

5 センサの選び方と入力ユニット

自動制御装置は、基本的に次の3ブロックで構成されている。

- ① 検出部
- ② 制御部
- ③ 操作部

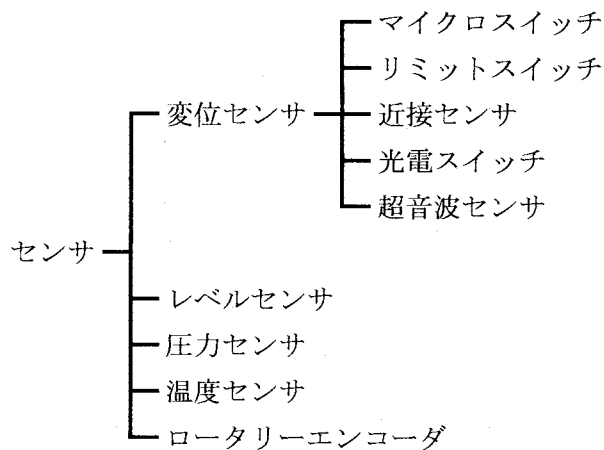
このうち、検出部を構成する重要な要素として検出用スイッチがある。検出用スイッチは、検出器としてのセンサ機能と、スイッチとしての開閉機能を持っている。ここでは総称として、「センサ」を用いる。

システムの異常の大半は、機械側のほうであり、その中でもセンサ関係であると言われている。センサのトラブルシューティングの基本は、同じものと交換することであるが、トラブルの原因によっては、透過形から反射形に変更するなどの対策が必要になってくる。そのためには、センサの分類、選定基準、センサの特徴、接続方式などに精通しておくことが重要である。

1 センサの分類

表5-1にセンサの分類・種類を示す。これは、機能別に分類したものであり、さらに有接触・無接触検出方式、有接点・無接点出力方式などがある。

表5-1 検出用センサの分類



2 センサの選び方

表5-2に主要な検出用センサとして、リミットスイッチ、光電センサ、近接センサ、超音波センサの相互比較を示す。

表5-2 検出用センサの比較

センサ 項目	リミットスイッチ	光電スイッチ		近接センサ		超音波センサ
	マイクロスイッチ	透過形 リフレクタ形	反射形	高周波磁界形	静電容量形	
検出方式	接 触	無 接 触				
	カム、 アクチュエータ	光		磁 界	静電容量	音
		不透明体	透明・不透明体	金 属	高誘電率物体	固体・液体
検出距離	▲	◎	◎	▲	○	◎
動作精度	◎	○	▲	○	▲	▲
応答時間	▲	◎	◎	◎	◎	○
寿命	▲	◎	◎	◎	◎	◎
ノイズ余裕	◎	○	○	◎	○	○
周囲温度	◎	○	○	◎	○	○
塵埃・水・油	○	▲	▲	◎	○	▲

(注) ◎：優秀 ○：良好 ▲：やや劣る

この比較は、相互関係を相対的に比較したものである。

リミットスイッチは、ノイズ、サージ、周囲温度など耐環境性あるいは動作精度に優れているが、検出方式が接触式であるため、応答速度、寿命に欠点を持つ。

近接センサは、無接触検出方式であり、かつ耐環境性に優れ、寿命も長い。しかし、検出距離が短く、検出対象が金属に限定される（磁界方式）という欠点を持つ。

光電スイッチは、検出対象の種類が広く、検出距離が長い無接触方式で、用途も広いが、塵埃、水、油などに弱い。

それぞれの長所・欠点を十分理解して、用途にあったセンサを選択する必要がある。

3 センサ信号の出力方式

センサは、その用途に応じて様々な出力を備えている。

(1) 接点出力方式

マイクロスイッチ、リミットスイッチやリレーの接点を出力開閉素子とするもので、電磁開閉器、小型モータ、ソレノイド等と接続することを主目的とし、数 A の電流が開閉できる。電子制御機器と接続する場合は、バウンス時間、最小負荷電流に注意が必要である。

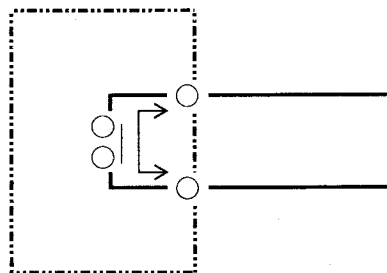


図5-1 接点出力方式

(2) フォトカプラ出力方式

センサ回路と電氣的に絶縁されており、接点出力方式と同様に使用できる。10～50 mAの電流が開閉できる。

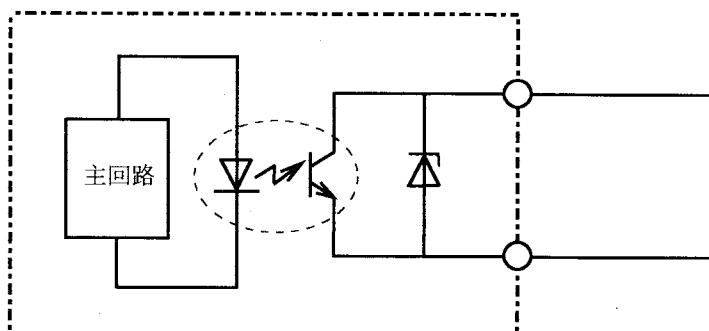


図5-2 フォトカプラ方式

(3) 直流三線式

① 電圧出力形

図5-3に示す出力回路を持ち、検出時に負荷に対して電圧信号を供給する。電圧出力形は電子カウンタ、無接点リレー等のトランジスタやICで構成された電子制御機器と接続することを主目的に作られたものである。

