/>	Phoenix Contact Electronics	<input type="checkbox"/>	Phoenix Testlab
<input type="checkbox"/>	Phoenix Feinbau	<input type="checkbox"/>	Coninvers
<input type="checkbox"/>	Phoenix Contact Wielkopolska	<input type="checkbox"/>	KW-Software
<input type="checkbox"/>	Phoenix Contact China	<input type="checkbox"/>	Sütron
<input type="checkbox"/>	Phoenix Contact Brasilien	<input type="checkbox"/>	Innominate Security Technologies

2. Vorbereiten von Kalibriereinrichtung und Kalibriergegenstand

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.

Eine Sicherheitsüberprüfung nach BGV-A3 wird durchgeführt. Diese umfasst eine Sichtprüfung auf Beschädigung des Gehäuses und der Anschlussleitungen. Gemessen werden der Schutzleiter-, Isolationswiderstand und der Ableitstrom. Die Funktionsfähigkeit des Generators wird geprüft.

Folgende nach *VDI/VDE/DGQ 2622, Blatt 5 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
- Eine grobe Überprüfung des Ausgangssignals im gesamten Frequenzbereich und bei allen Kurvenformen ist mit einem Oszilloskop durchzuführen
- Die Triggerausgänge sind auf Synchronität zu kontrollieren.

2.2 Einstellung der Referenz- und Einsatzbedingungen

Die Kalibrierung erfolgt bei den vom Hersteller vorgegebenen Referenzbedingungen.

In der Regel beträgt die Aufwärmzeit für Frequenzzähler, Multimeter, Analyser und Oszilloskop mindestens 30 Minuten.

3. Kalibrierverfahren

3.1 Frequenz

Die Kalibrierung erfolgt mindestens bei 10%, 50% und 100% der Frequenzgrenzen in jedem Frequenzbereich. Wenn möglich wird die Messung mit einem rechteckförmigen Ausgangssignal durchgeführt. Als Normal wird ein Frequenzzähler Agilent 53220A verwendet.



3.2 DC-Offset

Die Gleichspannung wird mit einem Agilent 3458A oder Keithley 2002 am Ausgang des Funktionsgenerators gemessen. Der Generator wird auf ein Sinussignal von 100 kHz eingestellt. Bei dieser Messung wird entweder ein Tiefpassfilter zwischengeschaltet oder der Filter am 3458A aktiviert.

3.3 Amplitude

Die Messung wird bei einem sinusförmigen Ausgangssignal bei 1 kHz mit einem Agilent 3458A oder Keithley 2002 ermittelt. Hierbei wird der minimale und maximale Effektivwert in jedem Amplitudenbereich gemessen.

Die Eingangsimpedanz des Multimeters wird mit dem Nennwert der Ausgangsimpedanz des Funktionsgenerators (50 Ω) abgeschlossen.



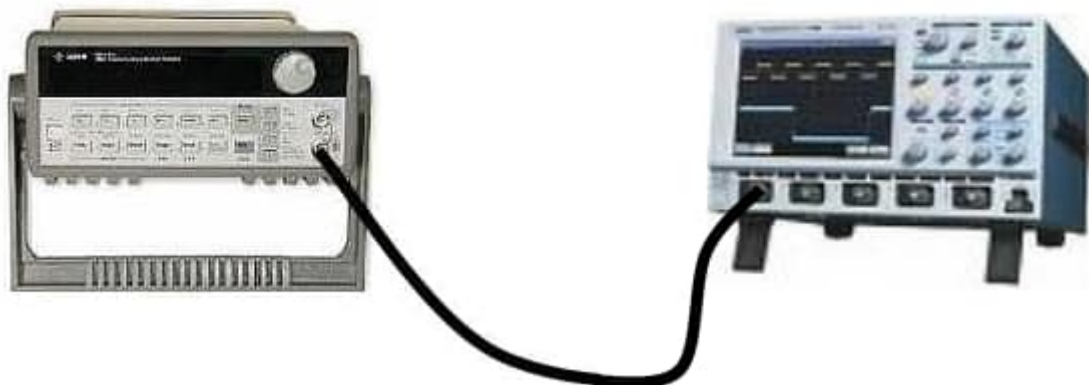
3.4 Rechteckdiagramm

Die Anstiegs- und Abfallzeit des Funktionsgenerators wird bei einem Rechtecksignal mit einem Oszilloskop LeCroy WR6100A gemessen.

Die Messpunkte liegen bei 10% und 90% und werden bei verschiedenen Frequenzen gesetzt.

