

ノート

# 交流電流の校正における不確かさ評価

水野 裕正\*<sup>1)</sup> 遠藤 忠\*<sup>2)</sup> 吉広 和夫\*<sup>2)</sup>

## Evaluation of uncertainty for the calibration of alternating current

Hirosama Mizuno\*<sup>1)</sup>, Tadashi Endo\*<sup>2)</sup>, Kazuo Yoshihiro\*<sup>2)</sup>

キーワード：交流電流，校正，不確かさ

Keywords：Alternating current, Calibration, Uncertainty

### 1. はじめに

製品の信頼性や安全性を確保するために計測器のトレーサビリティを証明する校正が重要となっている。電気関連製造業では基準器であるキャリブレータが定規として使用されている。このキャリブレータの交流電流 (1mA, 10mA, 100mA 及び 1A, 周波数 20Hz, 40Hz, 100Hz 及び 1000Hz) の校正における不確かさ評価を行ったので報告する。

### 2. 実験方法

交流電流校正システムの構成図を図 1 に示す。このシステムは USBGP-IB インターフェースにより自動校正システムとなっている。交流電流の校正原理は校正対象であるキャリブレータからシャント抵抗器に交流電流を流す。このときシャント抵抗器の両端に発生する交流電圧をデジタルマルチメータ (DMM) で測定し、シャント抵抗器の校正値からオームの法則 (電流 [I] = 電圧 [V] / 抵抗 [Ω]) を用いて求めた。交流電圧を測定する DMM は、事前に国家標準にトレーサビリティが繋がっているツェナー・ダイオード標準電圧発生器により直流電圧を校正し、交直変換標準器を用いて校正を行った。開発したシャント抵抗器を図 2 に示す。シャント抵抗器の開発には、放熱板にアルミシャーシを用いた超精密電力用抵抗器を使用した。シャント抵抗器は 100Ω, 10Ω, 1Ω 及び 100 mΩ の 4 つを開発した。この各シャント抵抗器は交流電流 1mA を校正する時に 100Ω を使用し、10mA を校正する時に 10Ω, 100mA を校正する時に 1Ω, 1A を校正する時には 100 mΩ を使用した。これによりシャント抵抗器の両端に発生する交流電圧は全て約 100mV にして校正を行った。自動校正と不確かさ評価を行うソフトウェアのフロント画面を図 3 に示す。①は不確かさ評価を行う時に使用する数学モデルである。②は校正対象となるキャリブレータの型式や製造番号等の管理情報を入力する項目である。文字が記入されている部分をク

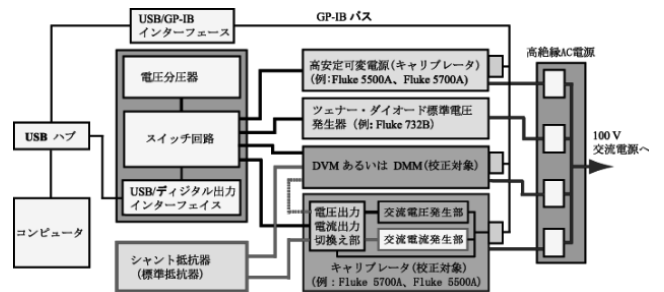


図 1. 交流電流校正システムの構成図

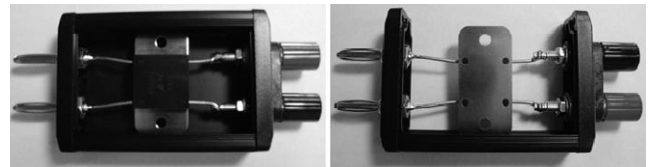


図 2. 開発したシャント抵抗器

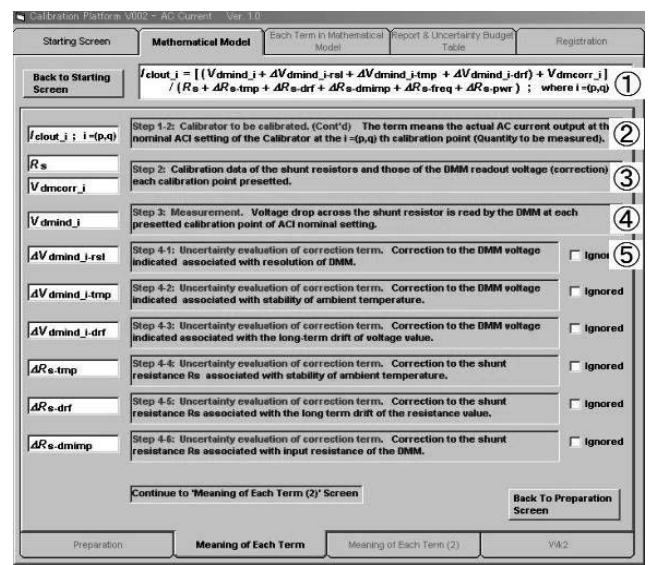


図 3. ソフトウェアのフロント画面

事業名 平成 23 年度 共同研究

\*<sup>1)</sup> 実証試験セクター

\*<sup>2)</sup> MTA ジャパン株式会社

リックすることによりウィンドウが立ち上がり情報を記入することができる。③から⑤以下は不確かさ要因の表記である。③はシャント抵抗と DMM の校正値の不確かさ要因である。④は測定電圧のばらつきの不確かさ要因である。⑤以下の不確かさ要因として今回は DMM の分解能、シャント抵抗器のドリフト、シャント抵抗器の DMM 入力インピーダンス、シャント抵抗器の周波数の影響を評価した。④の文字部分をクリックすると、図 4 の電圧測定画面が開く。図 4 の⑥は DMM の値を表示する測定画面である。⑦は自動測定に必要な計測器のアドレス等を設定する画面である。⑧は、交流電流の測定レンジが変わるときにシャント抵抗器を変える必要があるための待機画面である。シャント抵抗器を変えて待機画面の OK ボタンをクリックすると自動校正が継続する。