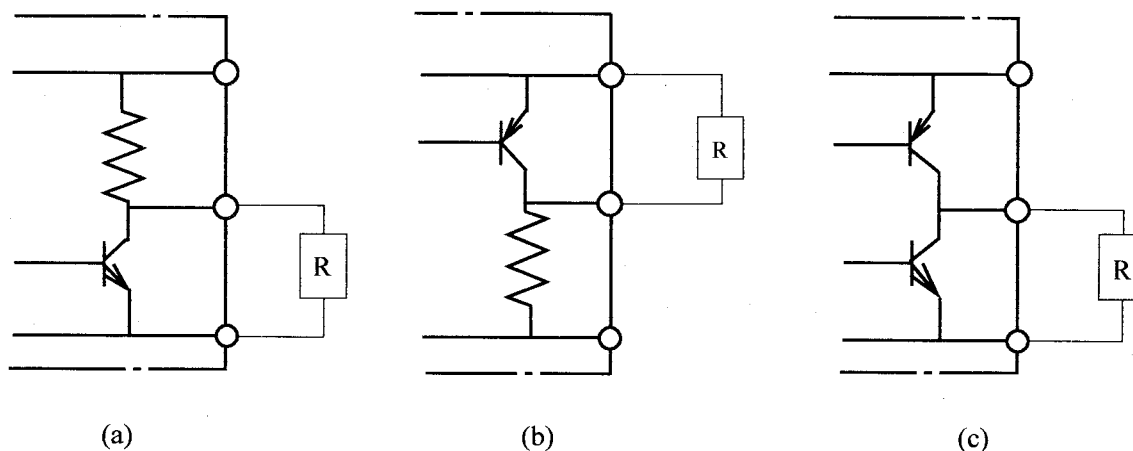


図5-3 電圧出力形

② 電流出力形

オープン・コレクタ出力形とも言う。図5-4に示すように、出力トランジスタ動作時、電流を吸い込むNPN形（カレント・シンク形）、電流を吐き出すPNP形（カレント・ソース形）があり、日本においては一般にカレント・シンク形が使用されている。

出力トランジスタには、小容量のパワートランジスタが使用されており、50～200 mA程度の電流を開閉できるようになっている。これにより、電磁リレー、電磁弁、直流ソレノイド、表示灯等の負荷を直接駆動することが可能となっている。

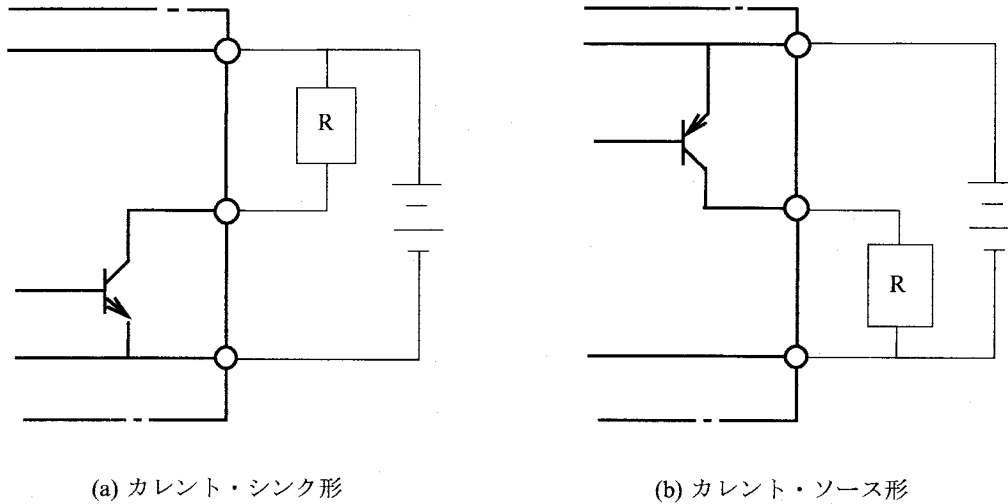


図5-4 電流出力形

(4) 直流二線式

この方式の近接センサは、リード線が2本であるため、極性に注意すれば機械的リミットスイッチと同じように取り扱うことができ、配線も容易に行うことができる。その反面、次のようなことに注意する必要がある。

- ① スイッチをオフにしたときでも、近接センサの検出回路への電流供給が必要なため、負荷にはわずかな電流（漏れ電流）が流れる。この漏れ電流により、負荷両端には「漏れ電流 × 負荷の抵抗値」の電圧が生じるため、高インピーダンス負荷を使用すると、復帰不良を生じることがある。
- ② スイッチがオンの時にも、検出回路に電圧を供給する必要があるため、完全にオンにならず、数Vの電圧降下（残留電圧）が発生する。このため、電源電圧は「残留電圧 + 負荷の動作電圧」の電圧値が必要となる。一般に、漏れ電流1 mA以下、残留電圧3～5 V程度である。

