

高抵抗器の精密計測技術の紹介

精密・電子・航空技術部門

長野県工業技術総合センター 精密・電子・航空技術部門は、平成 28 年度から産業技術総合研究所（以下、産総研）と高抵抗計測の周辺技術に関する 3 年計画の共同研究を実施しています。ここでは、共同研究の中で行われた巡回比較試験（定められた条件に従って、複数の校正機関が同一の高抵抗器を測定した結果を比較する試験）を通じて、センターで開発した高抵抗器の精密計測技術を紹介します。

■ 高抵抗器の計測原理 デュアルソースブリッジ

高抵抗を測る場合は、抵抗に一定の電圧を印加し、電流を計測します。抵抗 (R) は電圧 (E) と電流 (I) を用いてオーム則より次式で表されます。

$$R = E/I$$

高抵抗の場合には、例えば $10^{12} \Omega$ の抵抗に $100V$ ($10^2 V$) の電圧をかけて測る時、 $10^{-10} A$ の微小電流となります。この微小電流の計測は、一般的な電流計では性能限界を下回り、正確に測定することは困難です。

この問題を解決するため、高抵抗計測では図 1 のようなデュアルソースブリッジ(以下、DSB)が用いられます。DSB は抵抗に流れる微小な電流 I_1 と I_2 が打ち消し合い検流計(D)が 0 となるように E_1 、 E_2 を調整することで、微小電流の測定を不要にしています。検流計の値が 0 の時、次の式が成り立ちます。

$$E_1/R_S = E_2/R_X$$

変形すると次式になります。

$$R_X = R_S \times E_2/E_1$$

この式で示されるように計測対象の高抵抗器

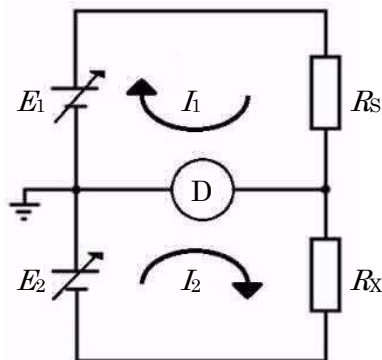


図 1 デュアルソースブリッジ回路

R_X は、値が分かっている抵抗器 R_S と電源電圧の比 E_2/E_1 から求めることができます。

■ センターの研究開発

近年では、電子機器の小型化、高効率化を背景に電気絶縁性能を確認するため、 $1G\Omega$ ($10^9\Omega$) を超える高抵抗の精密計測に対するニーズが増えてきています。当センターでは市販の計器類を組み合わせることで PC によって制御する DSB を開発し、校正試験に活用しています。以前は手動により操作を行っていましたが、産総研との共同研究を機に検流計の改良や自動化プログラムを開発し、操作を簡略化した上に測定精度を上げることができました。



図 2 開発した DSB

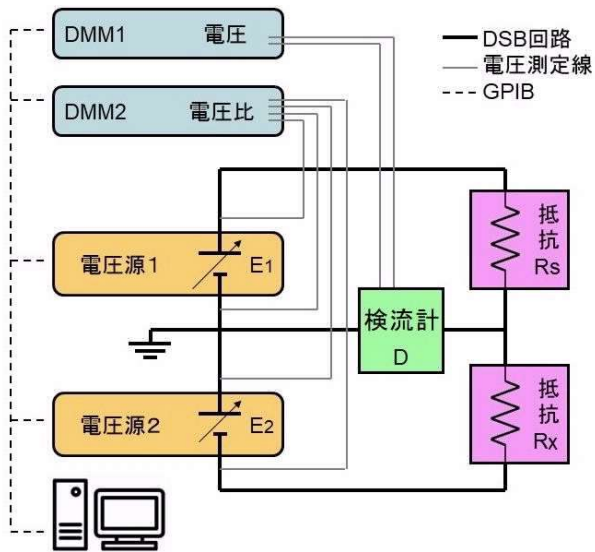


図3 開発した DSB の構成

■ DSB の制御

開発した DSB は図3のように2つの電圧源、2つのデジタルマルチメータ（以下、DMM）と検流計、制御用の PC から構成されています。検流計の出力が0になるように電圧源 1、2 の出力を調整し、DMM2 で E_2/E_1 を測定します。機器間の制御には GPIB を使用し、制御ソフトウェアは Visual C# で作成しました。

以前の DSB では、ばらつきやドリフトを含む検流計の出力から、ブリッジ回路が安定したことを測定者が判断していました。そのため、測定時間が長くなるとともに、測定者による測定結果のばらつきが大きいことが課題でした。自動化によりブリッジ回路の安定を判断するアルゴリズムを実装し、測定のばらつきを小さくしています。

■ DSB の検流計

検流計は図4のような電流-電圧変換回路により微小電流を電圧に変換しています。この検流計は増幅率が非常に大きいためノイズへの対策が重要になります。測定者が測定ケーブルに近づくと静電結合により電流が発生し測定誤差の原因になります。静電結合対策には同軸ケーブルが有効ですが、同軸ケーブルを使用した場合、電気摩擦効果による電流が発生し、不確かさの原因になります。そこで、図5のように検流計と抵抗器の接続

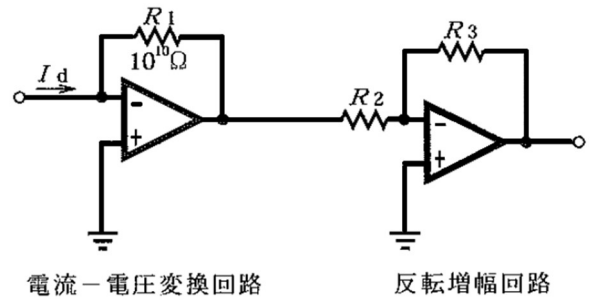


図4 検流計回路図



図5 検流計と抵抗器の接続例

を同軸の BNC 端子とし、ケーブルを使わず BNC コネクタを介して直接接続する構造にしています。これにより、信号線への静電結合と電気摩擦効果による電流の影響を軽減しました。

■ ご利用について

紹介した技術を基に高抵抗器や超絶縁抵抗計の校正試験を行っています。技術相談、校正試験の依頼について問い合わせは下記までご連絡下さい。

長野県工業技術総合センター
 精密・電子・航空技術部門 電子部 染谷貴史
 TEL:0266-23-4054 FAX:0266-23-9081
 E-Mail seimitsushiken@pref.nagano.lg.jp