

電源電流の高精度測定

松井 邦彦 *Kunihiko Matsui*

● 求められる電流センシング

システムを設計するときには、電源の出力に繋がるたくさんのICや回路の一部が故障して、電源ラインがグラウンドとショートするケースは起きうると仮定するのが常識です。

例えば静電気が原因であるIC_Aが壊れ、電源端子とグラウンド端子がショートすると、IC_Aにエネルギーを供給していた電源回路の出力ラインがグラウンドにショートされます。すると、電源は出力電圧を維持しようとして、能力を超える大きな電流を出力します。やがて電源回路は故障し、制御が利かなくなり、異常に高い電圧が電源回路から出力されます。すると連鎖反応が起きて、IC_Aだけでなく、その電源ラインに繋がるICや回路が次々と壊れていき、火災が起きる…かもしれません。

IC_Aが壊れて電源回路から大きな電流が出力されたら、直ぐに、これをなんらかの方法で検出して、電源の出力を遮断したいところです。

ここ数年、絶縁の必要はないけれど、できるだけ高精度に測定したいという要求があり、ICメーカー各社が電流検出用の専用ICを製品化しています。これは、単電源で動作し、グラウンド側(ロー・

サイド)ではなく、電源側(ハイ・サイド)で検出した信号を増幅する増幅ICです。

本稿では、このハイ・サイド電流検出用増幅ICを使った高精度な直流電流の測定方法を解説します。 〈編集部〉

電源ラインを流れる 直流電流を測定したい

■ ハイ・サイドで検出する

図1に示すように、直流電流を検出すると一口に言っても、

- グラウンド側で検出するロー・サイド電流検出(図2)
- 正電源ライン側で検出するハイ・サイド電流検出(図3)

の二つの要求があります。

図2に示すように、ロー・サイド側で電流を検出する場合は、電流検出用抵抗R_Sの両端の電圧を

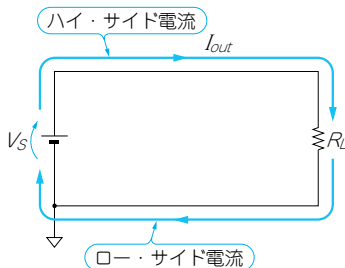


図1 電源電流を検出する箇所は二つある一つはハイ・サイド側、もう一つはロー・サイド側

単電源動作OPアンプ(IC₁)で構成した非反転アンプで増幅することで、簡単に電流値信号を検出できます。

この方法の欠点は、グラウンド・ラインに電流検出用抵抗(R_S)を入れることが困難な状況が多いということです。例えば、銅パイプや銅板をグラウンド・ラインとして利用しているシステムでは、切断して途中に抵抗を入れることはできません。

■ 検出と増幅の方法

通常、図3に示す電源ライン側

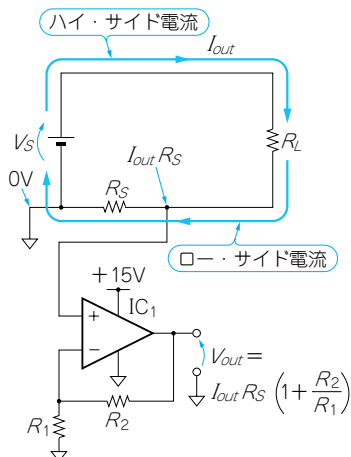


図2 グラウンド・ラインで電源電流を検出するロー・サイド電流検出
グラウンド・ラインに電流検出用の抵抗を入れる。この方法は、銅パイプや銅板をグラウンド・ラインとして利用しているシステムには適用できない