負荷としては、PC、リレー、ソレノイド、ランプ等が適しており、TTL-IC等の入力には、上記の注意が必要である。

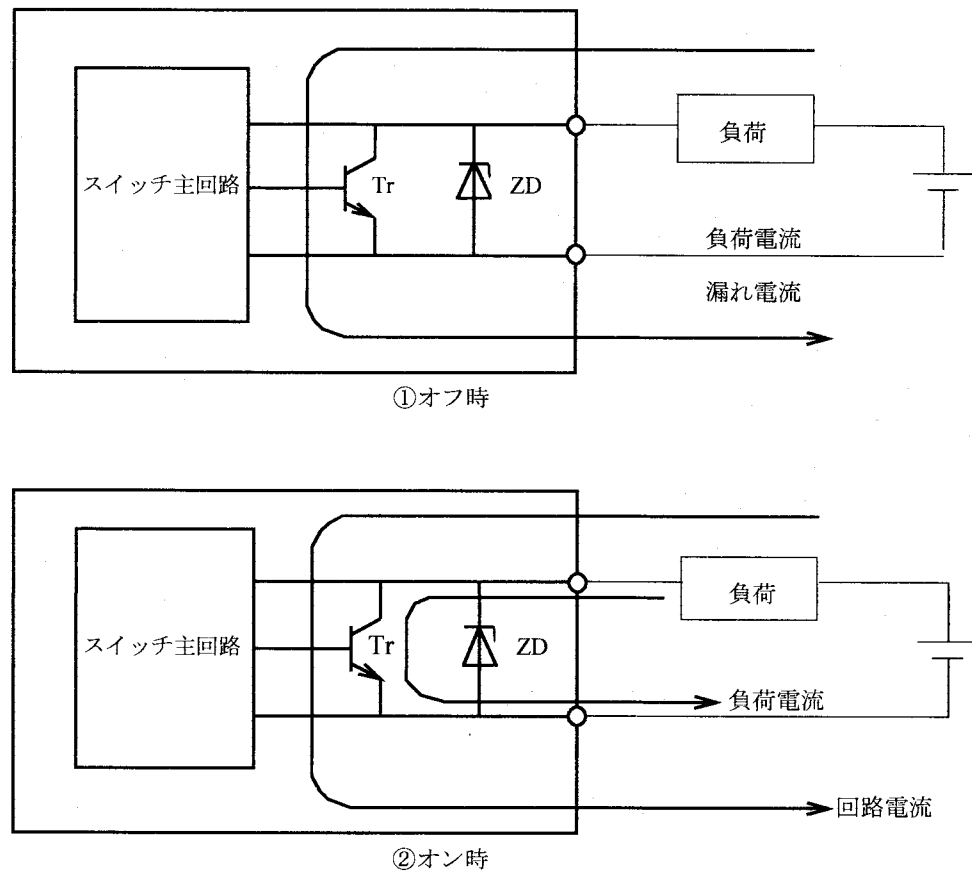


図5-5 直流二線式の電流

(5) 交流二線式

AC 100 V、AC 200 Vの商用電源に接続して使用できるもので、50 mA～1 A程度の交流負荷電流を開閉できる。スイッチング素子にはサイリスタが用いられており、図5-6に回路図を示す。動作原理は直流二線式と同じような原理のため、スイッチがオフ時でも常時負荷を通して電流が流れている。

また、スイッチ・オン時には内部回路に電流を供給するためサイリスタに非導通角を持たせるか、サイリスタと直列にツェナーダイオード等を挿入するので、残留電圧が発生する。

このため、負荷の選定に際して注意が必要である。交流二線式の漏れ電流は1.5～2 mA、残留電圧は10 V程度である。動作不良、復帰不良の恐れがある場合は、あらかじめ負荷と並列に分流抵抗をつける。

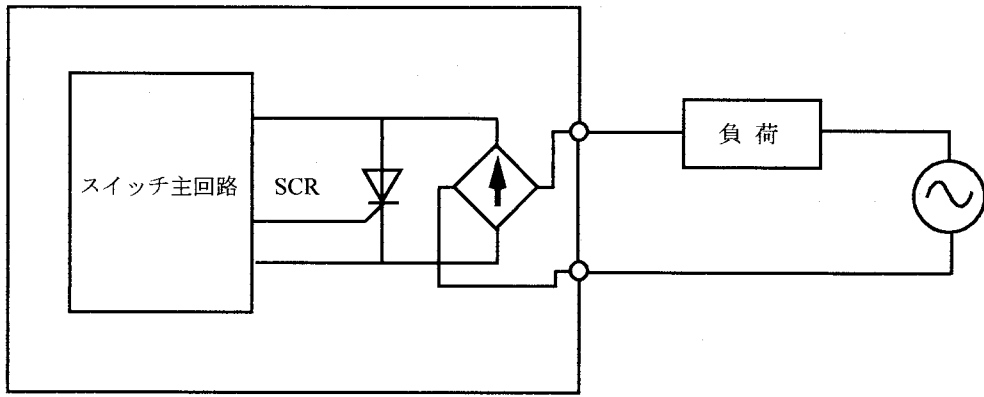


図5-6 交流二線式

4 接続方法

センサと他の機器との接続で信号を正しく伝えるためには、電源の種類、電流・電圧仕様が入出力間で整合している必要がある。

(1) 接点出力センサとPCの接続

PCの入力ユニットとして、AC入力ユニット、DC入力ユニット両方の使用が可能であるが、入力ユニットからの電流が10 mA以下に抑えられているため、接触信頼性を検討しておく必要がある。この対策として、入力ユニットに並列にダミー抵抗をつなぎ、接点に流れる電流を多くしたり、微小電流用の接点を持つスイッチを使用する。

