

電流センサー
ホール効果閉ループ技術について

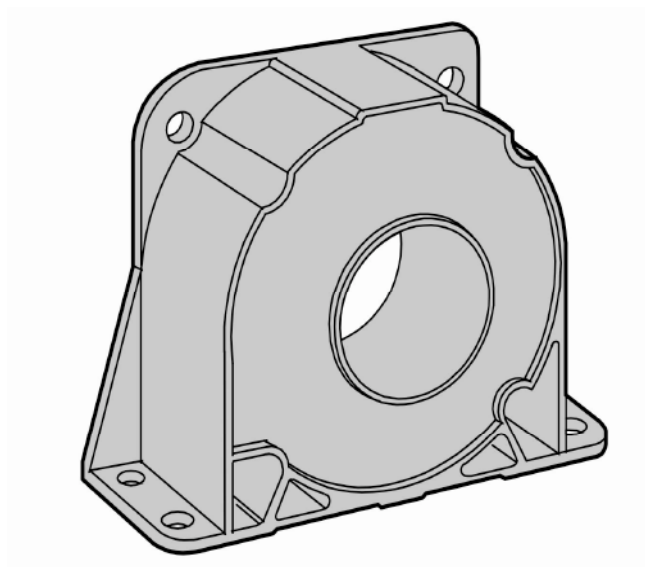


ABB Control

はじめに

このドキュメントは我が社の電流センサーを正しく使うための主な要点を述べている。ABB コントロールのすべての電流センサーにあてはまる機能的な原理と一般事項だけを扱う。

このドキュメントで述べる情報は非常に一般的なもので、契約には使えない。正式で保証された値はカタログまたはデータシート内で与えられる。

性能を上げるために製品は常に改良されており、情報はこのドキュメントが公表されたときだけ正しい。

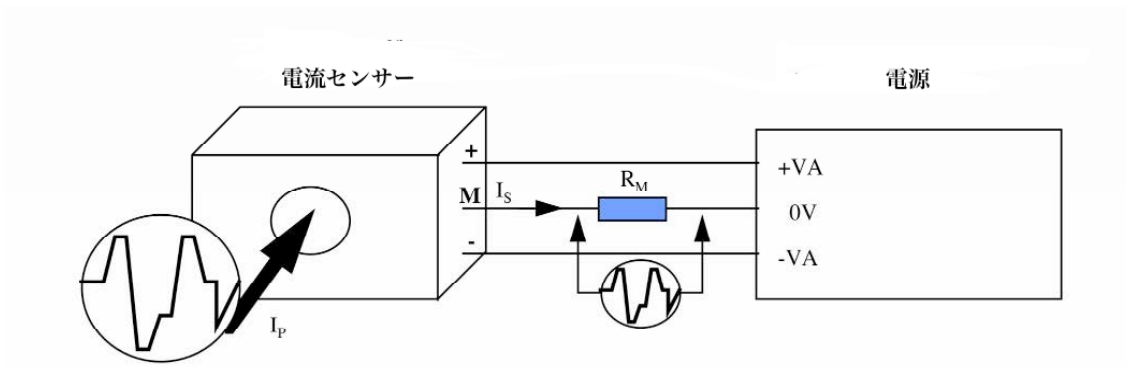
目次

1 機能	4	6-d 過負荷	13
2 測定原理	5	6-e 精度	15
2-a 一般説明	5	6-f 遅延時間	17
2-b 詳細説明	6	6-g di/dt	17
2-c ES1000 の例	6	6- 一次電流の周波数	18
3 電子基板	7	6-i 消費電流	18
3-a 動作原理	7	6-j 二次抵抗	19
3-b 設計	7	6-k 誘電強度	19
3-c MTBF	8	7 熱特性	20
4 センサーの結線	9	7-a 動作温度	20
4-a 双方向電源	9	7-b 保存温度	20
4-b 一方向電源	9	7-c センサーの設置	20
4-c スクリーン	9	7-d 一次導体	20
4-d 負荷抵抗の計算	10	8 外部からの影響	21
5 機械特性	11	8-a 磁場	21
5-a 筐体	11	8-b EMC	21
5-b 樹脂充填センサー	11	8-c 他の影響	21
6 電気特性	12	9 センサー検査レベル 1	22
6-a 定格	12	9-a オフセット電流	22
6-b 電源	12	9-b 消費電流	22
6-c 測定レンジ	12	9-c 精度	23
		9-d 保護	24

1. 機能

ABB コントロールの電流センサーは直流から数十 kHz までのすべての電流を測ります。一次電流(I_p)と測定信号(I_s)は電氣的に絶縁されている。

この測定信号（普通 100~400mA）は一次電流に正確に比例しており、負荷抵抗により電圧（普通数 V）に変換される。



- I_p = 一次電流
- I_s = 二次電流
- R_M = 負荷抵抗
- +VA = 電源プラス電圧
- VA = 電源マイナス電圧
- 0V = 電源ゼロ電圧

正確な電流メータで直接測定電流 I_s を測るならば測定抵抗 R_M を省くことができる。

2. 測定原理

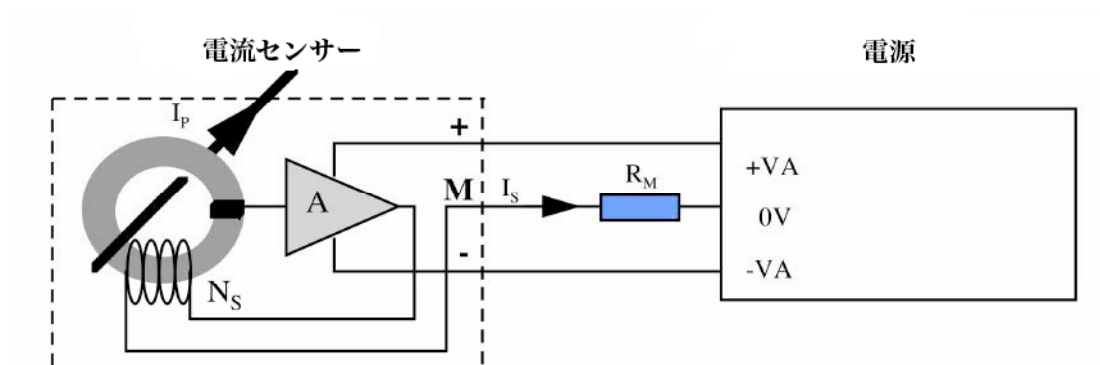
2-a 一般説明

一次電流を測るには一次導体がセンサーを貫通している必要がある。この電流が磁束を生じ、この磁束は次式の二次巻線により正確に打消される。

$N_p \cdot I_p = N_s \cdot I_s$ ここで N_p は普通 1 で N_s は二次巻線の巻数。そこで一次電流に比例する電圧を得るには出力電流（測定信号）を測定抵抗に流す。

