

コアとコイルだけでDC100 μ Aから、
1 mAを0.01 % F.S.で測れる！

微弱電流の非接触測定技術 “MBCS”の基礎と実際

忠津 孝
Takashi Tadatsu

■ “MBCS”とは？

MBCS(Magnetic Bridge Current Sensor)は、微弱な直流電流を非接触で測る新しい技術です。正式には「磁気ブリッジ型電流検出センサ」または「磁気ブリッジ型電流検出法」といいます。最近この研究に着手した一部の研究者で「磁束ブリッジ」と呼ぶ方もいますが、これは同じものです。

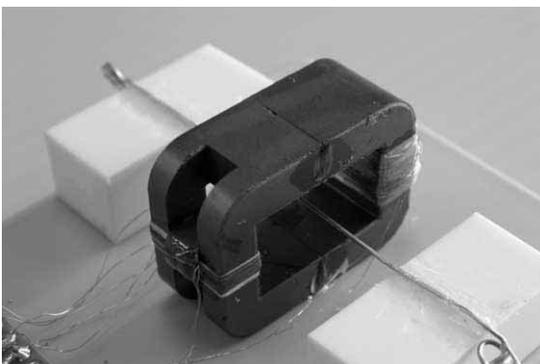
MBCSは新しい技術で、この技術を使った商品はまだ販売されていませんが、ライセンスを得た企業が2003年秋季の発売を見込んで、現在生産を急いでいるところです。

本稿では、まずMBCS技術の基本的な動作原理を解説します。次に入手容易な材料を使ってMBCSによる電流センサ(写真1)を試作し、評価します。

電流センサの現状

■ 電流は基本的物理量の一つ

電流は、電荷や電位とともに電気に関する基本的な物理量の一つで、回路を設計する際はもちろんのこと、完成した装置の動作状況を知る際にも必ず把握しておかなければならないものです。



〈写真1〉試作したセンサ部

また国際単位系Système International d'Unités：略称SI)で定められている7種の基本量すなわち「長さ、質量、時間、電流、熱力学温度、物質質量および光度」の一つでもあります。

■ 電流センサの重要性

電気装置や電子機器が動作していれば、そこには必ず電流が存在します。電気装置や電子機器において、エネルギーの移動や情報の伝達をするには、必ず電流を流さなければならないからです。

今日これらの装置や機器では、安全・確実・省エネルギーをより高度に求められています。電圧や電流の値を捕らえて、安全に動作しているか、確実に動作しているか、エネルギーの無駄遣いをしていないか、などを常に監視・管理または制御しています。このため電圧や電流値を測る信頼性の高いセンサが必要です。

では、センサに求められる信頼性とは何でしょうか。簡単にいえば「壊れないこと」、そして「常に真実の値を出力すること」です。しかし、絶対に壊れないものはないでしょうし、真実の値つまり誤差のない値を出力するセンサもあり得ません。そこで、ある程度の妥協をして使うのですが、装置や機器の性能がセンサによって決まる用途では、その性能が極めて重要になります。

■ 接触測定と非接触測定

● 接触測定

電流を測定する方法で最もわかりやすいのは、測りたい回路に抵抗器を直列に挿入して、この抵抗器の両端の電圧を測る方法です。このような方法は被測定回路と測定回路が電氣的に接触しています。簡単な方法ですが、回路設計上の不都合を生じることが少なくありません。例えば高電圧の場合は、被測定回路と直接接触すると、測定回路の素子を破壊します。

また、被測定回路の状態が確定しない場合、例えば、測定器として不特定な回路の電流を測る場合や、大規模な装置で、稼動中にどのように電流が流れるか特定できない場合つまり漏れ電流や迷走電流などが存在す

る場合などでは、直接接触して測ることは危険です。場合によっては装置を破壊したり事故を起こす可能性があります。

このようなリスクを回避するには、非接触で測定するのが最もよい方法です。非接触で測定する方法には交流用CTを使うものと直流用CTを使うものがあります。

● 交流用CTによる非接触測定

交流の場合は、被測定電流をトランスの1次コイルに流し、2次コイルに誘起する電流からその値を測定できます。一般によく知られている、いわゆる“CT”(Current Transformer)です。しかし、交流用CTで直流電流を測ることはできません。