(2) 直流開閉形マイナスコモン出力センサの接続

センサの最大出力電流（シンク電流）がPC入力ユニットのオン電流以上であることを確認する。電圧出力形センサの場合は、センサ電源への電流の流れ込みによる誤動作を防ぐために、センサ電源と入力ユニットの電源を同じ電圧で使用する。

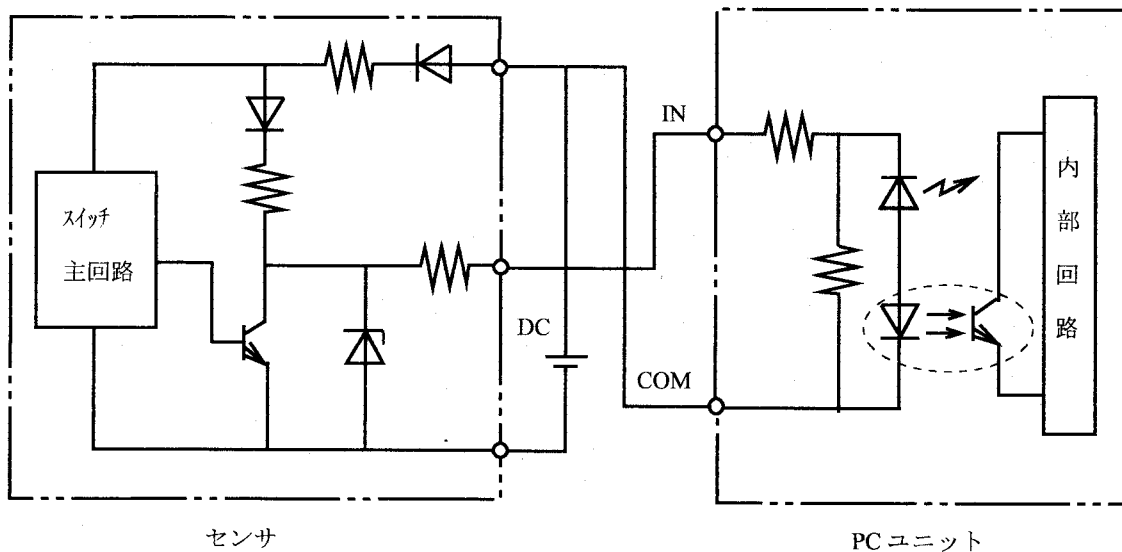


図5-7 直流開閉形マイナスコモン形センサの接続

(3) 直流（交流）二線式センサの接続

センサのオフ時の漏れ電流が PC 入力ユニットのオフ電流以下であること、また、電源電圧からセンサのオン時の残留電圧を引いた値が PC 入力ユニットの入力オン電圧よりも大きいことを確認する。センサ・オフ時の漏れ電流が PC 入力ユニットのオフ電流以上の場合は、入力ユニットに並列にダミー抵抗をつないで、PC 入力ユニットに流れる電流を少なくする。

