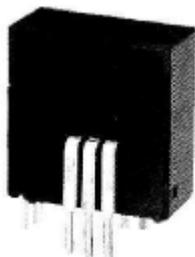
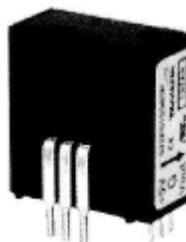


S22P シリーズ

アプリケーションマニュアル



S22P□□□S05M2 シリーズ



S22P□□□S05P シリーズ

■概要

S22P シリーズはクローズドループ型、バスバー内蔵形式の電流センサである。

定格電流はそれぞれ 6A、15A、25A のバリエーションを持つ。取り付け構造は、オンボード型である。

Table1 S22P シリーズの概要

Ta=25°C Vcc=+5V (特に指定なき場合)

シリーズ名	S22P シリーズ	
品番	S22P□□□S05M2	S22P□□□S05P
定格電流	6A、15A、25A	6A、15A、25A
定格出力電圧	Vof +0.625V Vof : オフセット電圧 (標準2.5V)	
バスバーピン長さ	スタンドオフから 5.5mm±0.5mm	スタンドオフから 3.5mm±0.5mm

■特徴

- ・被測定電流の通電形式は、内蔵したバスバーに通電する形式である。
- ・内蔵したバスバーは、接続方法により 1 ターン～3 ターンまで選択できる。
- ・回路構成は、クローズドループ構成である。
- ・出力はオンボード型で、基板取り付け構造である。
- ・電源電圧は、+5V 単電源で使用できる。
- ・出力は電圧出力であり、被測定電流に対応する出力電圧を出力する。
- ・出力電圧の精度は、±1.7%と高精度である。(定格電流測定時、Ta=25°C)
- ・出力直線性は、±0.2%と優れた直線性を有する。
- ・高速応答：ステップ応答 ($\frac{di}{dt}$ 応答速度) は、1 μ sec 以下である。
- ・絶縁耐圧：AC3000V 1 分間
- ・適用安全規格に適合する。

■用途

- ・汎用インバータ
- ・UPS

■形式

S22P □□□ S 05 □□

細部記号	M2 : バスバーピン 5.5mm P : バスバーピン 3.5mm (各寸法は、スタンドオフからの長さ)
電源電圧	05 : +5V
電源種類	S:単電源
定格電流値	006 : 6A 015 : 15A 025 : 25A
シリーズ名	S22P