### 3. 結果と考察

シャント抵抗器の校正値の標準不確かさは 100 Ω, 10 Ω 及び 1 Ω は 1.53 ppm, 100 mΩ は 2.55 ppm であった。DMM の校正値の標準不確かさは周波数ごとに異なり、20Hz で 41.1 ppm, 40Hz で 14.8 ppm, 100Hz で 23.0 ppm, 1000Hz で 19.7 ppm であった。測定電圧のばらつきの標準不確かさは最小値で 1.94 ppm, 最大値で 6.63 ppm であった。DMM の分解能の標準不確かさは全て同じ DMM を使用することから共通で 5.77 ppm であった。シャント抵抗器のドリフトの標準不確かさは 0.121 ppm から 0.126 ppm であった。シャント抵抗器の DMM 入力インピーダンスの標準不確かさは 100Ω が 8.66 ppm, 10Ω が 0.866 ppm, 1Ω が 0.0866 ppm, 100 mΩ が 0.00866 ppm であった。シャント抵抗器の周波数の影響の標準不確かさは  $4.56 \times 10^{-3}$  ppm から  $1.84 \times 10^{-10}$  ppm であった。表 1 に 100mA (周波数 100Hz) のバジェット表を示す。校正値は 99.9975mA であり、その拡張不確かさは 47 ppm であった。その他の交流電流の校正値とその不確かさ評価を表 2 に示す。キャリブレータの交流電流(1mA, 10mA, 100mA 及び 1A, 周波数 20Hz, 40Hz, 100Hz 及び 1000Hz) の校正の拡張不確かさは 32 ppm から 83 ppm の範囲で評価することができた。これらの拡張不確かさの値は全てにおいてカタログ仕様 (155 ppm から 585 ppm) より良い不確かさ評価の結果となった。

### 4. まとめ

東京都内の中小企業の主要産業である電気関連製造業において定規として使用されているキャリブレータの交流電流の不確かさ評価を行った。本研究の成果を技術相談や依頼試験の信頼性向上に活用していく。

(平成 24 年 5 月 28 日受付, 平成 24 年 7 月 5 日再受付)

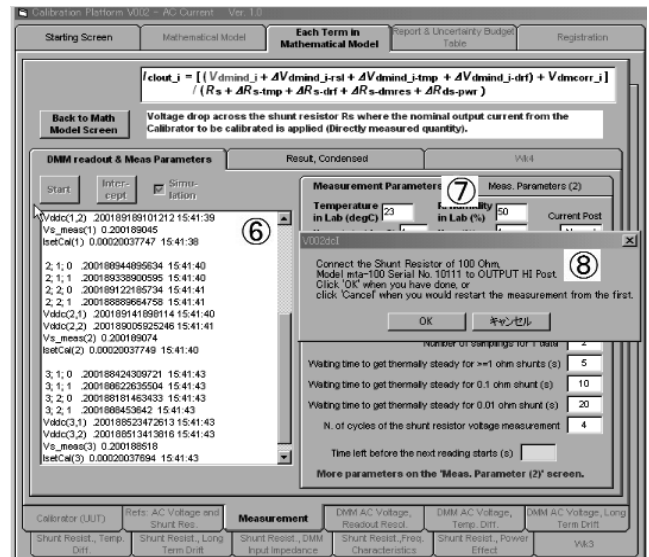


図 4. 電圧測定画面

表 1. 100mA (周波数 100Hz) のバジェット表

不確かさ要因	標準不確かさ (ppm)	
シャント抵抗の校正値	1.53	
DMM の校正値	23.0	
測定電圧のばらつき	2.81	
DMM の分解能	5.77	
シャント抵抗器のドリフト	0.123	
入力インピーダンス	0.0866	
周波数の影響	$4.56 \times 10^{-7}$	
校正値: 99.9975 mA	合成標準不確かさ	23.9
	拡張不確かさ ( $k=1.96$ )	47

表 2. 交流電流の校正値とその不確かさ評価

交流電流	周波数 (Hz)	校正値	拡張不確かさ (ppm)
1 mA	20	0.999796 mA	83
	40	0.999775 mA	36
	100	0.999770 mA	51
	1000	0.999776 mA	45
10 mA	20	9.99990 mA	82
	40	9.99965 mA	33
	100	9.99953 mA	47
	1000	9.99950 mA	41
100 mA	20	100.0012 mA	82
	40	99.9990 mA	35
	100	99.9975 mA	47
	1000	99.9987 mA	41
1 A	20	0.999964 A	82
	40	0.999928 A	32
	100	0.999910 A	47
	1000	0.999933 A	41