ネオンランプ付き、または発光ダイオード付きのリミットスイッチ等を使用する場合も同様の配慮が必要である。

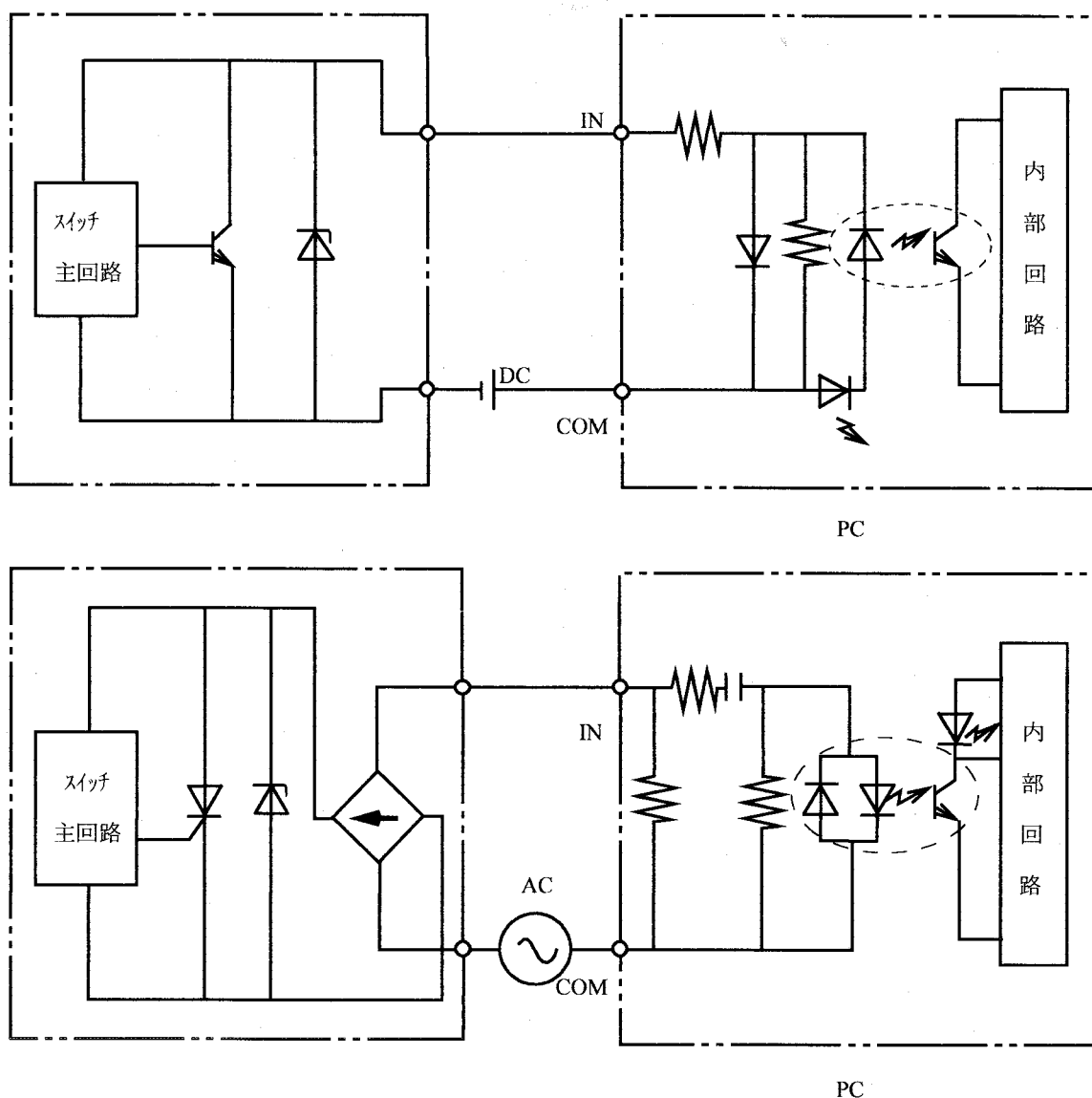
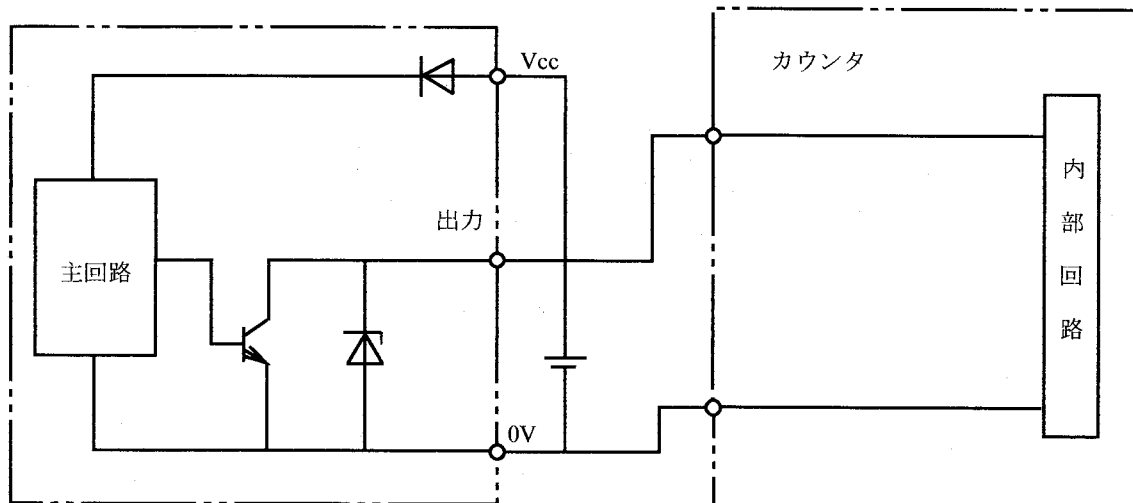


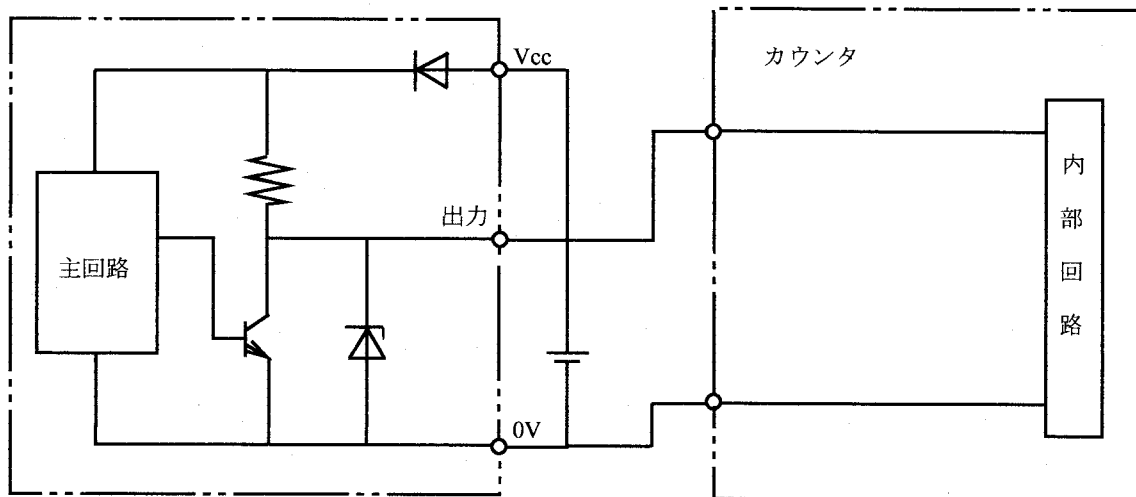
図5-8 二線式センサの接続

(4) センサとカウンタの接続

カウンタには、無電圧入力タイプと電圧入力タイプがあり、後者の場合は、電圧出力タイプのセンサを使用し、『H』『L』レベルの整合を確認する。前者の場合は、直流開閉形マイナスコモン出力または接点出力タイプと組み合わせて使用する。接点出力タイプとの組み合わせでは、カウンタから流出する数 mA の電流を確実に開閉できる性能を持つものを使用する。