■標準接続図

S22P□□□S05□□

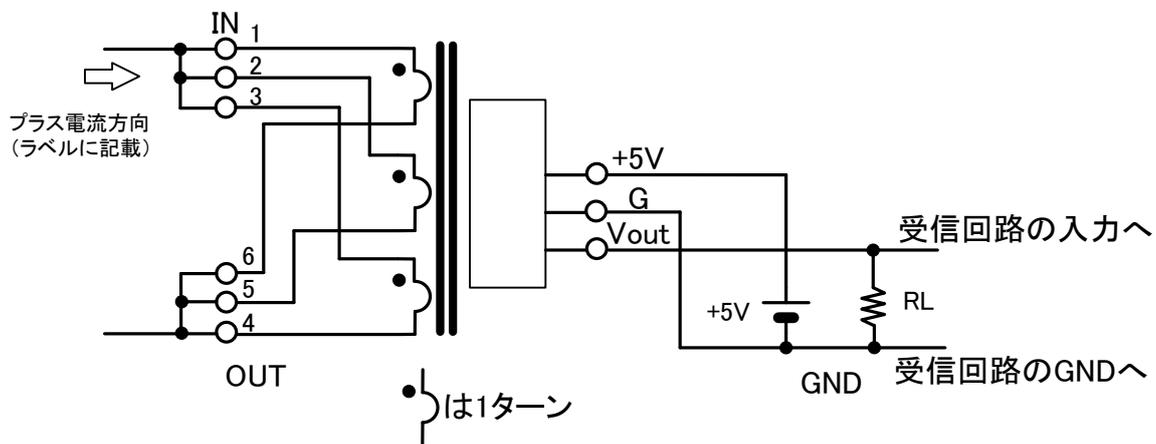


Fig1-1 S22P□□□S05□□ バスバー1 ターンの標準接続図

S22P シリーズ

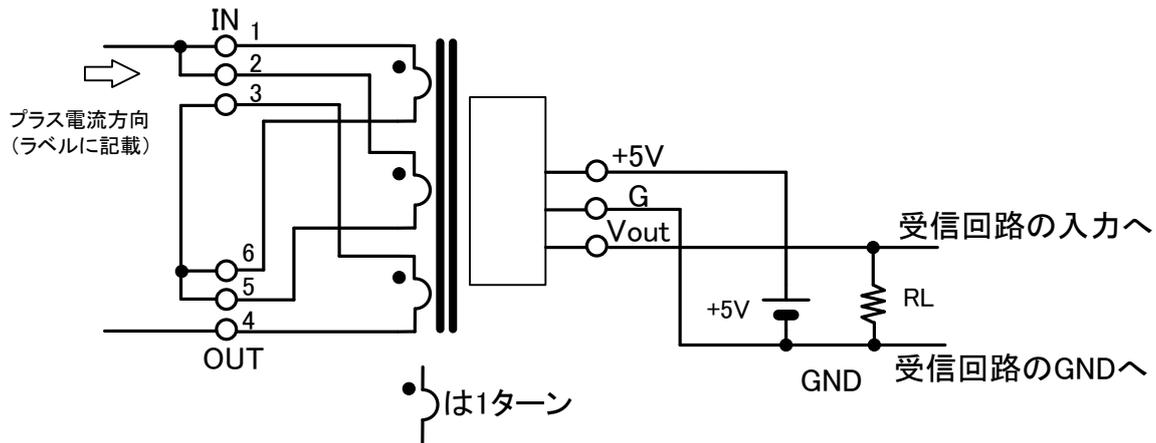


Fig1-2 S22P□□□S05□□ バスバー2 ターンの標準接続図

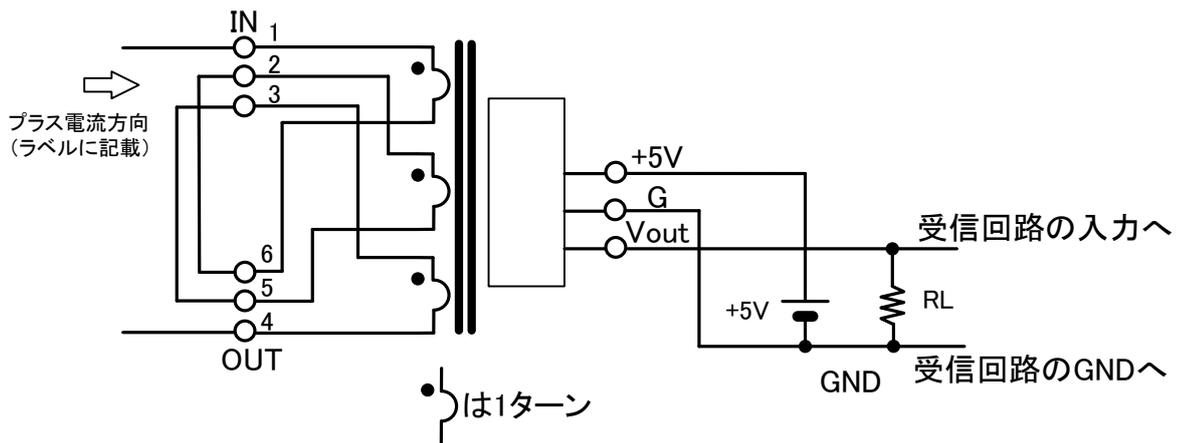


Fig1-3 S22P□□□S05□□ バスバー3 ターン標準接続図

■入出力端子の説明 S22P□□□D05□□

Table2 入出力端子の説明

端子番号	端子名称	説明	備考
1	バスバー	1⇔6 で1本のバスバーを形成する。	
2	"	2⇔5 で1本のバスバーを形成する。	
3	"	3⇔4 で1本のバスバーを形成する。	
4	"	—	
5	"	—	
6	"	—	
7	Vout	出力端子。 被測定電流に対応した電圧を出力する。	*
8	GND	グラウンド端子。電源+5V、及び出力電圧のグラウンド。	
9	+5V	電源端子。GND 端子との間に+5V を入力する。	

$$* V_{OUT} = 0.625 \times \frac{I}{I_f} + V_{of} \quad \text{単位 (V)}$$

I : 被測定電流 (A)

I_f : 定格電流 (A)