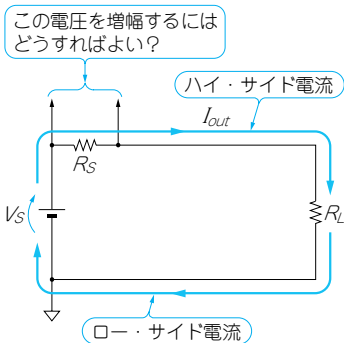


図3 ハイ・サイドで検出する方法は多くのシステムに適用できるが…電源電圧が検出回路に加わるため増幅回路の設計がたいへん

(ハイ・サイド)で電流を検出します。この方法の欠点は、電源電圧が数十～数百Vと高いときに、増幅回路を設計するのがたいへんなことです。

● 方法1…絶縁アンプを使う

絶縁アンプ(AD210)を使えば、簡単にハイ・サイド側の電流を検出し増幅することができます。しかし、絶縁アンプはとても高価です。

● 方法2…OPアンプで構成した差動アンプを使う

▶ 回路1

図4に示すのは、OPアンプを使って差動アンプを構成する方法です。現在でもよく利用されてお

り、電流検出用ICが登場する前はポピュラでした。

次のような長短所があります。

- 両極性の電流を測定できる
- 検出信号を減衰させてしまう
- 検出回路のCMRRが小さいと誤差が大きくなる

図4(a)に示すのが、最も一般的な構成の差動アンプです。電源電圧(V_S)が数百Vの高電圧であると仮定しています。

電源ラインが500～1000Vの場合は、このOPアンプを使った差動アンプ方式を使用します。使用するOPアンプは、単電源動作タイプ、またはロー・パワー・タイプでよいと思います。

検出電流範囲は使用する抵抗で決まります。電源ラインが200～300V程度なら、抵抗入りのワンチップ差動アンプIC(INA117, AD629)を使います。互換品も多く安心です。

出力電圧 V_{out} [V] は、

$$V_{out} = (R_2/R_1) I_{out} R_S \dots\dots\dots (1)$$

$$= (1/20) I_{out} R_S$$

です。式(1)からわかるように、OPアンプに定格を越える高電圧が入力されないように、検出した信号の電圧を1/20に減衰させています。電源電圧 V_S が数百Vでも、

差動アンプは壊れることなく正常に動作します。

▶ 回路1を改良する

図4(a)の回路は、電流検出信号を1/20倍に減衰させています。検出電圧($I_{out} R_S$)と同じ値を得るには、IC₁の後段にゲイン20倍のアンプを追加しなければなりません。

図4(b)に示すのは、図4(a)と同じOPアンプを使って、高電圧に対応しつつ信号を減衰させない回路です。次式のように、電流 I_{out} と出力電圧 V_{out} の間には、次の関係があります。

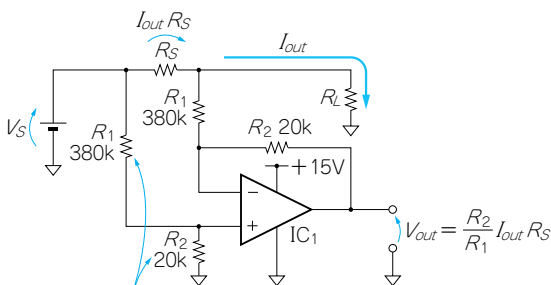
$$V_{out} = I_{out} R_S \dots\dots\dots (2)$$

OPアンプIC₁に入力される電圧は、 $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20k}{380k + 20k} = \frac{1}{20}$ 倍となっています。ちょっとした工夫で、図4(a)の後ろに20倍アンプを追加した回路と同等になることがわかります。

● 方法3…電圧-電流変換回路を使う

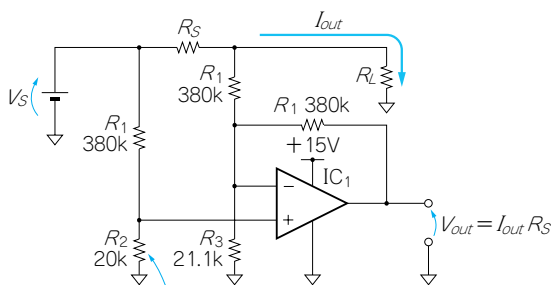
方法2は、検出した信号を減衰させてしまいます。図5の回路は、信号を減衰させずに、グラウンド基準の電圧に変換できる回路です。次のような長短所があります。

- 検出信号を減衰させることがない



R_1 と R_2 で入力電圧を $\frac{1}{20}$ に分圧してから増幅する。 V_S が高くてもOPアンプ(IC₁)は壊れない。しかし、検出電圧($I_{out} R_S$)も $\frac{1}{20}$ になる

(a) 一般的なタイプ



(b) 検出電圧($I_{out} R_S$)が減衰しないタイプ

図4 ハイ・サイド電流検出の方法その2…OPアンプで構成した差動アンプを使う