一次束の永久打消し（「ヌル束」として機能）により次のことが可能となる。

- 一次電流のほとんどの負荷を引き受ける。
- 一次電流の大変動に追随し、測定できるようになる。
- 広範囲の温度に対して非常に正確な測定が可能。



I_p = 一次電流

I_s = 二次電流

R_M = 測定抵抗

$+VA$ = 電源プラス電圧

$-VA$ = 電源マイナス電圧

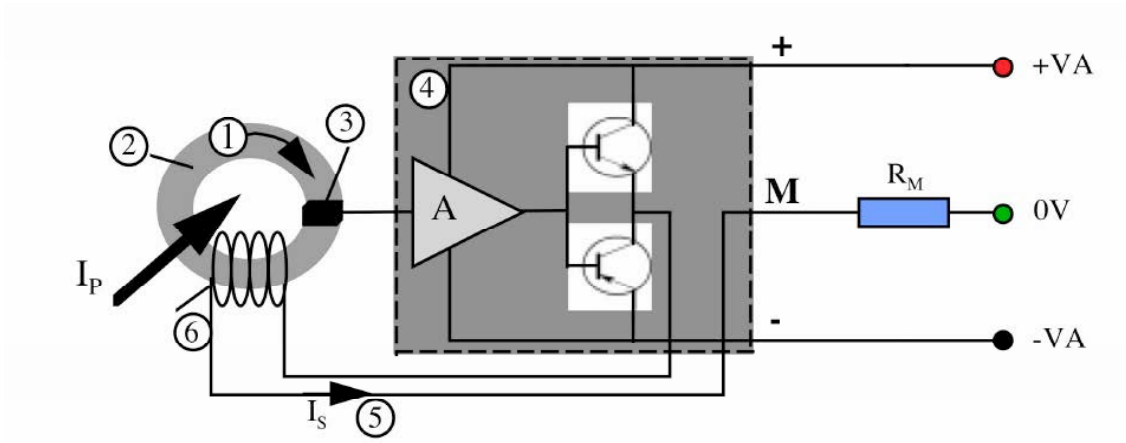
$0V$ = 電源 $0V$

N_s = 二次巻線

A = アンプ

2-b 詳細説明

センサーを貫通する一次電流は一次磁束①を発生させる。この磁束は磁気コア②に集中する。コアの空隙内に置かれたホール・プローブ③がこの磁束①に比例した電圧（数ミリ V）を検出する。ボード④がこの小さな信号を増幅し、二次電流⑤が得られる。この二次電流に二次巻線の巻数⑥を乗じたものが次の式による一次磁束をちょうど打ち消す。 $N_p * I_p = N_s * I_s$ 。この式はどんなときも成り立つ。Transtronic 電流センサーは瞬間値を測定する。そこで出力電流 I_s ⑤はいかなるときも一次電流に正確に比例している。



2-c ES1000 センサーの例

$$N_p = 1 \text{ (センサー孔を一回通過)}$$

$$N_s = 5000$$

$$I_p = 1000 \Rightarrow I_s = 200\text{mA}$$

$$I_s R_M = 10 \Omega \Rightarrow V_M = 2 \text{ V (} I_p = 1000\text{A のとき)}$$

3 電子基板

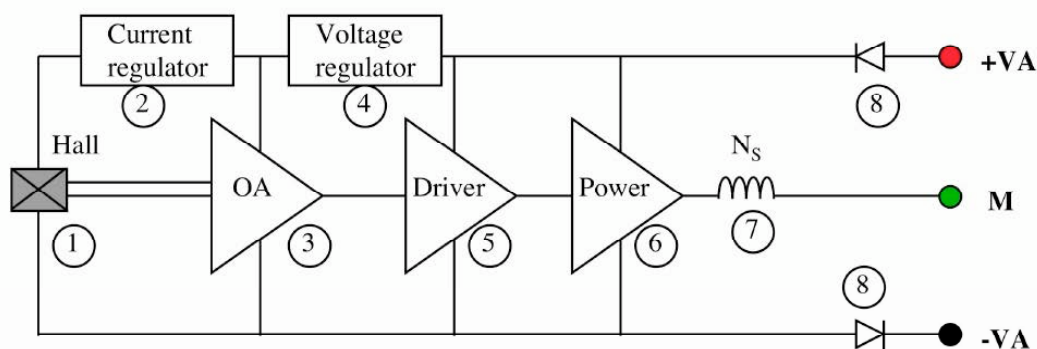
3-a 動作原理

一般的な設計図を下に示す。普通の電源がすべての部品にエネルギーを供給する。様々なモードで働くオペアンプ③に供給する電圧をレギュレートするために電圧レギュレータ④が必要です。定格にしたがった電源がセンサーに供給されればこの機能は必要ない。

定常電流で働くホール・プローブ①、電流レギュレータ②の機能はすべてのセンサー内にある。

ホール電圧のどんな変動でも直ちに増幅される③。「ドライバ」段⑤はオペアンプ③の出力電圧を電流に変換する。この電流は出力プッシュプル段⑥で増幅され二次電流を二次巻線 N_s ⑦に供給する。

必要ならば、電源を間違えて結線した場合にセンサーが破壊するのを防ぐためにダイオード⑧が付けられる。



3-b 設計

工業用、車両用電流センサーは主要規格とつぎの関連仕様を考慮している。関連仕様：

* 物理的仕様

- ・絶縁耐力
- ・クリアランスディスタンス
- ・表面漏れ距離
- ・CTI
- ・火災／煙
- ・振動
- ・チョック

* 電子部品の仕様

- ・劣化
- ・能動部品結合部の最高温度
- ・EMC

* 一般項目

- ・センサー (3-c) の MTBF
- ・CE マーキング
- ・型試験

3-c MTBF

平均故障間隔 (MTBF) はセンサーの信頼性を予測する基本要素であり、ABB コントロールは次のようなパラメータを考慮してこの値を決めている。

- ・ 公称電流 (I_{PN})
- ・ 巻数比 (N_p/N_s)
- ・ 最大公称電圧 (V_A)
- ・ 平均使用温度 (+40°C)
- ・ 使用目的 (例: 地上車)

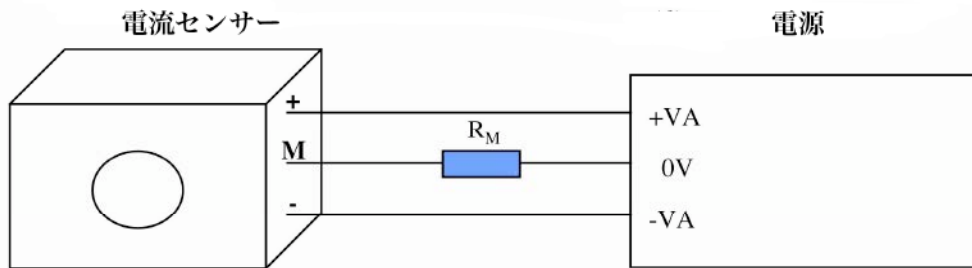
この値 (時間) の計算は RDF93 にもとづく。

4 センサーの結線

ごく稀な場合には、スイッチング電源がセンサーの誤動作の原因になることがある（間違った測定値、不安定）。このような場合、レギュレーション電源を使うと誤動作が防げる。詳細は技術カタログを見てください。

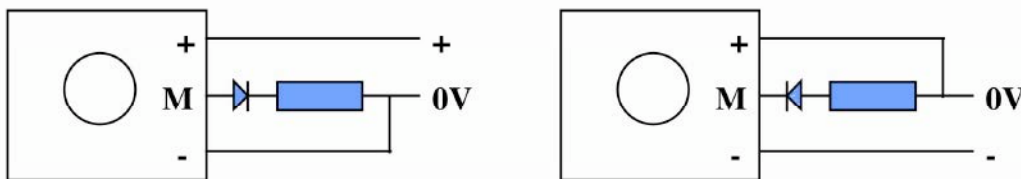
4-a 双方向電源

交流の一次電流（例えばモーターの位相電流）を測る必要があるときは双方向電源が必須です。

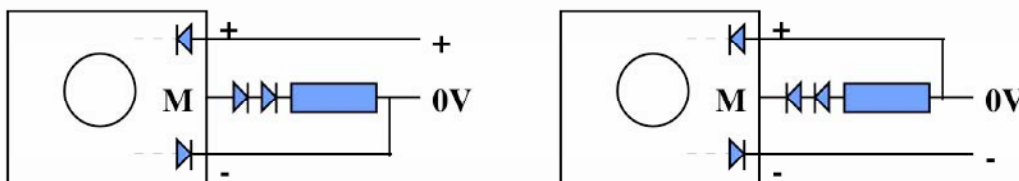


4-b 一方向電源

直流の一次電流（例えば直流の電流モーター）を測るには一方向電源が必要です。この場合、センサーのオフセット電流を補正するための測定抵抗と直列につないだダイオードが必要です。とくに測定電流がセンサーの定格に比べて小さいときは必要です。