V_{of} : オフセット電圧 (V) 標準値は $V_{of} = 2.5V_{typ}$ である。

■基本特性の説明

S22P シリーズ電流センサは、6A~25A クラスの電流を計測して被測定電流に対応した電圧を出力端子から出力する。内部構造は、3本の独立したバスバーを貫通させたコア（磁性体）及び電子回路からなる。電子回路は、クローズドループを構成する負帰還巻線や増幅器およびクローズドループを安定に動作するための位相補償回路などから構成する。電源電圧は+5Vの単電源である。

被測定電流は、センサのバスバーに通電する。被測定電流により発生する磁束は内蔵するコア（磁性体）に集束し、その発生磁束が極めて小さくなるようにすなわち0テスラに近づくように内蔵の増幅器が負帰還巻線にキャンセル電流を通電する。すなわち、被測定電流により発生する磁束をキャンセルするように負帰還巻線に電流を通電する。コア（磁性体）の磁束は（電流）×（巻数）に比例する。負帰還巻線の巻数は、 N_F ターンとする

と、3本のバスバーを1ターンとして使用する場合は、負帰還巻線には被測定電流の $\frac{1}{N_F}$ の電流を通電すればコ

ア（磁性体）の磁束は打ち消されて0に近づく。負帰還巻線に通電した磁束キャンセル電流は、2.5V基準の差動増幅器により電圧変換されて出力端子から出力する。従って、この場合には2.5Vにプラスして、被測定電流の

$\frac{1}{N_F}$ の電流に対応する電圧を出力することとなる。仮に3本の独立したバスバーを3ターンとして使用すると、

負帰還巻線には被測定電流の $\frac{3}{N_F}$ の電流を通電すればコア（磁性体）の磁束は打ち消されて0に近づく。負帰還

巻線に通電した磁束キャンセル電流は、同様に2.5V基準の増幅器で電圧変換されて出力端子から出力する。出

力する電圧は、被測定電流の $\frac{3}{N_F}$ の電流に対応する電圧が出力することとなる。極性は、本体に記載した矢印の

方向に被測定電流を通電したとき、プラス極性の電圧を出力する。

このように、クローズドループ構成の電流センサの感度〔（出力電圧-2.5V）/被測定電流〕は、（バスバーターン数）/（負帰還巻線の巻数）に比例し、大略コイルの巻数とバスバーのターン数で決定する。そのため、ホール素子の感度変動等の影響を受けにくく、クローズドループ型のS22Pシリーズ電流センサは、出力精度±1.7%以内、出力直線性±0.2%以内の高精度を実現することができる。

本電流センサは、被測定電流の急峻な変化に対しては、カレントトランスに類似した動作をする。被測定電流がステップ的に変化した場合には、高速応答が可能である。被測定電流が100A/usecの立ち上がりをしたとき、1usec以内に目標値の90%の値にまで達する。

構造は基板取り付けのオンボード型であり、電源端子と出力端子は基板上のパターンにより配線できる。

■ブロック図 (+5V 単電源タイプ)