3.5 Frequenzgang

Zur Bestimmung des Frequenzgangs eines Funktionsgenerators wird ein Oszilloskop LeCroy WR6100A verwendet. Die Amplitude wird über den gesamten Frequenzbereich gemessen.



3.6 Klirrfaktor

Die Klirrfaktormessung wird ab 9kHz über den gesamten Frequenzbereich mit einem Spektrumanalyser Rohde & Schwarz FSL3 durchgeführt.



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. Sie trägt den nächsten Prüfzeitpunkt.

6. Messunsicherheitsbudget

Die erweiterte Messunsicherheit U für den Kalibrierprozess berechnet sich nach Richtlinie DKD-3-E2, Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen. Die Ermittlung der Messunsicherheit bei der Kalibrierung eines Funktionsgenerators wurde beispielhaft an einem Agilent 33220A durchgeführt und erklärt sich wie folgt:

6.1 Angaben zum Kalibriergegenstand

Generator zum Erzeugen von beliebig geformten Ausgangssignalen: Sinus, Rechteck, Sägezahn, Dreieck, Puls, Rauschen, Arbiträrsignal.

6.2 Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung

Agilent 53220A, HF- und Universal Frequenzzähler/Timer. Mit diesem Gerät können hochgenaue Frequenz- und Zeitintervallmessungen durchgeführt werden.

6.3 Messaufbau

Die Kalibrierung von Funktionsgeneratoren erfolgt durch eine direkte Messung am Frequenzzähler Agilent 53220A.



6.4 Ermittlung der Standardabweichung

Zur Ermittlung der Standardabweichung wird die Frequenz 100Hz, 20 mal gemessen. Die abgelesenen Messwerte werden in die Tabelle des Formsheets FS B-7-0111 übertragen und ausgewertet.

6.5 Einflussgrößen der Frequenzmessung

1. Einfluss des Normals

a) Unsicherheitsbeitrag des Normals

2. Einfluss des Verfahrens

b) Ungeeignete Messleitungen

c) Korrosion

d) Kabelbruch

3. Einfluss des Kalibriergegenstandes

e) Genauigkeit / Auflösung / Präzision

6.6 Mathematisches Modell der Einflussgrößen

Mit den Einflussgrößen wird das mathematische Modell der Messunsicherheit aufgestellt.

$$u_{\text{gesamt}}(f) = \sqrt{u^2(\Delta f_{\text{CAL}}) + u^2(\delta f_{\text{CAL}}) + u^2(\delta f_{\text{Verfahren}}) + u^2(\delta f_{\text{ind}})}$$

Beispielrechnung für 100 Hz

6.7 Beitrag für das Normal $U(Hz_{\text{CAL1}})$

Der Messunsicherheitsbeitrag des Frequenzzählers wird aus dem gültigen Kalibrierschein entnommen.

Messbereich Frequenz: 10kHz

Kalibrierwert: 100Hz

$$U(Hz_{\text{CAL1}}) = 7,6nHz \text{ mit } k=2$$

$$U(Hz_{\text{CAL1}}) = 3,8nHz$$

Für die Drift des Frequenzzählers, seit seiner letzten Kalibrierung, werden die Angaben aus der Herstellerspezifikation eingesetzt.

Einhressspezifikation, 95%Confidence Interval

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

Bereich: 10kHz / $\pm 1\text{ppm}$ (vom Messwert) $\pm 1\text{Digit}$

Bei 100 Hz ergibt sich hieraus:

$$U(Hz_{\text{CAL2}}) = 100\mu Hz$$

Durch Vergleichsmessung mit einem Fluke 5520A ergibt sich eine maximale Drift von

$$U(Hz_{\text{CAL2}}) = 1\mu Hz$$

$$U(Hz_{\text{CAL}}) = U(Hz_{\text{CAL1}}) + U(Hz_{\text{CAL2}})$$

$$U(Hz_{\text{CAL}}) = 0,0038\mu Hz + 1\mu Hz$$

$$U(Hz_{\text{CAL}}) = 1\mu Hz$$

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

Kabel: Als Messleitung dient ein abgeschirmtes Fluke Spezialkabel (Typ RG58 C/U) das mit dem Kalibrator 5520A ausgeliefert wurde. Ein Messunsicherheitsbeitrag durch das Kabel ist nicht zu erwarten.

$$U(\delta H_{Z_{\text{Verfahren}}}) = 0 \text{ Hz}$$

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

Die Auflösung des Funktionsgenerators beträgt bei einem Kalibrierwert von 100Hz, 10pHz. Als Unsicherheitsbeitrag wird die Hälfte der Auflösung eingesetzt.