①無電圧入力タイプの接続



②電圧入力タイプの接続

図5-9 センサとカウンタの接続

(5) センサと誘導性負荷の接続

誘導性負荷（マグネット、リレー、ソレノイド）を開閉した場合、遮断時に数KVの逆起電圧が発生する。このため、無接点出力タイプでは出力素子の破壊、接点出力タイプでは接点表面の荒れによる接触不良が発生しやすい。この対策として、誘導性負荷に並列になるべく近い箇所で逆起吸収素子（CR、バリスタ、または直流の場合はダイオード）を付加する。

5 故障原因と対策

(1) 初期不良

光電スイッチ、近接センサ等の半導体を主素子としたセンサでは、半導体一般にみられる初期不良に起因する不良発生がみられる。

初期不良の原因は、主として回路中に使用されている半導体が、製造中に受けた種々のストレスにより、使用開始後、短期間のうちに破壊に至るもので、半導体より発生率は低い、抵抗、コンデン

サにもみられることがある。

初期不良の発生期間は、製造ロットにより異なるので、一概に何時間と決めることはできないが、7～10日以内に発生することが多い。

(2) 偶発故障

半導体部品の劣化による故障、抵抗・コンデンサの断線、短絡、容量抜け、プリント基板のパターン切れ、半田付けの不良等により発生するが、その発生率はきわめて低い。

近接センサの故障が多発する場合は、使用環境に問題があることが考えられる。

(3) 負荷短絡と誤配線

誤配線や活線作業により、負荷の短絡が行われると、センサに大電流が流れ、出力回路を焼損する。

① 直流開閉出力

負荷または出力端子の短絡に対しては、

- (ア) 短絡電流 I は大電流となり、トランジスタを焼損する。
- (イ) 短絡電流 I は負荷 L を通して流れるので、電流値は定格負荷電流に等しく、センサが損傷を受けることはない。
- (ウ) 短絡電流 I は大電流となり、トランジスタを焼損する。
- (エ) 短絡電流 I は負荷 L を通して流れ、その値は定格負荷電流に等しく、センサは損傷を受けない。