S22P□□□S05□□

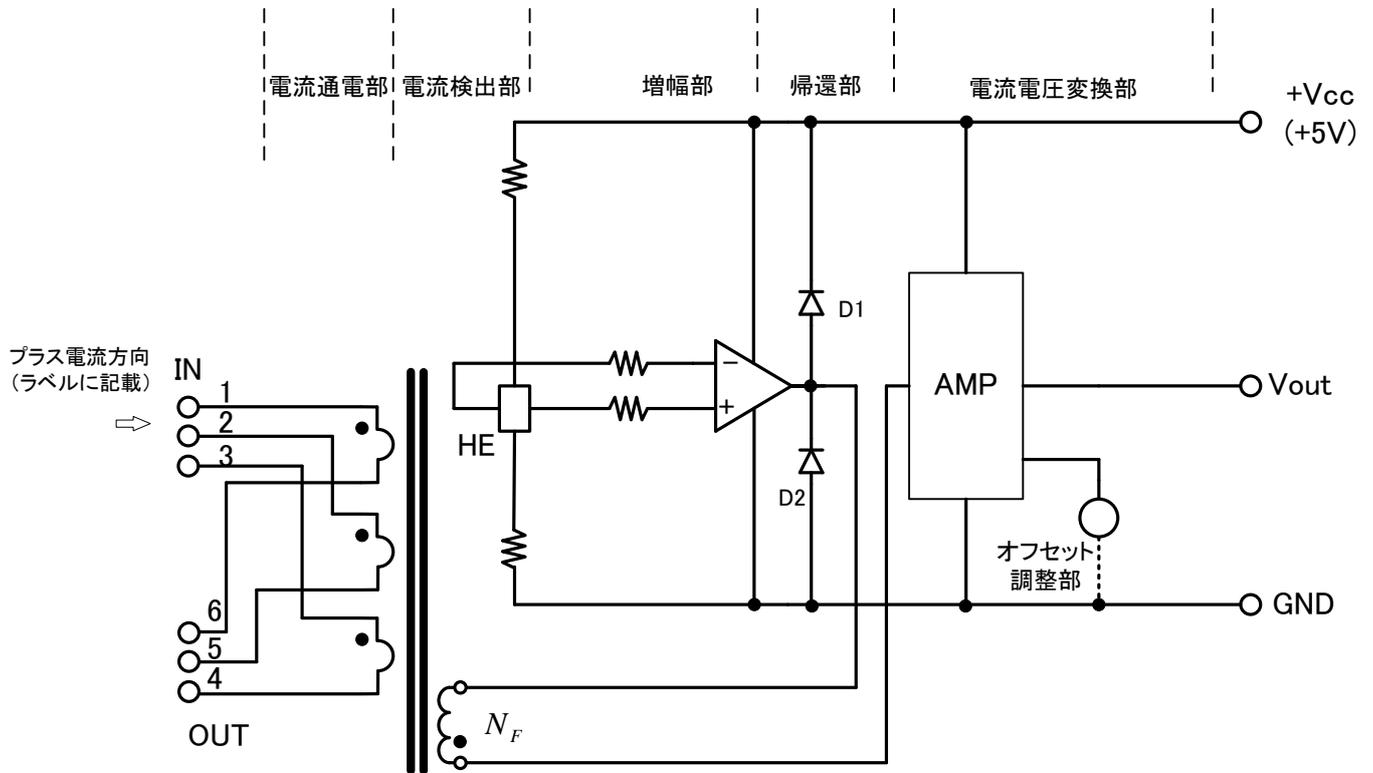


Fig2 S22P シリーズ 内部ブロック図

■ ブロック図の説明

電流通電部

電流通電部は、本体に内蔵したバスバーに被測定電流を通电して使用する。バスバーは3本内蔵してあり、それぞれが独立している。3本のバスバーは、配線を変えることで1ターン、2ターン、3ターンのバスバーとして使用できる。被測定電流をこのバスバーに通电することで内蔵コアに磁束を発生する。被測定電流によって発生する磁束は、高透磁率のコアに集中する。コアに磁気検出素子としてホール素子が挿入してあり、コアの磁束を検出して電圧変換する。

バスバーは、自身の抵抗成分により発熱する（銅損失）。周囲温度が最大値の場合においてもセンサの温度が規格値を超えないように通电電流の最大値を決定する。

センサの温度は、バスバーによる銅損失以外に、センサに内蔵したコアの鉄損失（コアの損失）で発熱する。それぞれの損失は被測定電流の大きさや周波数、電流波形などの条件により異なる。電流値の実効値が大きいくほど、また被測定電流の周波数が高いほど損失が多くなる。被測定電流に含まれる周波数成分が基本波以外の高周波成分を含む場合は、鉄損失がさらに増大するので、実際の電流での確認が必要である。

電流検出部

被測定電流（Primary input current）は、バスバーに通电する。これにより発生する磁束を、コアで集束して磁気検出素子（ホール素子 HE）に印加する。内蔵したバスバーの配線が1ターンの場合には、被測定電流によりコアに発生しようとする磁束は、被測定電流×1に比例する。一方、負帰還巻線には、被測定電流のほぼ $\frac{1}{N_F}$ の電流が流れて、被測定電流により発生する磁束と逆方向に磁束を発生しようとする。

負帰還巻線の巻数は N_F ターンであるので、コアの磁束は、相殺されてほぼ0となる。この負帰還巻線に流れる電流は、電流電圧変換部に送る。

磁気検出素子（ホール素子）は、被測定電流と負帰還巻線の電流とで相殺した微小電流に伴う正味の微小磁束を検出して電圧に変換する。変換した電圧は、増幅部に送る。

バスバーを2ターンの配線で使用した場合は、被測定電流により発生しようとする磁束をキャンセルする負帰還巻線の電流は、被測定電流の $\frac{2}{N_F}$ となる。バスバーを3ターンの配線で使用した場合には、同様のメ