電源の極性間違いに備えるダイオードなしのセンサー



電源の極性間違いに備えるダイオード付きのセンサー

4-c スクリーン

電流センサー内の電気スクリーンの目的は、電力半導体（例：GTO、IGBT）のスイッチングによる電圧（ dv/dt 、コモン・モード電圧）の急激な変動の影響を少なくすることです。

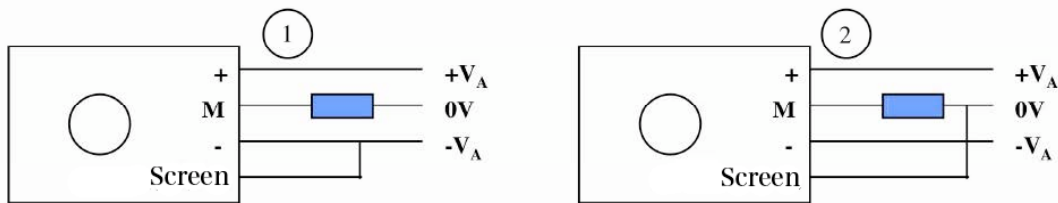
このスクリーンがないと出力信号は間違った値を示す。

次のような二つのモードでこのスクリーンを結線できる。

- ①電源の $-V_A$ に

②電源の0Vに

どの結線方法でも結果は同じです。



4-d 負荷抵抗の計算

測定抵抗の値が測定範囲を決める（6-c を見てください）。

この抵抗値は次の式で計算される。

$$R_M = \frac{V_A \text{ min} - e - R_s * I_s \text{ max}}{I_s \text{ max}}$$

ここで

- $V_A \text{ min}$ = 電源供給電圧（正または負）これから電源の許容範囲を差し引く。
- e = センサーの電力トランジスタ内での電圧降下。
- R_s = センサー二次巻線の抵抗（最高温度のとき）
- $I_s \text{ max}$ = 一次電流が $I_p \text{ max}$ のときの二次電流の値

R_M を計算後、次の式により選択されたセンサーが適しているかを確認する。

$$V_A \text{ min} \geq R_s * I_s \text{ max} + e + R_M * I_s \text{ max}$$

もし式が成り立たなければ、次の三つの方法がある。

- 高電圧の電源を使う
- 測定抵抗の値を小さくする
- R_s 値の小さいセンサーを使う（例：ES100 センサーを ES300 に替える。）

完全な説明が技術カタログの最後にあります。

5 機械仕様

5-a 筐体

- ・車両用電流センサー

ABB コントロールで作られるすべての車両用電流センサーは自消性であり、UL94V-0 プラスチックを使用している。

センサーは筐体またはもし使われていれば一次棒に固定される。

- ・工業用電流センサー

ABB コントロールで作られる多くの工業用電流センサーは自消性であり、UL94V-0 プラスチックを使用している（詳細は代理店に聞いて下さい）。

- ・すべてのセンサー

センサーの筐体に接触している一次導体の温度は絶対 100℃（ある型のセンサーでは 80℃）を越えてはいけない。

5-b 樹脂充填センサー

ABB コントロールで作られる電流センサーの多くは樹脂で固められています。

これにより

- ・センサーの内部損失の改良
- ・強い機械振動に対する耐性の増大
- ・電子基板（樹脂で覆われているとき）の寿命の増大
- ・絶縁耐力の増大

が達成されます。

6. 電気特性

6-a 定格

カタログまたはデータシートでは記号 I_{PN} を使う。

センサーに付いている定格はセンサーが耐えることができる永久 r.m.s. 電流の最大値です。センサーはこの熱電流に永久的に耐える寸法になっている。ある特性、特に次の特性を犠牲にすればこの電流を増やすことができる。

- ・最大動作温度
- ・供給電圧

6-b 電源

カタログまたはデータシートでは記号 V_A を使う。

センサーは技術カタログまたはデータシートに定めてある範囲内の電圧を受け付ける。例えば $\pm 15 \sim \pm 24V$ ($\pm 10\%$) は $\pm 13.5V$ から $\pm 26.2V$ まで動作することを示す。 $\pm 26.2V$ を越えると部品の劣化が起こり、センサーの信頼性は落ちる。

$\pm 13.5V$ 以下では、オペアンプは正常に動作せず、間違った値を出す。

電源を間違えて逆に付けた場合のセンサーの破損を防ぐためにダイオードが標準で（または要望により）付いている。

6-c 測定レンジ

カタログまたはデータシートでは記号 **A. d. c.** を使う。

ABB コントロールの電流センサーは定格値以上の電流が測れる。この最大測定電流は次のようになる：

$$I_p \text{ max} = \frac{V_A \text{ min} \quad N_s}{R_s + R_M \quad N_p} * \text{----}$$

ここで

$I_p \text{ max}$ = 最大測定電流

$V_A \text{ min}$ = 寿命短のときの電源電圧

R_s = センサーの二次抵抗

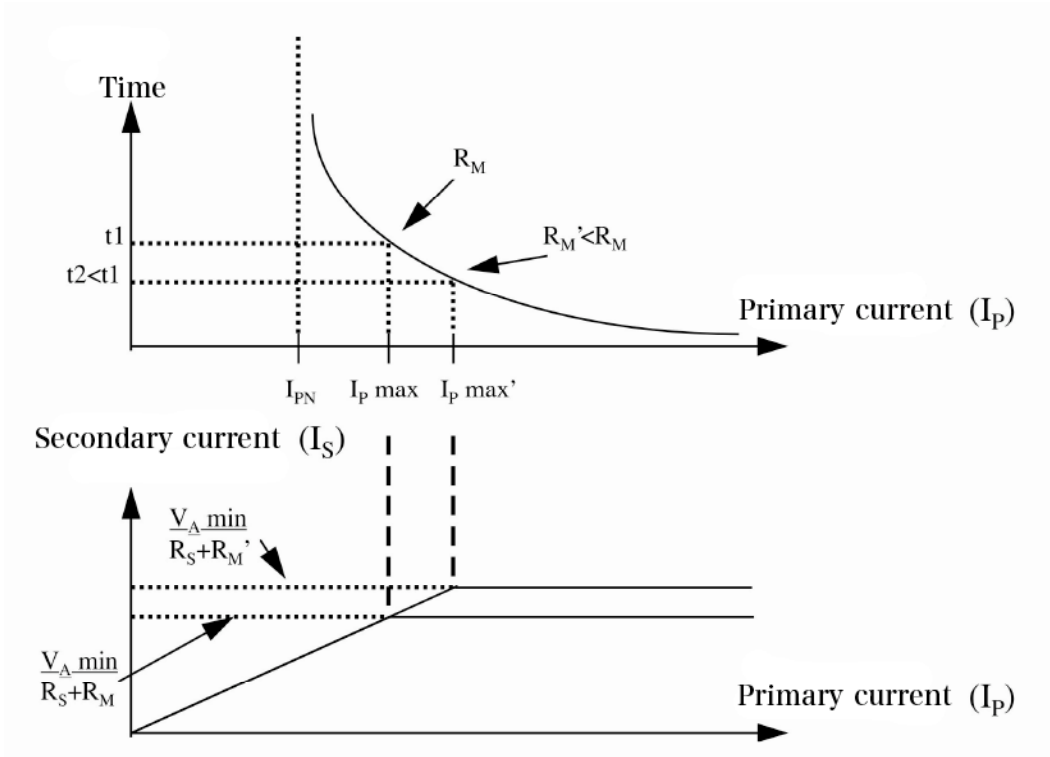
R_M = 測定抵抗

N_s = 二次巻線数

N_p = 一次巻線数

この最大測定電流のときの寿命も考慮する必要がある。測定電流が大きいほど寿命は短い。

次の図は $I_p = f(\text{time})$ の曲線である。



カタログ、データシートの中では、上の曲線の一点しか記述していない。測定抵抗を減らせば、測定レンジは広がる。と同時にこの最大電流を測定出来る時間は短くなる。多くの電流センサーは最小 0Ω の測定抵抗を測定できる。