$$U(\delta H_{Z_{\text{ind}}}) = 5 \text{ pHz}$$

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

$$U(s) = 0,223 \mu\text{Hz}$$

6.10 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

Folgende Beiträge werden in das Messunsicherheitsbudget übernommen:

$$U(H_{Z_{\text{CAL}}}) = 1 \mu\text{Hz}$$

$$U(\delta H_{Z_{\text{Verfahren}}}) = 0 \text{ Hz}$$

$$U(\delta H_{Z_{\text{ind}}}) = 5 \text{ pHz}$$

$$U(s) = 0,223 \mu\text{Hz}$$

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

6.12 Unsicherheitsbeitrag des Normals $u(H_{Z_{\text{CAL}}})$

Der Messunsicherheitsbeitrag des Frequenzzählers ergibt sich aus dessen Kalibrierung und der Drift. Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i .

$$u(H_{Z_{\text{CAL}}}) = U(H_{Z_{\text{CAL}}}) \cdot b_i \cdot c(H_{Z_{\text{CAL}}})$$

$$u(H_{Z_{\text{CAL}}}) = 1 \mu\text{Hz} / \sqrt{3} \cdot 1$$

$$u(H_{Z_{\text{CAL}}}) = 0,58 \mu\text{Hz}$$

6.13 Unsicherheitsbeitrag des Verfahrens $u(\delta H_{Z_{\text{Verfahren}}})$

Ein Messunsicherheitsbeitrag durch das Kabel ist nicht zu erwarten.

- 6.15 Unsicherheitsbeitrag für die endliche Auflösung des Kalibriergegenstandes $u(\delta H_{z_{ind}})$

Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i .

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

$$u(\delta H_{z_{ind}}) = 5 \text{ pHz} / \sqrt{3} \cdot 1$$

$$u(\delta H_{z_{ind}}) = 2,9 \text{ pHz}$$

- 6.16 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

Folgende Beiträge werden in das Messunsicherheitsbudget übernommen:

$$u(H_{z_{CAL}}) = 0,58 \mu\text{Hz}$$

$$u(\delta H_{z_{Verfahren}}) = 0 \text{ Hz}$$

$$u(\delta H_{z_{ind}}) = 0,0000029 \mu\text{Hz}$$

$$u(H_{z_{ix}}) = 0,129 \mu\text{Hz}$$

- 6.17 Erweiterte Messunsicherheit U

$$U = k \cdot u(Ex) = 1 \mu\text{Hz}$$

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind in Formsheets **FSB70111_FQG.xlsx**, - Abschätzung der Messunsicherheit Labor FME - abgelegt.

7. Bezugsdokumente

7.1 Mitgeltende Unterlagen

VDI/VDE/DGQ/DKD-Richtlinie 2622, Blatt 5

DKD-3-E2 - Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen

FS B-7-0111

7.2 Normen

<input checked="" type="checkbox"/>	DIN EN ISO 9001**
<input type="checkbox"/>	DIN EN ISO 14001**
<input type="checkbox"/>	BS OHSAS 18001**
<input type="checkbox"/>	DIN EN 13980**
<input type="checkbox"/>	IRIS**
<input type="checkbox"/>	DIN EN ISO 3650 (1999-02)
<input type="checkbox"/>	

<input checked="" type="checkbox"/>	DIN EN ISO 17025**
<input type="checkbox"/>	KTA 1401**
<input type="checkbox"/>	PAS 1037**
<input type="checkbox"/>	DIN 14675**
<input type="checkbox"/>	10 CFR 50 Appendix B**
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	

**Ausgabe lt. aktuellem IMS-Handbuch

8. Änderungsdienst

8.1 Änderungsdurchführung

Für den Änderungsdienst dieses Dokumentes ist der Verfasser verantwortlich.

Folgende Tätigkeiten sind durchzuführen:

- Die zuständige Abteilung für das Integrierte Managementsystem über inhaltliche Änderungen informieren.
- Geändertes und freigegebenes Dokument wird über die zuständige Abteilung verteilt.

8.2 Archivierung

- Die Originaldatei dieses Dokumentes ist in der IMS-Datenbank abgespeichert.
- Ausgedruckte Dokumente unterliegen nicht dem Änderungsdienst und sind ausschließlich für den internen Gebrauch bestimmt.
- Aufbewahrungsfristen sind im Handbuch MA A-7-0001 hinterlegt.

Datum:
Name:

Verfasser
2014-09-03
Volker Schreiber

Datum:
Name:

Prüfung und Freigabe
2014-09-03
Ralf Wittbrock

Datum:
Name:

IMS-Registrierung
2014-09-03
Frank Beinker