カニズムで、負帰還巻線の電流は、被測定電流の $\frac{3}{N_F}$ に比例する。

負帰還巻線の電流は、電流電圧変換回路に送られて電圧に変換してから出力電圧となる。

増幅部 帰還部

増幅回路は、磁気検出素子（ホール素子）の出力電圧を増幅する。増幅回路からの電流は帰還回路へ送出する。帰還回路は負帰還巻線に電流を通電する。その結果、磁気検出素子⇒増幅回路⇒帰還回路⇒負帰還巻線⇒コア磁束⇒（磁気検出素子）というクローズドループを構成する。

Fig3 参照

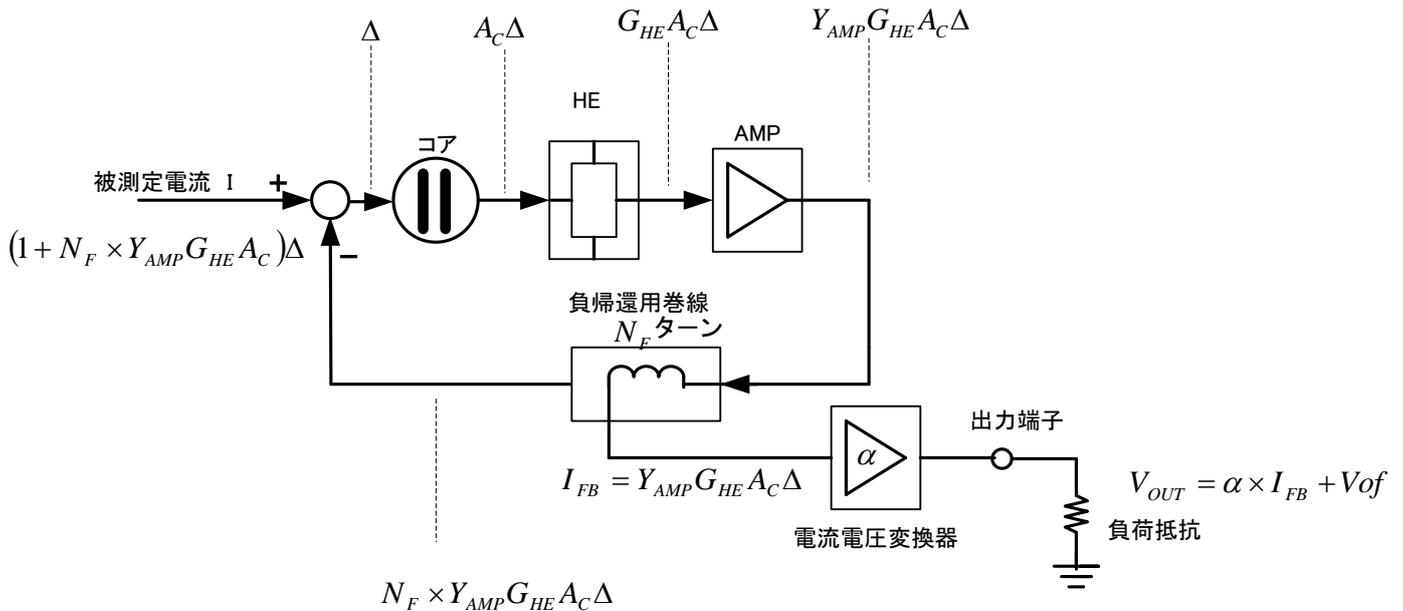


Fig3 クローズドループ ブロック図
(バスバーの配線は、1ターンの場合)

被測定電流 I は、負帰還巻線に流れる電流 I_{FB} により相殺され、等価的にコアを励磁する正味の微小電流 Δ となる。

この微小電流は高透磁率のコアによって $A_C \Delta$ なる微小磁束を発生する。微小磁束 $A_C \Delta$ をホール素子 HE により検出し電圧 $G_{HE} A_C \Delta$ に電圧変換する。さらに、この電圧を AMP で増幅して電流 $Y_{AMP} G_{HE} A_C \Delta$ に変換する。