この測定レンジは常に次のような要素を考慮して計算される (4-d を見てください)。

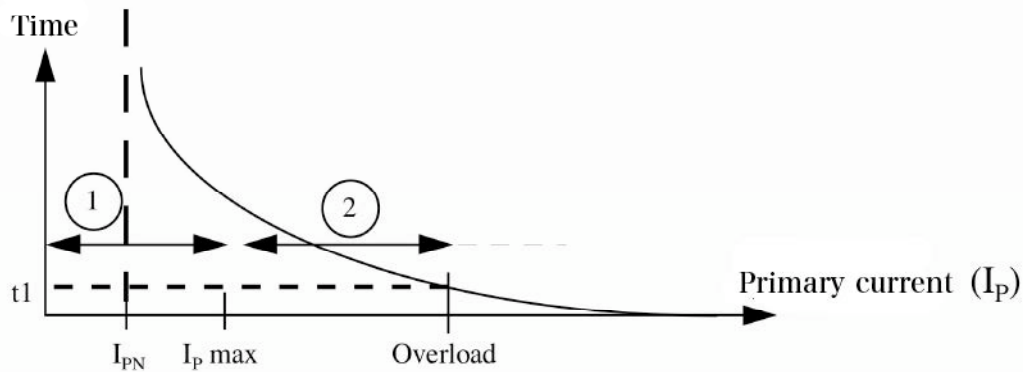
- 動作温度 = 最大定常
- R_S = 最高温度のときの R_S
- V_A = $V_A \min$ (低寿命)
- 一次導体の最大温度 $\leq 100^\circ\text{C}$
- 測定抵抗 R_M

一方向で供給されるセンサーは双方向電圧が供給されるセンサーより測定レンジが広い。一方向電源では $V_A \min$ は双方向電圧の二倍 ($2 * V_A \min$) に達する。

6-d 過負荷

カタログまたはデータシートでは記号 **A** を使う。

測定レンジ① (次図) を越えてもセンサーは破損せず、まだ一次電流を増やすことが出来る。この電流は**測定できず**②、これ以降のように寿命はますます短くなる。



これらの過電流が続かなければ、カタログやデータシートに示す過負荷値を越えることはない。

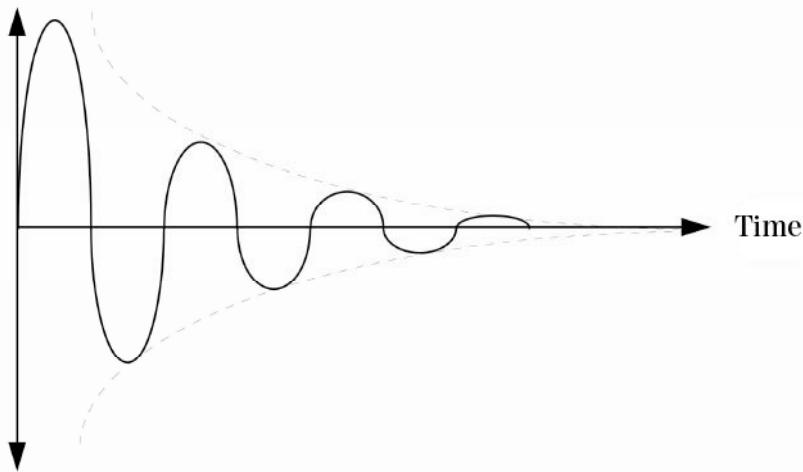
電源のプラスマイナス間違え結線防止用ダイオードのあるセンサー（4章を見てください。）は、ダイオードのないセンサーにくらべて内部過負荷容量が少ない。

過電流が大きくなると、センサーには次のような影響が現れる。

- ・磁気コアの磁化

この場合、測定値よりオフセット電流が大きくなる。コアの磁気を打消すには次のような形の 50Hz の一次電流を印加する。

Primary current (I_p)



この一次電流を印加中、電源電圧は加えない。

- ・電源電圧

電源逆接続保護ダイオードのないセンサーでは、一次電流の過負荷が大きいと、二次巻線が発電機になる。センサーは繋いだ電源よりも大きい電圧を発生する。センサー端子（VA+、VA-間）の電圧は大きくなるが、大きくなる速度は電源のフィルタ容量による。一定の電圧を超えるとセンサーの内部ダイオードが非常に短時間（数 ms）でセンサーを守り始める。その時間を過ぎると、内部ダイオードは壊れ、内部電圧は上昇する。そこで電流センサーの過負荷に対する電源出力フィルタ容量値が重

要となる。

6-e 精度

ホール効果電流センサーの精度は常に定格電流 I_{PN} で決まる。

それは次のような式で求められる。

$$\text{Accuracy (\%)} = \frac{k \cdot I_{SN} - I_{PN}}{I_{PN}} * 100 \quad \text{ここで } k = N_S/N_P$$

精度にはつぎのパラメータが含まれる。

- ・オフセット電流
- ・線形性
- ・熱ドリフト
- ・オフセット電流

カタログ、データシートでは記号 I_{so} で示す。

閉ループホール効果センサー内では、基本的公式である $N_p * I_p = N_s * I_s$ が正確には成立しない。事実一次電流がゼロのときでさえ、正または負の小電流が出力信号に含まれる。この電流はオフセット電流または残留電流と呼ばれる。

これは、ホール素子および電子基板のオペアンプが完全でないからです。

この電流 I_{so} は製造時最小に調整できる。調整は $+25^\circ\text{C}$ 、 $I_p = 0$ で行われる。製造を離れた各センサーはそのセンサーに対する許容度内のオフセット電流を持つ (例えば $\pm 0.25\text{mA}$)。 $+25^\circ\text{C}$ における残留電流を考慮すれば、センサーの測定精度は一次電流の関数で次のようになる。

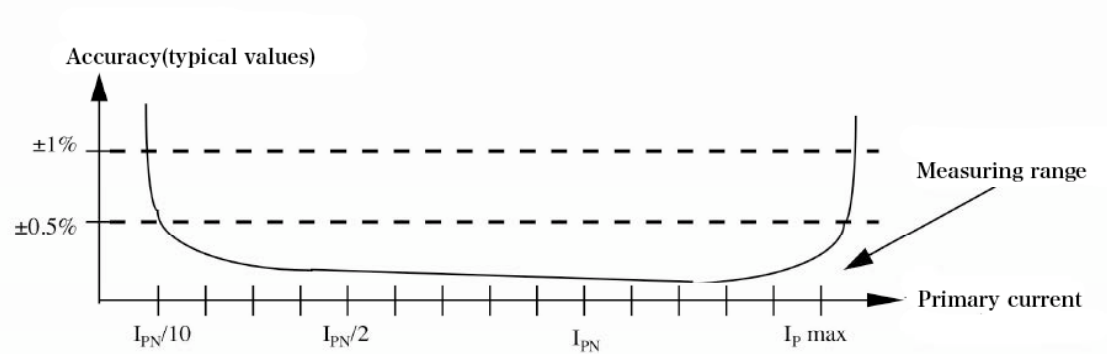


ABB コントロールの技術ドキュメントに書かれている精度は、コアの不測の磁化によるオフセット電流の増加を考慮している (6-d を見よ)。

このオフセットのため、この技術では数アンペア以下の定格を持つ電流センサーを設計することはできない。

$N_p * I_p = N_s * I_s$ から、一次電流は $I_p = (N_s/N_p) * I_s$ となる。

一般的には $N_p = 1$ であるので $I_p = N_s * I_s$ です。小さい定格では N_s は 1000 に近いことが多い。

そこで $I_p = 1000 * I_{so} \Rightarrow I_p \approx 2.5\text{A}$ となる。一次電流を正確に測定するには電流はこの約 10 倍大きい必要がある。そこでセンサー ($N_p = 1$ のとき) の最小定格は 20 から 25A となる。

