

第3章

高精度検出法「ケルビン接続」から
発熱・過負荷入力対策まで

抵抗式mΩ測定 of 徹底考察

石川 宗孝 Munetaka Ishikawa

本章では、大電流・精密抵抗(以降、シャント抵抗)の種類や構造・使い方、諸特性を紹介します。対象のシャント抵抗は測定電流が数mA～数kAと広範囲です。しかし、mΩオーダの正しい高精度検出(ケルビン接続)を施し、高温環境下の発熱、過負荷入力対策を講じる必要があります。

基礎知識

● 「シャント」の意味

シャント抵抗とは、表1に示す電流制御/過電流検出/電流監視など、電流を測定するいわゆる「電流センサ」として使用される抵抗器の総称です。

シャント(Shunt)という言葉には「脇へよける」「回避する」といった意味があり、従来は電流計に並列接続することで、測定範囲を拡張する「分流」のための抵抗器を指していました。近年では「電流センサ」として使用する場合もシャント抵抗と呼ばれています。

● 測定原理は「オームの法則」

図1はシャント抵抗による電流測定の原理図です。オームの法則に従い検出回路の電位差 V を測定することで、既値の抵抗 R から回路電流 I を算出できます。電流をより測定しやすい電圧に変換していることにな

ります。オームの法則を利用するシャント抵抗は、測定原理が非常に単純・明快なので、設計時の計算が容易であり、電流センサとして広く使われています。

電流センサとしての特徴

表2に、一般的に広く使われているホール効果センサとカレント・トランス(CT)、シャント抵抗と比較した特徴を示します。各センサには得手不得手があるので、特徴を理解したうえで、用途に合う電流センサを選定します。表3にシャント抵抗を電流センサとして使用するうえでの、メリットとデメリットを示します。

● メリット

シャント抵抗の大きなメリットは「直線性」と「温度係数」です。 $I-V$ 特性が良好な直線性を示し、温度係数が低い(良い)ので、ユニット内の周囲温度変化に強いです。

車載の場合、エンジンONの前後/アイドリング時/走行時にめまぐるしい温度変化が生じますが、このような環境下でも精度の高い電流検出の効果を見込めます。シャント抵抗を使った電流センサ方式は古くから利用されているので、各開発現場に技術的なノウハウの蓄積があることも見逃せません。

● デメリット

図1の原理から、シャント抵抗は回路に対して直列

表1 シャント抵抗の電流センサとしての応用例

主な応用例	機能例	アプリケーション例
電流制御	昇圧などの電流制御を行う場合に、電流の値や時間などをフィードバックして制御する	・DC-DCコンバータ ・モータ/ソレノイド制御
過電流検出	天絡や地絡などにより大電流が流れた際に回路動作を制限する	電源などの過電流保護(垂下/フの字保護など)
電流監視	バッテリー2次電池などの電流を監視する	バッテリー・マネジメントシステム

表2 電流センサの主な特徴比較

主な特徴	シャント抵抗	ホール素子	カレント・トランス
検出精度	非常に高い	◎ 高い	○ 低い
温度特性	優れる	◎ 温度影響あり	△ 温度影響あり
電流レンジ	抵抗値次第	△ 広い	○ かなり広い
発熱考慮	自身が熱源	△ ある程度必要	○ ある程度必要
サイズ	小さい	○ 小さい	○ 大きい

図1 シャント抵抗の電流センサとしての原理は、中学校の理科で習う「オームの法則」に基づく

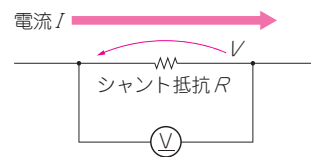


表3 シャント抵抗のメリット・デメリット

メリット	デメリット
直線性($I-V$ 特性)	電力損失
温度係数	信号レベル
長期安定性	非絶縁
応答性	-
オフセット・フリー	-
コスト	-
ノウハウの蓄積	-