電流 $Y_{AMP} G_{HE} A_C \Delta$ は、負帰還巻線に流れる (I_{FB}) となる。負帰還巻線は、巻数 N_F ターンであるからアンペアターンは、 $N_F \times I_{FB}$ になる。従って、被測定電流 I から $N_F \times I_{FB}$ を差し引いた結果、コアを励磁する正味の微小電流 Δ は式 1 と書ける。

$$\Delta = I - N_F \times Y_{AMP} G_{HE} A_C \Delta \tag{式 1}$$

$$I_{FB} = Y_{AMP} G_{HE} A_C \Delta \quad \text{式 2}$$

であるから、式 1 と式 2 から、出力電圧 I_{FB} と被測定電流 I の関係式 式 3 を得る。

$$\begin{aligned} \frac{I_{FB}}{I} &= \frac{Y_{AMP} G_{HE} A_C \Delta}{\Delta + N_F \times Y_{AMP} G_{HE} A_C \Delta} \\ &= \frac{1}{N_F + \frac{1}{\mu}} \end{aligned} \quad \text{式 3}$$

ここで、 $\mu \equiv Y_{AMP} G_{HE} A_C$

クローズドループ電流センサの μ は、非常に大きな値をとるから、出力電流精度 $\pm 1.6\%$ 以内の高精度を維持して、式 4 が成立する。

$$I_{FB} = \frac{1}{N_F} \times I \quad (\text{バスバーの配線が 1 ターンの場合}) \quad \text{式 4}$$

バスバーの配線が (n_{BUS} ターン) の場合は、 $I_{FB} = \frac{n_{BUS}}{N_F} \times I$ となる。

電流電圧変換部

電流電圧変換部は、負帰還巻線の電流 I_{FB} を電圧に変換する。式 4 から、 I_{FB} は、被測定電流 I に比例するから I_{FB} を電圧変換すれば被測定電流 I を電圧変換したことになる。

被測定電流はプラス方向とマイナス方向の電流があるので、電流電圧変換部はオフセット電圧 V_{of} を形成する。すなわち、電流電圧変換部は I_{FB} を式 5 で電圧変換して、出力電圧 V_{OUT} を出力端子から出力する。

$$V_{OUT} = \alpha \times I_{FB} + V_{of} \quad \text{式 5}$$

ここで、 V_{of} : オフセット電圧 (V)

α は、電流電圧変換部の利得 (V/A) である。

式 4 と式 5 から、被測定電流 I と出力電圧 V_{OUT} の標準的な関係は、式 6 となる。

$$V_{OUT} = \alpha \times \frac{1}{N_F} \times I + V_{of} \quad \text{式 6-1}$$

$$V_{OUT} = \frac{0.625}{I_f} \times I + 2.5V \quad \text{単位 (V)} \quad (\text{標準値}) \quad \text{式 6-2}$$

S22P シリーズ

式 6 の I_f は、定格電流値 (A) I は、被測定電流 (A) である。

オフセット調整部

オフセット電圧 V_{of} は、出力電圧の基準となる電圧であり被測定電流が 0A のときの出力電圧である。S22P シリーズの場合は、オフセット電圧の標準値は 2.5V である。

オフセット電圧が標準値 2.5V から偏差を持つ要因として、磁気検出素子であるところのホール素子 HE が、ホール素子のオフセット電圧を持つことが主要要因である。ホール素子のオフセット電圧とは、ホール素子に印加した磁束が 0 でも微小な電圧がホール素子から出力される。その微小電圧により発生する微小な出力電圧がオフセット電圧の偏差となる。オフセット電圧の偏差は、ホール素子以外に増幅部のオフセットも起因するが、これらを総合的にキャンセルして所定の偏差内に収まるように、オフセット調整部を製品出荷段階で調整している。