・線形性

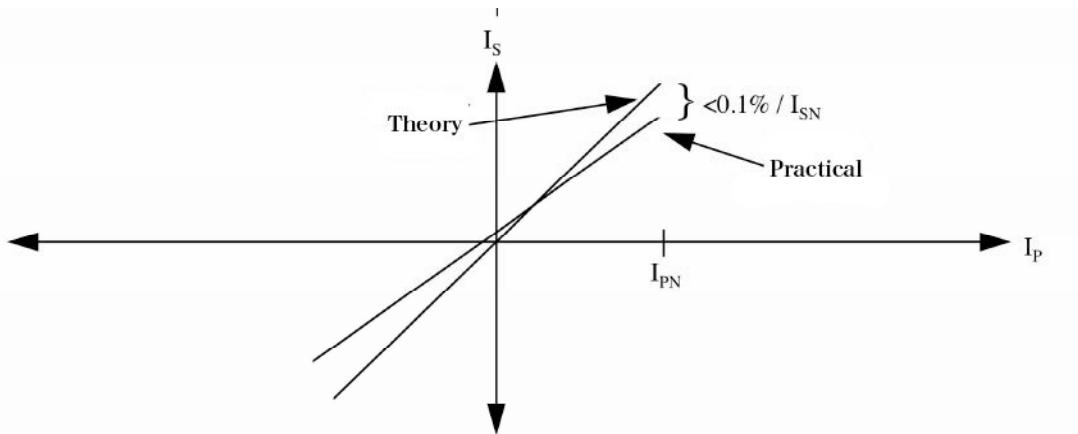
この特性は 0 から $I_p \text{ max}$ までの電流に正確に比例する出力を得るためのセンサー容量を決める。

この技術で使われている閉ループのために、電流センサーの線形性は 0.1%よりはるかに良い。したがって標準的な生産設備では測定できない。計算するときもこのパラメータは無視できる。

線形性にはつぎの誤差が含まれる：

- ・二次巻線の巻数
- ・アンプの線形性

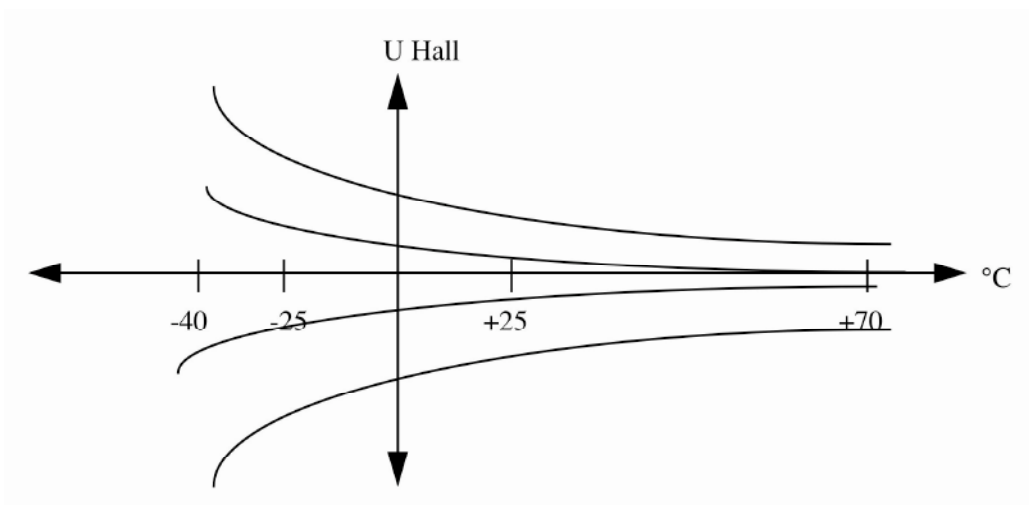
この誤差は定格電流で定義される。



・熱ドリフト

カタログやデータシート内の記号の単位は/°Cです。

+25°Cで確定したオフセット電流は主にホール・プローブで変わる周囲温度により変動する。事実ホール・プローブにより供給される電圧は周囲温度により次のように変動する。



Iso の最大偏差を考慮することが大事で、これは定格二次電流から次のように計算される。

$$\Delta I_{so} = | \text{temp max} - 25 | * I_{sN} * \text{catalogue value}$$

CS2000BR センサーを例にすると：

$$\Delta I_{so} = | -40-25 | * 400 * 0.5 * 10^{-4} = 65 * 400 * 0.0005$$

$$\Delta I_{so} = 1.3\text{mA}$$

すべての温度レンジ内で残留電流 I_{so} は最大±1.3mA 変動する。特に一次電流が小さいと精度は落ちる。

精度に関する一般見解：

次のときセンサーの測定精度は高くなる。

- ・一次導体がホールの真中にある。
- ・一次導体が完全にホールを塞いでいる。
- ・測定電流が定格値に近い (+25°Cでは $I_{pN} / 5$ のとき正確に測定できる)。あるときは一次電流を増やすため一次巻数を増やして、センサーの定格に近づけることができる。

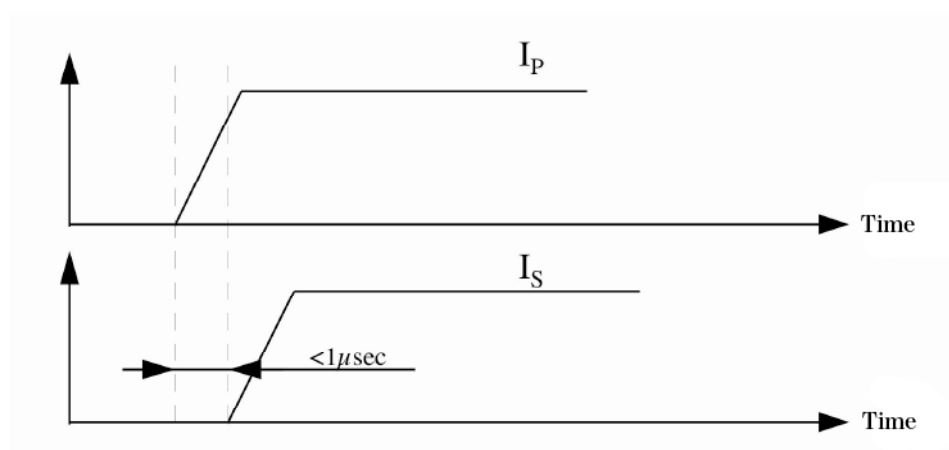
例えば：100A のセンサーで 10A を測るには一次巻線数を 9 にすると精度が良くなる。(1 巻線数 = 2 交差、 $N_p = 2$; 2 巻線数 = 3 交差、 $N_p = 3$ など)。

- ・オフセット電流はプロセスにより補正することができる。(例えばドライブ起動)

注意：測定抵抗 R_M を使うときは精度の高いものを選んで下さい (普通 0.1% ~ 0.5%)

6-f 遅延時間

他のすべてのセンサーのように電流センサーは遅れを持って電流変化に応答る。ここで使っている技術では 1μ 秒以下の応答時間ですから、多くの工業用・車両用アプリケーションにとって瞬時的なものです。



6-g di/dt

この特性はマイクロ秒あたりのアンペア ($A/\mu\text{sec}$) で表せる一次電流の変化が大きいときに、正しく測るためのセンサー容量を示す。スタンドアロンでは閉ループ・ホール効果技術を使った電流センサーは一次電

