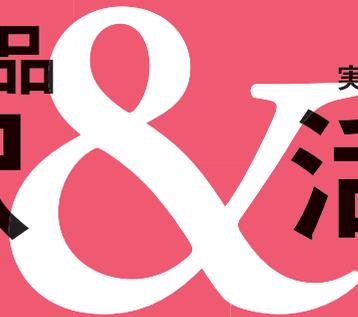


第12回 電流センサ

電子部品 選択



種類 / 特徴から
実践的な活用テクニックまで

活用ガイド

メカトロニクス編

上田 智章

Tomoaki Ueda

電流センサは、さまざまな計測アプリケーションで幅広く利用されています。

例えば、有効電力や力率の測定、交流磁界制御、電気化学計測、フォトン検出、スーパーキャパシタや2次電池の充放電電流の監視と制御、金属の探知などです。

今回は、抵抗を用いる電流検出の方法、ホール素子と磁性体を組み合わせた電流センサ、カレント・トランスなどの電流センサについて解説します。



電流検出方法のいろいろ

多くのアプリケーションで、電流を測定するために使われている方法は、おおむね、**抵抗を使う方法と磁界を使う方法の2通りに大別されます。**

主な電流測定方法の原理や構成について解説したのち、いくつかの具体的なアプリケーションを取り上げて説明します。

電流検出方法を表1にまとめました。



抵抗を使う方法

■ 測定原理

図1に示すように電流経路に直列に抵抗 R を接続し、抵抗両端の電圧 V を測定すると電流 I はオームの法則 ($V = RI$) に基づいて、 $I = V/R$ より求めることができます。

抵抗値を大きくすれば、両端に発生する電圧が大きくなるので、測定には便利です。しかし、大電流が流れる場合、抵抗で発生する電力 $P = RI^2$ が大きくなってしまいますので、熱の処理が大変になります。

● 電流が大きいときには4端子法を使う

図2(a)に示すように、電流測定用にはシャント抵抗と呼ばれる $100\text{ m}\Omega$ 以下の抵抗を使い、微小な電圧を計装アンプなどで増幅して測定します。

シャント抵抗の両端電位差を測定しようとして電流経路と同じ配線を使うと、電流が大きい場合には、配線抵抗による電圧降下が無視できないほど大きくなってしまい、大きな計測誤差を発生することがあります。

▶ 電流経路と電圧測定経路を分離する

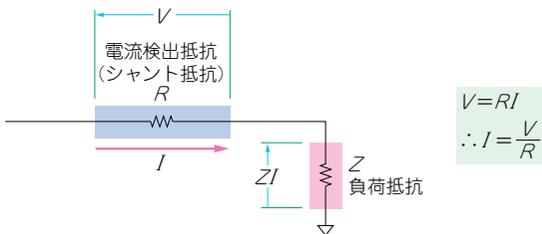
4端子法は、図2(b)に示すように、**電流経路と電圧測定経路を分離する**方法です。電圧測定経路には、計装アンプの入力バイアス電流しか流れなくなるため、測定誤差が大きくなることを回避できます。

電流が小さい場合や、誤差が問題にならない場合は、通常の2端子のシャント抵抗やメタル・クラッド抵抗が選ばれますが、4端子法による電流測定専用の抵抗も製造されています。

写真1と写真2に4端子型抵抗の外観を示します。大電流を測定する場合は、放熱を考慮した形状が適します。

● 微小電流ではOPアンプを使った回路を用いる

微小な電流を測定する用途では、図3に示すような電流-電圧コンバータが利用されています。



【注意事項】

- 電源電圧 $V_{CC} - RI > ZI$ (降下電圧) でなければならない
- 熱損失がある

$$P = RI^2 = VI$$

- 電流測定抵抗の温度によって抵抗値が変わる
- 表皮効果によって抵抗値が変わる

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_0 \sigma}} \quad \delta: \text{表皮深さ [m]}, \quad \omega: \text{角周波数 } 2\pi f \text{ [rad]},$$

$$\mu_0: \text{透磁率 [H/m]}, \quad \sigma: \text{導電率 [S/m]}$$

- インダクタンス L の影響がある

図1 抵抗を用いる電流検出方法

表1 主な電流検出方法

● 検流計を使う

- オームの法則を使う
 - 電流経路に接続した抵抗 R の両端電圧 V を測定して求める — 普通の抵抗、精密抵抗、シャント抵抗、4端子型シャント抵抗。大電流の測定ではメタル・クラッド抵抗を使う
 - 電流-電圧コンバータ (OPアンプ) を使う

- 電流が発生する磁界を使う
 - ホール素子型電流センサ — 非平衡型と平衡 (フィードバック) 型の2種類のタイプがある。仕様としては、貫通型、プス・バー組み込み型、さらにマルチレンジ方式がある
 - カレント・トランス (CT) — 交流成分だけ
 - ログスキー・コイル — 高圧送電線鉄塔の雷サージ電流など、大電流の測定 — 交流成分だけ
 - SQUID磁束計