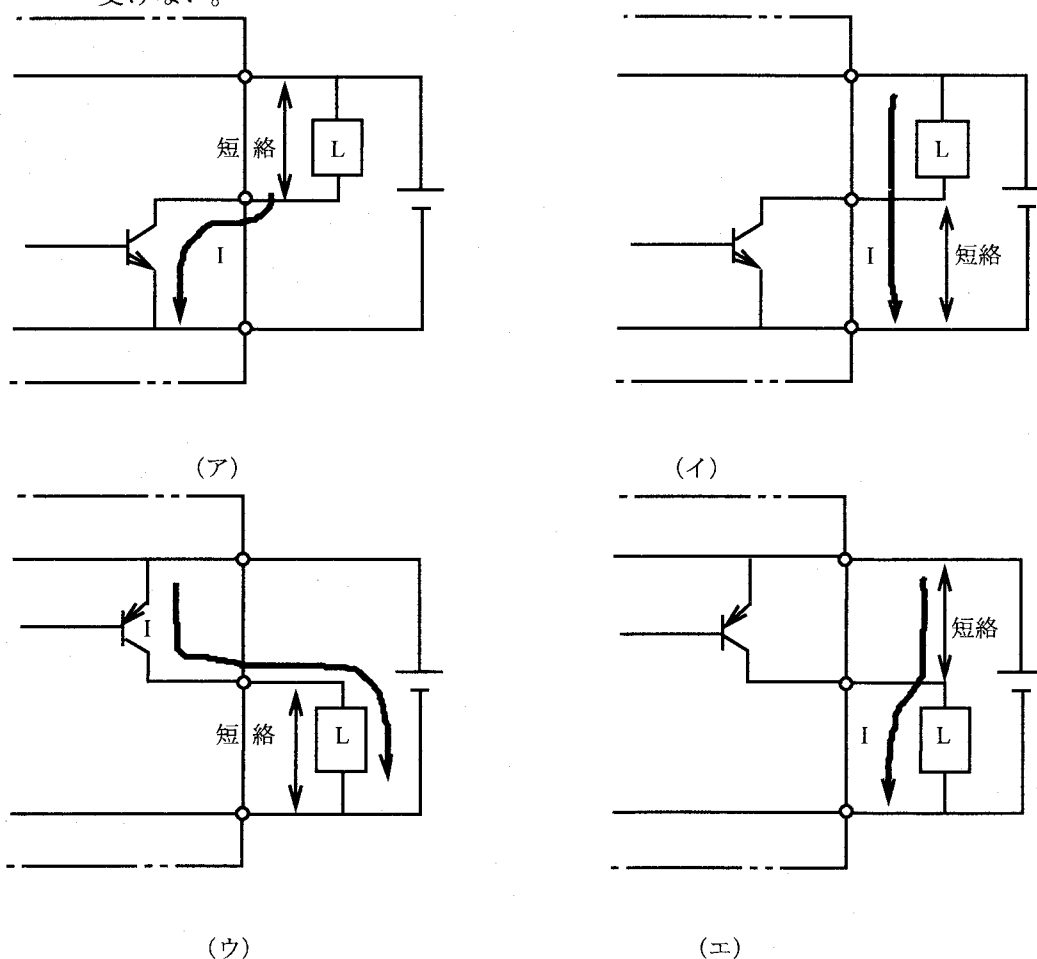


図5-10 直流開閉出力形の短絡電流

短絡保護対策をセンサ外で行う方法としては、速断ヒューズにより短絡電流を遮断する方法があるが、センサ内の出力トランジスタの容量に余裕がないため100%の効果は望めない。速断ヒューズを入れる場所は図5-11である。

速断ヒューズの容量は定格負荷電流値の2倍以上で、かつセンサの定格出力電流値以内でなければならない。通常の使用時にヒューズが切れることのない値でなければならない。

ヒューズの選定は大変難しく、短絡時に短時間ではあるが大電流が流れるので、出力トランジスタを保護できないこともある。

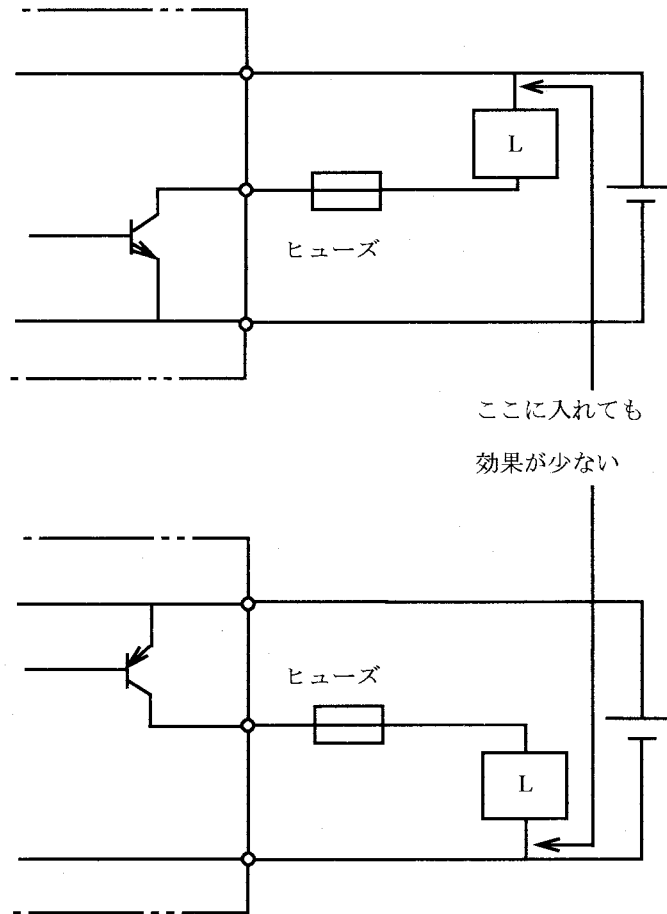


図5-11 速断ヒューズを入れる場所

② 二線式出力形

交流二線式出力形は図5-12に示すような回路になっている。短絡場所は(ア)の負荷そのものの短絡と、(イ)のようなセンサ側での短絡が考えられる。

(ア)の場合、センサ内部回路を通じて大電流が流れ、内部のダイオードやサイリスタを焼損する。交流開閉出力形は、AC 100~200Vの高電圧で使用されるため、短絡電流の値も大きく、短絡保護は最も困難である。

