

4 端子対交流ブリッジの周波数依存性

堤 晋太郎 小池 真利子 (日本電気計器検定所 標準部)

1. はじめに

電力系統における大電流計測においては、同軸分流器が約 10 kHz 等の周波数で使用されている⁽¹⁾が、現在、大電流計測で用いられる同軸分流器の JCSS 校正を 10 kHz の周波数で実施している校正事業者はなく、日本電気計器検定所 (JEMIC) においても、同軸分流器の校正の周波数は、1 kHz が上限である。

このような背景から、著者らは、交流抵抗の国家標準までのトレーサビリティを整備するため、10 : 1 の比を持つ 4 端子対交流ブリッジ four-terminal-pair AC bridge (以下、交流ブリッジ) を製作した。また、交流ブリッジの周波数依存性を評価するために、交流抵抗値及び位相角の周波数依存性が計算可能な抵抗器 calculable resistor (以下、CR) を製作した。

今回、交流ブリッジの周波数依存性を CR の計算値を基に評価した結果、CR の計算値と交流ブリッジの測定値は、53 Hz~10 kHz において同相成分±7 μΩ/Ω 以下、直角相成分±10 μrad 以下で一致した。本稿では、CR 及び交流ブリッジの概要と周波数依存性の評価結果について報告する。

2. CR の概要

2.1 CR の仕様

CR は、使用する抵抗線材の特性や幾何学的寸法から周波数依存性が計算できる抵抗器であり、いくつかの CR が報告されている⁽²⁾⁽³⁾。著者らは、製作及び抵抗値の調整が比較的容易なバイファイラタイプの CR を製作した。今回製作した CR の定格は、1 kΩ (以下、CR1k) 及び 100 Ω (以下、CR100) である。

2.2 CR の周波数依存性

CR の周波数依存性の計算については、各文献⁽²⁾⁽⁴⁾によるが、各パラメータを計算式に代入し、CR の抵抗値と位相角の周波数依存性を算出した。

3. 交流ブリッジの概要

交流ブリッジは 2-stage IVD、カレントイコライザ及び検出器等から構成される。2-stage IVD は、抵抗値の拡張を行うための重要な機器の一つであり、著者らは特殊な巻装方法によって広い周波数帯域で良好な特性を持つ 2-stage IVD を採用した⁽⁵⁾。

4. 評価方法及び結果

4.1 評価方法

交流ブリッジの周波数依存性は、CR1k 及び CR100 の計算値と交流ブリッジの測定値を比較することで評価した。

4.2 評価結果

交流ブリッジの周波数依存性の評価結果を図 1 に示す。なお、 δD_x 及び δD_y は交流ブリッジの同相成分及び直角相成分の公称比からのずれである。図 1 より、交流ブリッジの公称比からのずれは、周波数 53 Hz~5 kHz において、同相成分±1 μΩ/Ω 以下、直角相成分±3 μrad 以下となった。また、周波数 10 kHz においては、同相成分-7 μΩ/Ω 以下、直角相成分+10 μrad 以下となった。

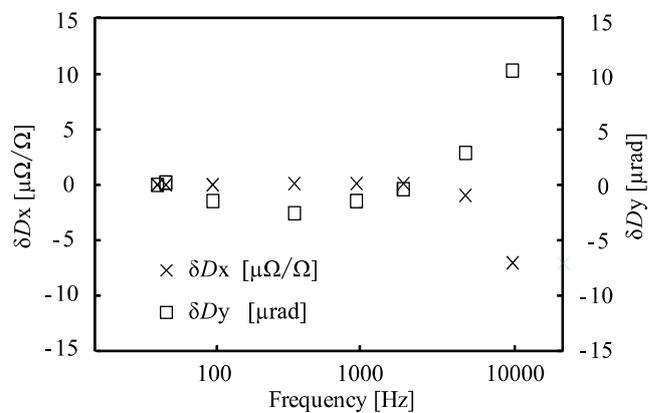


図 1 交流ブリッジの評価結果

5. まとめ

今回、同軸分流器などの交流抵抗器の校正周波数の上限を 10 kHz まで拡張するため、CR1k、CR100 及び交流ブリッジを製作し、交流ブリッジの周波数依存性を CR の計算値を基に評価した。その結果、周波数 10 kHz 以下において、同相成分-7 μΩ/Ω 以下、直角相成分+10 μrad 以下となり概ね期待どおりの結果が得られた。

今後は、交流ブリッジを用いて交流抵抗器 0.1 Ω までの測定範囲の拡張及び同軸分流器を校正するための装置の開発を行い、これらのトレーサビリティ体系を整備していく予定である。

参考文献

- (1) 木田順三:「高電圧・大電流測定のための JCSS 校正サービス確立に向けての取り組み」、電機、Vol.785、 pp.31-33 (2016)
- (2) L. H. Gibbins: "A design for resistors of calculable a.c. / d.c. resistance ratio", Proc. IEE Vol.110 No.2 February, pp.335-347 (1963)
- (3) J. Bohacek and B. M. Wood "Octofilar resistors with calculable frequency dependence" Metrologia, Vol.38 pp.241-247 (2001)
- (4) H. Fujiki, A. Domae and Y. Nakamura "Analysis of the time constant for the bifilar calculable ac dc resistors" CPEM, pp.344-345 (2002)
- (5) S. Tsutsumi: "Two-stage inductive voltage divider using special winding method", IEEJ Trans. FM. Vol.132 No10 pp.924-929 (2012) (in Japanese)

(2017 年 4 月 20 日受付)