■アプリケーション

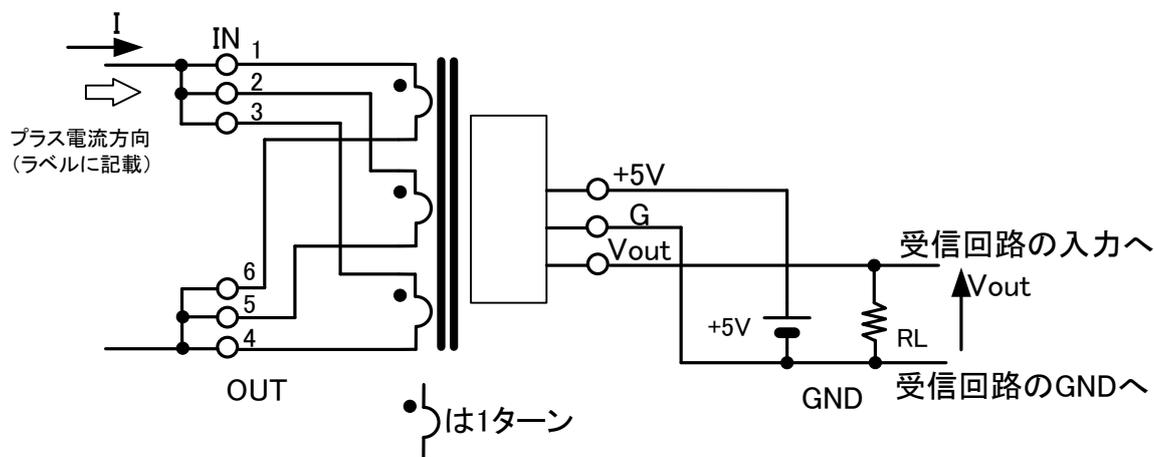


Fig5 アプリケーション（バスバーの配線は1ターンの場合）

[注意]

以下に示すアプリケーションの内容は、S22P シリーズ電流センサの保証規格ではない。すなわち、当社は以下に示すアプリケーションの精度や部品定数に伴う性能を保証しない。従って、実際の製品設計における回路や部品定数の選定については、安全性や特性の安定性をよく考慮いただき十分な評価が必要である。

基本動作

この電流センサは、被測定電流 I を出力電圧 ($V_{OUT} = \frac{0.625}{I_f} \times I + 2.5V$) 単位 V として出力する。 I_f は定格電流 (A) である。式中の 2.5V は、オフセット電圧の標準値である。原則として、負荷抵抗 RL は 10 k Ω を標準とする。

+5V 電源は、センサの消費電流にプラスして、負帰還巻線の電流 I_{FB} を供給できるだけの能力が必要である。

オフセット電圧

オフセット電圧 V_{of} とは、測定電流=0A のときの出力電圧である。オフセット電圧の標準値は 2.5V であるが S22P シリーズの場合は $\pm 0.015V \sim \pm 0.05V$ の偏差を持つ（アイテムより相違する）。オフセット電圧が 0.015V の場合、定格電流付近の電流を測定している場合は $\pm 2.4\%$ 以内の誤差要因となる。定格電流の 2 倍を測定する場合のオフセット電圧の影響は減少し $\pm 1.2\%$ 以内に誤差を圧縮できる。一方、定格電流の $1/2$ の電流を測定するとオフセット電圧による誤差は、 $\pm 4.8\%$ 以内という数値に増大する。

誤差をできるだけ少なくするためには、測定電流に適合した定格電流のセンサを選定する必要がある。必要以上に定格電流の高いセンサを選定すると、オフセット電流による測定誤差が増大する。

出力直線性

出力直線性とは、センサの入出力特性を近似する直線とセンサ出力との差異で、その差異のフルスケールに対する比率（%）を出力直線性 ε_L と定義する。Fig9 における測定点 J の出力直線性の算出式は式 9 である。

$$\varepsilon_L \Big|_J = \frac{\Delta_J}{V_o} \times 100 \quad (\%) \quad \text{式 9}$$

V_o : 定格出力電圧 (V)

Δ_J : 測定電流 I_J におけるセンサ出力電圧の近似直線との差電圧 (V)

I_f : 定格電流 (A)

I_J : 測定点 J の測定電流 (A)