● 直流用CTによる非接触測定

昨今、私たちが使用しているほとんどの電子機器は直流電源で動作しています。最近では燃料電池や太陽光発電のように直流発電装置も実用化されてきました。

こうなると直流電流も非接触で測りたいというニーズは益々高まってきます。このニーズに応えるためにいくつかの検出方法が開発されています。

最もポピュラーな方法としてホール素子型、ほかには、マグアンプ型、磁気マルチパイププレート型、フラックス・ゲート型などが代表的です。ほかにも光学素子のファラディ効果を利用したもののように特殊な方法もあります。

● 従来技術の課題

これらの技術にはそれぞれ長所がありますが、欠点も多く、一般の電子機器などに組み込んで使用する電流センサを作るには不十分なようです。つまり、安価なものでは微弱電流を測定できない、比較的高感度のものは複雑で小型化できないうえに高価などの課題があります。

MBCSの基礎

■ 特徴

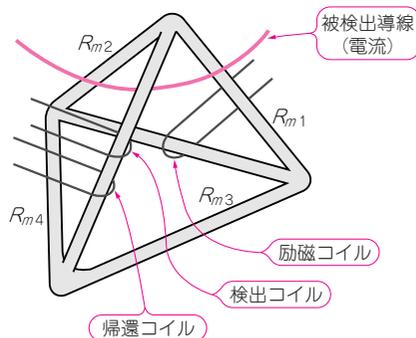
MBCSは以上のような課題を解決して、今後も高まるであろうニーズに応えるべく開発した非接触型の直流電流測定技術です。

まず、MBCSは磁気コアとそれに巻く導線(いわゆるエナメル線)だけでできていて、ホール素子、MR素子、MI素子またはファラディ素子などの磁気検出素子を一切使っていません。

● MBCSが解決した課題

このようにMBCSは、コイルとコアだけでできているので、材料費および生産費は最低限に抑えられます。また、厚膜成型技術によればチップ部品の2016サイズ(2.0×1.6 mm)にすることも可能で、小型化の

〈図1〉テトラ状磁気ブリッジ



課題も解決しています。さらに、従来技術では比較的高感度だったフラックス・ゲート型よりもさらに高感度で、高精度を実現できそうです。

● 試作品の性能

現状ではMBCSの性能を確認するには、手作りの試作品で行うしかありません。その試作品で確認できた性能は、DC100 μ Aを検出でき、DC400 mAフルスケールでは $\pm 0.1\%$ 精度を実現しています。これらはいずれも被測定電流を1回貫通しただけの構造です。

今回の手作り試作では、手加工技術の制約上、フェライト・コアを使いましたが、フェライト・コアはMBCS技術には不向きな素材のようです。コア材にパーマロイやミューメタルなどを使えば、さらに高性能が期待できます。

■ 基本構造

MBCSには励磁コイルが必要で、励磁コイルが一つのをシングル・ドライブ・タイプ、二つのをツイン・ドライブ・タイプと呼んでいます。本稿では、シングル・ドライブ・タイプについて説明します。

MBCS技術は、先述したように電流検出の方法ですから、これを具現化するにはいろいろな形状が考えられます。そこで、ここに紹介するのはその一例であることにご留意ください。この原理を理解されたほうが用途に応じて自由な形にすることが可能です。

図1はまったく実用的ではありませんが、MBCSの基本を示した構造図です。また図2は、その等価回路です。図2を見るとわかるとおり、この等価回路は電気回路のホイートストン・ブリッジと同じです。ホイートストン・ブリッジは、電気回路における最も基本的なブリッジ回路なので、本誌の読者諸氏には説明不要でしょう。

一言付け加えると、図2では電源に相当する素子がブリッジの中に入っていることです。しかし、これは描き方が違うだけで、実際の回路構成はまったく同じです。図1に戻ってみれば容易にわかります。