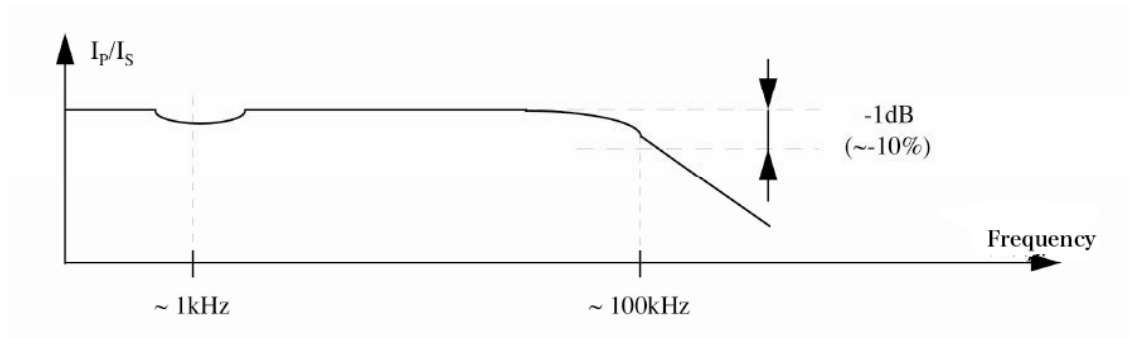
流の変化が約 500A/ μ 秒でも正しく追従できる。

複雑な環境に組み込まれているセンサーは同じようにはいかず、高い di/dt に影響される可能性がある。
ホール・センサーを完全に塞いだ一次導体が最良の動特性を示す。

6-h 一次電流の周波数

電流センサーは一次電流の最適な周波数で常に良好に動作する。最大周波数を越えると、出力信号はもはや一次電流には比例しない。ABB コントロールのセンサーは周波数レンジ内では-1dB (約 10%) の精度です。

次の曲線は電流センサーの周波数応答を示す。



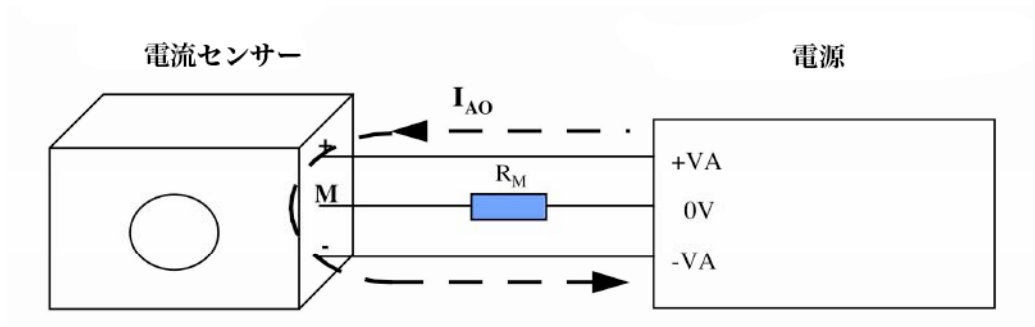
1000Hz 近辺 (周波数範囲内で di/dt が大きいとき) の「くぼみ」はセンサー・モードと電流変換モードの切り替えのために起こる。事実この周波数を越えると一次電流の変動に正確に追従するのは磁気回路だけとなる。ABB コントロールのセンサーではこの切り替えモードによる変動は非常に小さい。非常に大きいセンサー ($I_{pN} \geq 3000A$) は小さいセンサーに比べて周波数レンジが狭い。

6-i 消費電流

カタログやデータシート内では無負荷電流を I_{A0} で示す。

一次電流がないときでも電子基板に供給するために小電流を消費する (第 3 章をみてください)。

この電流は出力電流に加わることなく常に +VA 極から -VA 極に流れる。



電流センサーの全消費電力は：

$$P_{total} = I_{A0} * 2V_A + (I_s * V_A) * 2$$

6-j 二次抵抗

カタログやデータシート内では記号 **Rs** で示す。閉ループホール効果電流センサーは次の項目によって決まるセンサー抵抗を持つ巻線からなる。

- ・材料
- ・線の直径
- ・巻数
- ・センサーの寸法
- ・周囲温度

この抵抗はセンサーの測定容量を決める（6-c を見てください）。

この値は常にセンサーの最高動作温度のとき得られる。°Cあたり 0.44%変動する。

例：

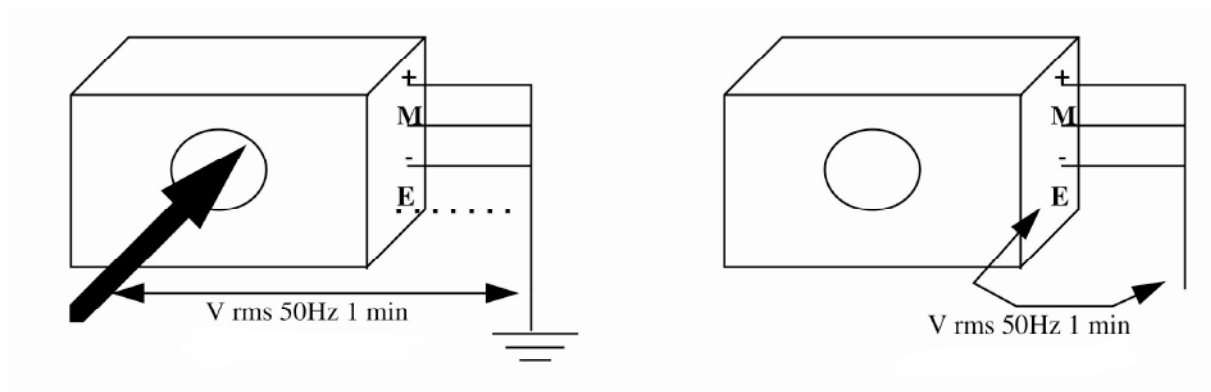
$$R_s = 70^{\circ}\text{C} \text{ のとき } 100\ \Omega \text{ ならば } +80^{\circ}\text{C} \text{ では } 104.4\ \Omega$$

6-k 誘電強度

この特性はセンサーの一次側（一次導体）と二次側（電源および測定信号）の間の絶縁容量を決める。

測定は1分間の $V_{\text{rms}50\text{Hz}}$ で測る。

この誘電強度の測定原理を下に示す。



テスト P/S + スクリーン接地

S/スクリーン

7 熱特性

7-a 動作温度

センサーの最も基本的特性の一つです。事実、動作温度レンジは次のような特性を決める。

- ・ 不変定格電流
- ・ 信頼性
- ・ 最大測定レンジ
- ・ 全体の測定精度

ABB のセンサー特性は測定レンジ内のすべての温度に対応する。最低・最高温度は普通不変です。

7-b 保存温度

センサーは一定の温度レンジ内で保存するよう設計されている。このレンジ外で保存されて、このレンジを大幅に越えた温度でのセンサー「起動」は保証しない。このことは車両が電源供給なしで厳しい温度に曝されているときに非常に重要となる。車両は直ちに正しくセンサーを起動する必要がある。

7-c センサーの設置

センサーの熱を最も良く排熱するためにはセンサーの設置に関する ABB コントロールの提案に従うように薦める。

一般的にはセンサーまたは一次導体の熱が自然対流により排熱されるようにセンサーを設置すべきです。

7-d 一次導体

一次導体（ケーブルまたはバー）の寸法が良ければセンサーの内部熱容量が正確に決まる。一次導体の寸法により、同じようなセンサーでも測定電流容量が異なる。

すべての場合次のことが薦められる。

- ・ 低電流密度（ $\leq 2 \text{ A/mm}^2$ ）の一次導体を選ぶ。
- ・ センサーのケースに一次導体を接触させない。
- ・ バーを垂直（縦長）に設置する（バーを使うとき）。

8. 外部からの影響

8-a 磁場

一次導体の磁場を使う閉ループ・ホール効果電流センサーは一次導体の外部に磁場があっても測ることが出来る。そのときは外部からの磁場により乱されるので測定値は正しくない。