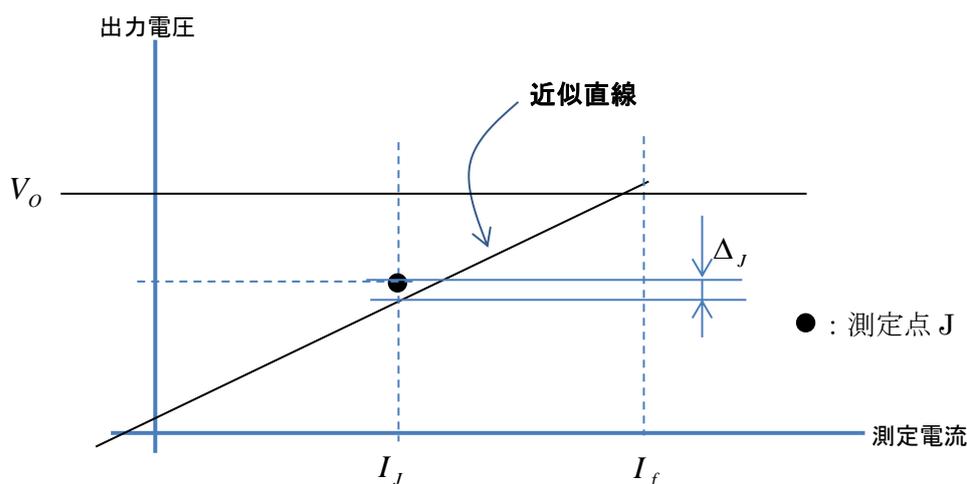


Fig9 出力直線性

ヒステリシス誤差

ヒステリシス誤差は、コアのヒステリシス特性により発生する。被測定電流が 0A の状態から定格電流まで増大した後再び 0A の状態に戻った時、出力電圧は元の値に対して最大 $\pm 0.5\text{mV}$ の差異が発生する。この差異をヒステリシス誤差と言う。

動作中に被測定電流が増減したとき、このヒステリシス誤差が発生する。誤差の量は被測定電流の変化量に関係する。増減の幅が大きいほどヒステリシス誤差は大きくなる。

総合検出精度 $\Delta_{TOTAL} \Big|_{t1 \leftrightarrow t2}^{lin}$

電流センサの総合検出精度を Table5、Table6 にまとめる。

Table4 S22P シリーズ 出力電圧精度の偏差項目

特に指定なき場合 Ta=25°C

NO	項目	記号	規格値 (max)			記事
			S22P006S05P S22P006S05M2	S22P015S05P S22P015S05M2	S22P025S05P S22P025S05M2	
1	出力電圧精度	X_G	±0.01V 以内			定格電流時
2	オフセット電圧偏差	ΔV_{of}	±0.05V 以内	±0.02V 以内	±0.015V 以内	
3	出力直線性	ε_L	±0.2% 以内			定格電流時
4	ヒステリシス誤差	V_{OH}	±0.0005V 以内			
5	出力電圧温度係数	$TcVo$	±0.00005V/°C			TcVof を除く
6	オフセット電圧 温度係数	$TcVof$	-10~+25°C ±0.0016V/°C +25~+85°C ±0.0008V/°C	-10~+25°C ±0.0006V/°C +25~+85°C ±0.0003V/°C	-10~+25°C ±0.0004V/°C +25~+85°C ±0.0002V/°C	

① 定格電流を測定している場合の総合検出精度

Table4 の各項目から定格電流 I_f を計測する場合の総合検出精度は、Table5 となる。

Table5 定格電流測定時の総合検出精度

周囲温度	精度 Δ_{TOTAL}		
	S22P006S05P S22P006S05M2	S22P015S05P S22P015S05M2	S22P025S05P S22P025S05M2
25°C	±1.8%	±1.8%	±1.8%
-25°C	±11.0%	±5.4%	±4.3%
+85°C	±10.0%	±5.2%	±4.2%

② 1/2 定格電流 $\frac{I_f}{2}$ を測定している場合の総合検出精度

Table4 の各項目から被測定電流 $\frac{I_f}{2}$ を計測する場合の総合検出精度は、Table6 となる。

Table6 1/2 定格電流測定時の総合検出精度

周囲温度	精度 Δ_{TOTAL}		
	S22P006S05P S22P006S05M2	S22P015S05P S22P015S05M2	S22P025S05P S22P025S05M2
25°C	±9.9%	±5.1%	±4.3%
-25°C	±31.9%	±12.9%	±9.4%
+85°C	±25.7%	±11.3%	±8.6%

電源

プラスマイナス電源は、センサの消費電流以外に内部の負帰還巻線の電流 I_{FB} を供給する。

$I_{FB} = \frac{I_{MAX}}{2000}$ である。従って、それらを含んだ電流を供給できるだけの式 10 に示す十分な電流供給能力が必要である。

$$I_{+5} \geq I_{CC} + \frac{I_{MAX}}{2000} + \frac{V_o \max}{RL} \quad (A) \quad \text{式 10}$$

I_{CC} : 12.5mA_{typ}

RL : 負荷抵抗 (Ω) 10 k Ω 標準

I_{MAX} : 被測定電流の最大値 (A)

S22P シリーズ

$V_o \text{ max}$: 出力電圧の最大値 (V)