ホール効果センサーの機能を妨げる外部要因は次のとおりです。

- ・センサー近くの外部電流（とくに帰還電流）の最大値。
- ・外部電流の周波数
- ・外部導体とセンサー間の距離
- ・外部導体とセンサー内ホール・プローブの位置
- ・外部導体の形状
- ・センサー取付け用材料の種類（磁性か非磁性か）
- ・電流センサーのバージョン

センサーの取付け説明書には外乱を最小にするための最良の取付け条件が記されている。

この件についての詳しい情報は代理店または ABB コントロールまで問合せください。

8-b EMC

96 年 1 月 1 日より、ABB コントロールのすべてのセンサーは CE マーキング EMC 指示による ECM テストに合格しています。

・放射

ABB コントロール製造の閉ループ・ホール効果電流センサーはいかなる放射・伝導性放射もしません。

・免除

CE マーキングによるテスト項目は以下のとおりです。

- ・IEC1000-4-2（静電的荷電）
- ・ENV50140（高周波の電磁場）
- ・IEC1000-4-4（急激な過渡変化）
- ・ENV50141（導電性摂動）
- ・IEC1000-4-8（50Hz ネットワーク磁場）

この件についての詳しい情報は代理店または ABB コントロールまで問合せください。

8-c 他の影響

使用する電流センサーのモデルによっては、つぎのような項目に影響される。

- ・コモンモード電圧（4-c をみてください）。
- ・周囲温度
- ・di/dt
- ・過負荷

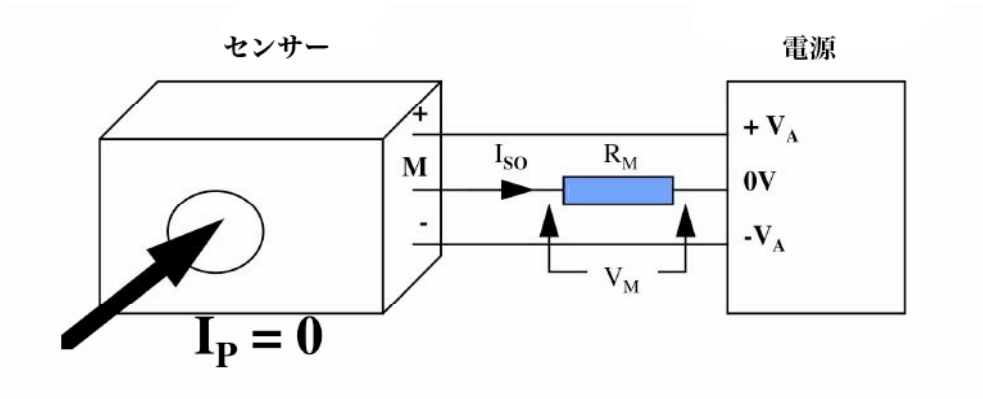
9 センサーの検査レベル 1

9-a オフセット電流

オフセット電流は次の条件で測定します。

- $I_p = 0$
- 周囲温度 $\approx +25^\circ\text{C}$
- 電源供給 ($\pm V_A$)

センサーの取付けを下に示す。



電圧 V_M (正また負の値) は次のようになる。

$$V_M \leq R_M * I_{so}$$

ここで

R_M = アプリケーション中の測定抵抗

I_{so} = センサー・データ・シート内の値

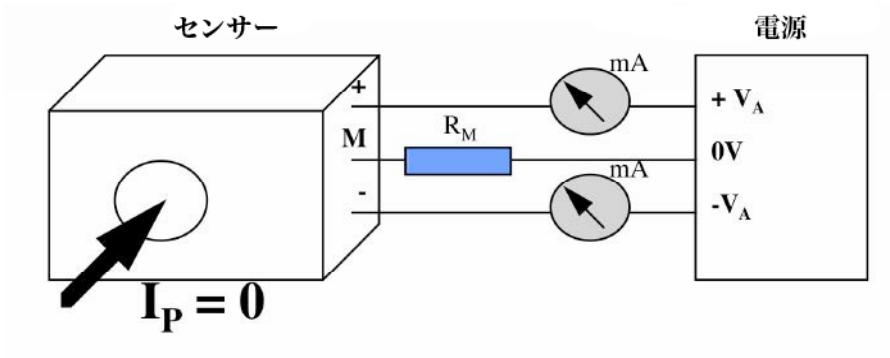
注意：データ・シート内の I_{so} は最大値です。典型値はこれより常に小さい。値が良ければ、最初（正確な測定を確認後）にすることは 6-d で述べたセンサーの消磁テストです。

9-b 消費電流

無負荷電流 (I_{Ao})は次のような条件で測定します。

- $I_p = 0$
- 周囲温度 = $+25^\circ\text{C}$
- 電源供給 ($\pm V_A$)
- R_M = アプリケーションの R_M

センサーの取付けを下に示す。



各ソースで ($+V_A$ 、 $-V_A$) の消費は

- ・値が近く
- ・データ・シート内の値より小さく

なければいけない。

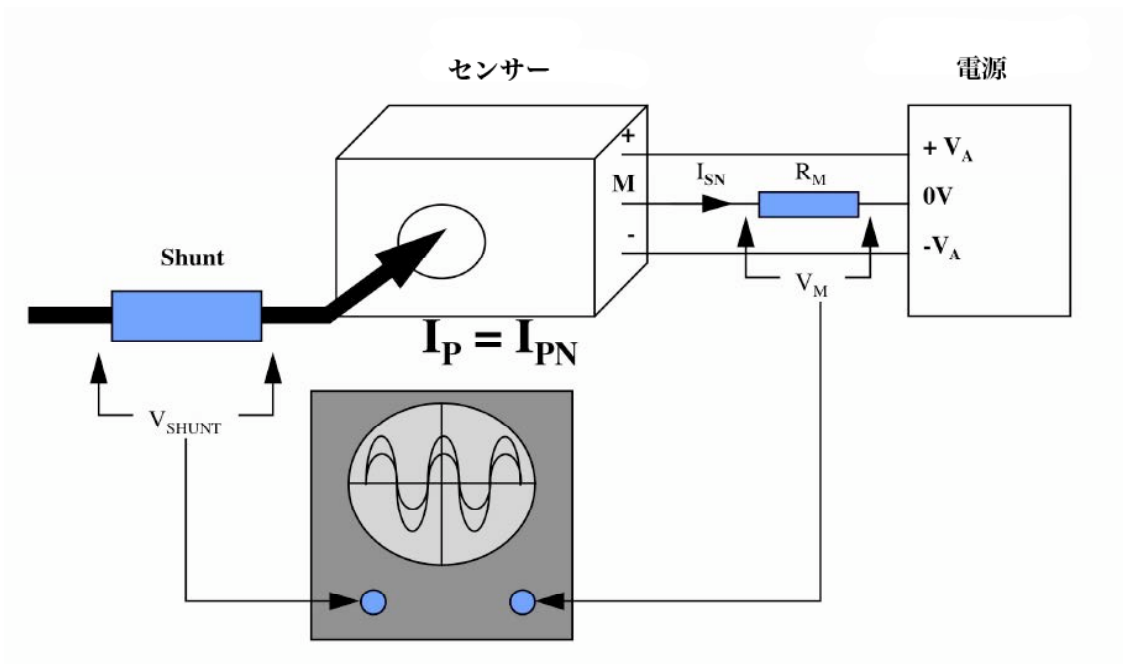
無負荷電流の値が通常より非常に高いときは電子基板の部品が不良です。

9-c 精度

精度測定は次の条件で行われる。

- ・ $I_p = I_{pN}$ (a. c. または d. c.)
- ・ 周囲温度 = $+25^{\circ}\text{C}$
- ・ 供給電源 ($\pm V_A$)
- ・ $R_M =$ アプリケーション R_M

下にセンサーの取付けを示す。



次の公式を使う。

$$\text{精度 (\%)} = \frac{k * I_{SN} - I_{PN}}{I_{PN}} * 100 \quad \text{ここで } k = N_s / N_p$$

一次電流、二次電流の比は（巻線数の比を考慮すれば）データ・シート内の値より小さい。

一次電流、二次電流の位相は同じである必要がある。

9-d 保護

ABB コントロールの電流センサーは次の事態に対して保護される。

- ・ 測定抵抗の短絡
- ・ 測定回路のオープン
- ・ 電源のオープン
- ・ 一次の過負荷
- ・ 電源の逆接続

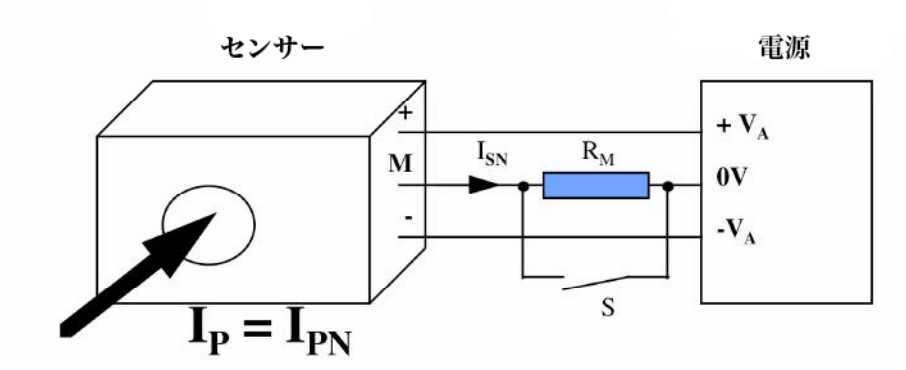
他のすべてのテストをする前にそのテストの有効性を確かめるためにデータ・シートまたは技術カタログで確認することを薦めます。

・ 測定抵抗の短絡

測定抵抗短絡の測定は次の条件で行う。

- ・ $I_p = I_{PN}$
- ・ 周囲温度 = +25°C
- ・ 供給電源 ($\pm V_A$)
- ・ $R_M = R_M$ アプリケーション側

センサーの取付けは下図のとおりです。



スイッチ S は一分間閉じて、再び開きます。

このテストをすると次の機能の正しい動作を確認できます。

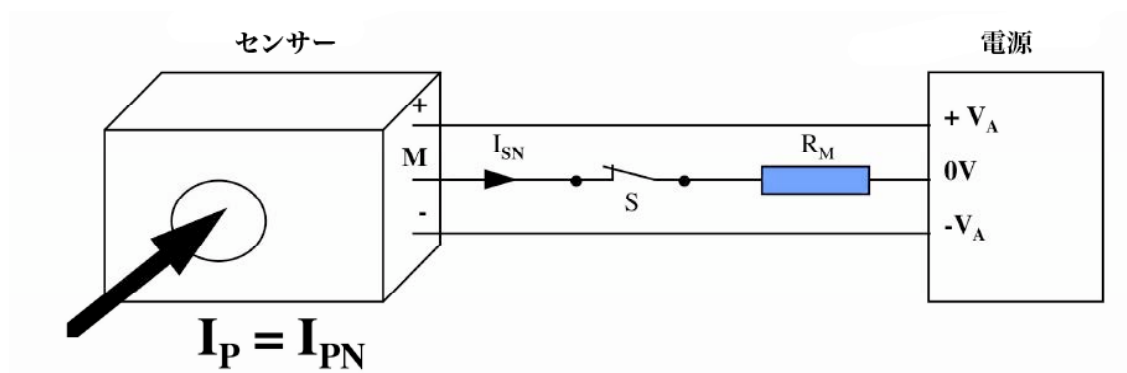
- ・オフセット電流測定 (9-a を見てください)。
- ・精度測定 (9-c をみてください)。

・測定回路のオープン

測定回路オープンのテストは次の条件で行う。

- ・ $I_p = I_{pN}$
- ・ 周囲温度 = +25°C
- ・ 供給電源 ($\pm V_A$)
- ・ $R_M = R_M$ アプリケーション側

センサーの取付けは下図のとおりです。



スイッチ S は一分間閉じて、再び開きます。

このテストをすると次の機能の正しい動作を確認できます。

- ・オフセット電流測定 (9-a を見てください)。
- ・精度測定 (9-c をみてください)。

・供給電源のオープン

閉ループ・ホール効果電流センサーは電源を供給しなくても正しくバランス a. c. 電流を測定できます。そのときは変流器の役割をします。

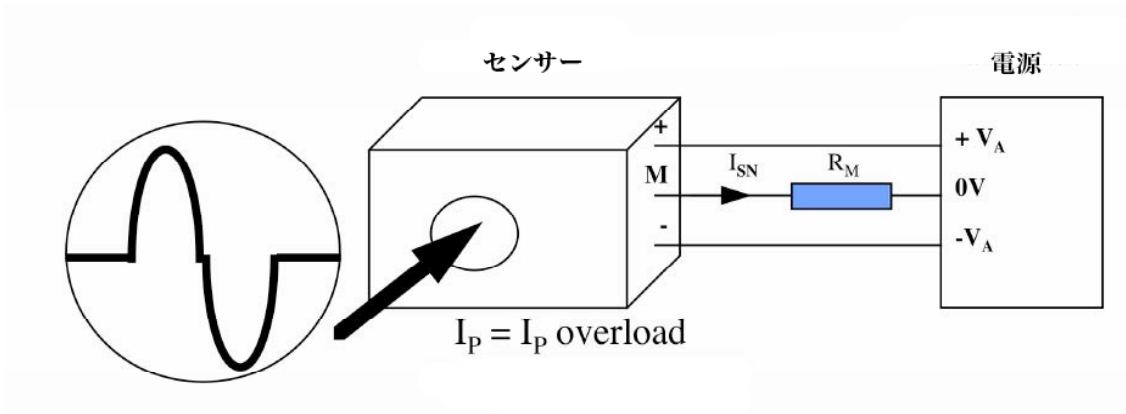
電流を測るとき、電源が供給されないとセンサーの電子回路は動作しません。磁気回路だけが働きます。一次回路が連続部品ならば、磁気回路は飽和して自分自身を磁化します。けれどもセンサーは破損しません。そこで強制的にセンサーは供給電源のオープンに対して自然と保護されます。

・一次電流の過負荷

センサー過負荷のテストは次の条件で行う。

- ・過負荷 I_p = センサー最大過負荷 (技術カタログをみてください)。
- ・ 周囲温度 = +25°C
- ・ 供給電源 ($\pm V_A$)
- ・ $R_M = R_M$ アプリケーション側

センサーの取付けは下図のとおりです。



このテストをすると次の機能の正しい動作を確認できます。

- ・オフセット電流測定 (9-a を見てください)。
- ・精度測定 (9-c をみてください)。

・電源の逆接続

極性の逆接続に対する電流センサーの破損を防ぐ（電子基板の保護ダイオードによる）ために、このテストをマルチメータの設定を「ダイオード」または「ビープ」の位置で使用する。



極性逆接続に対する保護ダイオードが正しく機能することのテストは次の条件で行う。

- ・ $I_p = 0$
- ・ 周囲温度 = +25°C
- ・ センサーなし
- ・ R_M 接続しない

テストは接続を変えてつぎの2回行う。

・一回目テスト

- ・ マルチメータの + にセンサーの **M**
- ・ マルチメータの - にセンサーの +

・二回目テスト

- ・ マルチメータの + にセンサーの -
- ・ マルチメータの - にセンサーの **M**

テスト	保護ダイオードの有無	マルチメータ
1	有	ビープ無し ($R = \infty$)
2	無	ビープ (R 数 $M\Omega$)

テスト1でマルチメータのビープ音がすれば、保護ダイオードは破損しています。