(イ)の場合、短絡電流は負荷を通して流れるので、その値は定格負荷電流値に等しく、センサは何の影響も受けない。

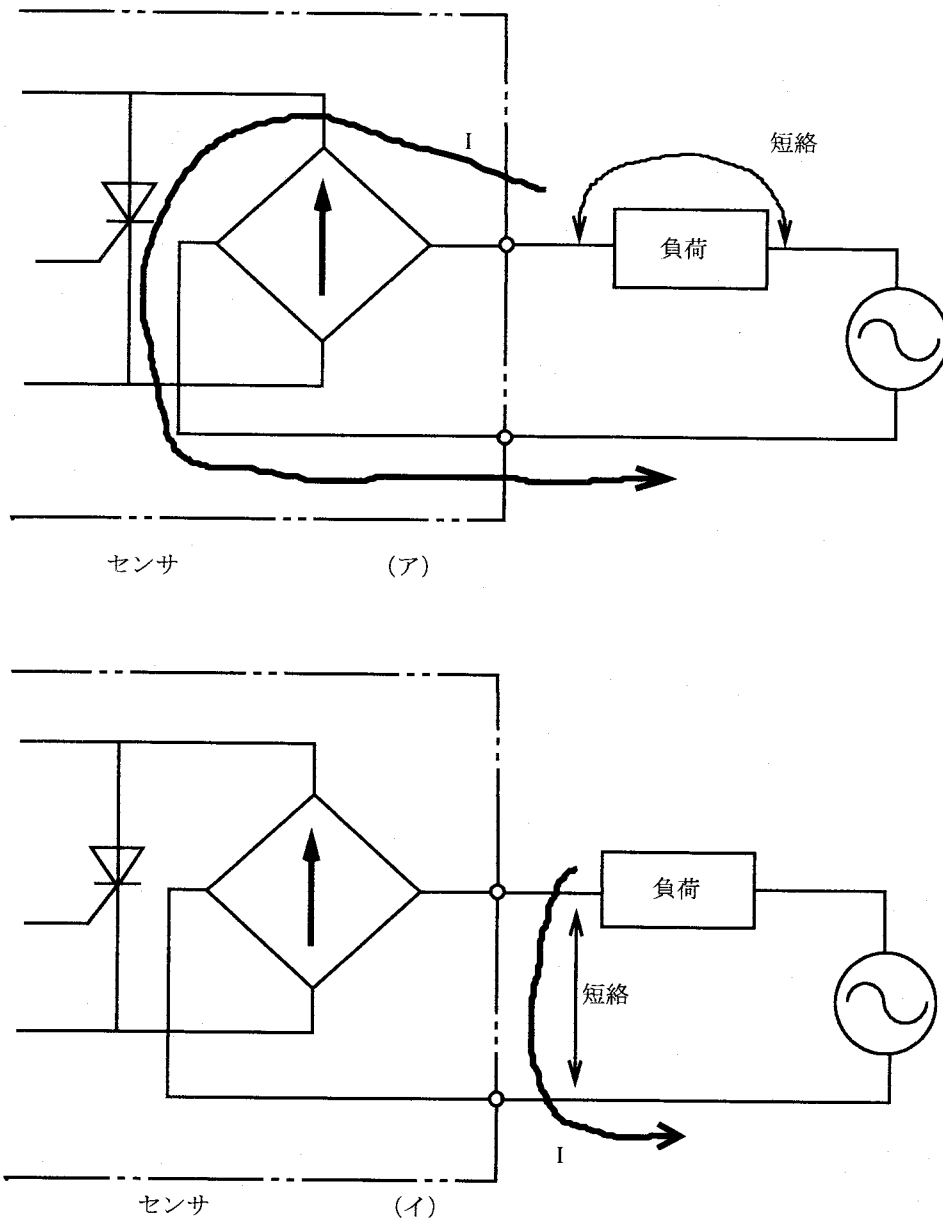


図5-12 交流二線式の短絡電流

ヒューズによる保護を行う場合、ヒューズの入れ場所は、図5-13に示す場所に入れると、負荷短絡のほかに、地絡に対しても保護作用がある。

直流二線式出力形についても交流二線式出力形と同様である。

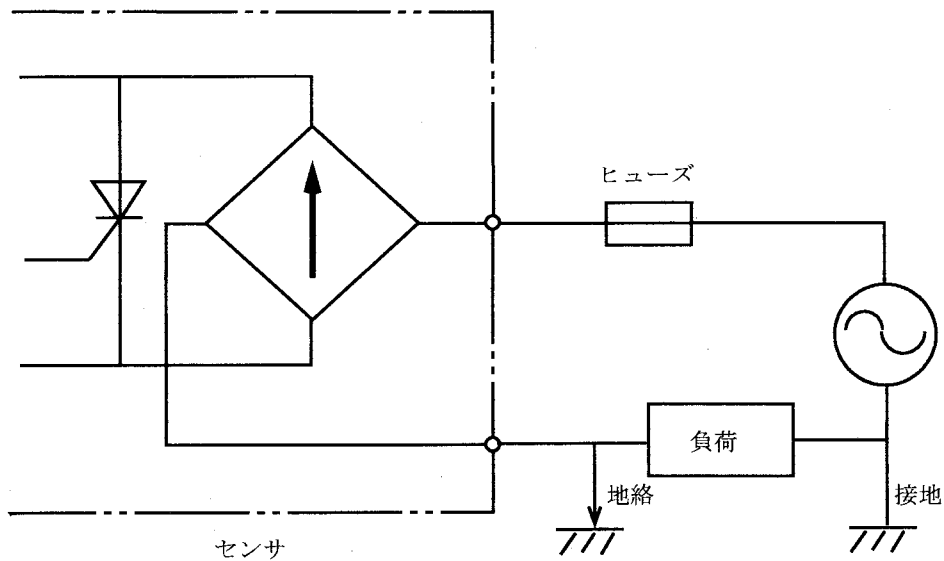


図5-13 短絡保護ヒューズの入場所

(4) ノイズによる破損

パワー開閉部にはノイズが付きものであるから、ノイズの影響を受けないような対策を施す必要がある。

ノイズによる破損はゆっくり進行するため、使用開始後、1～3ヶ月経過してから発生するのが普通であるので、この時期に破損が生じたら、ノイズによる破損を疑ってみる。

また、誘導負荷が開閉されるたびに、センサが瞬間誤動作をする場合は、ノイズによる誤動作であることが多い。

(5) 電源

電源電圧が定格許容範囲を超えた値となった場合、センサは表面上正常な動作を続けることが多いが、内部の発熱が増大し、半導体やコンデンサに印加される電圧も高くなるため、寿命が著しく短くなる。一方、電源電圧が定格許容範囲を下まわる値となった場合、正常な動作を行わなくなる。

電源電圧の変動が著しい場所では、安定化電源装置や自動電圧調整器を使用し、電圧を安定にする必要がある。

DC電源には、絶縁トランスを用いた回路を使用する。オート・トランス（単巻トランス）や一方が接地された蓄電池は、図5-14の破線のような周り回路を形成し、危険であり、センサの破損の原因となる。

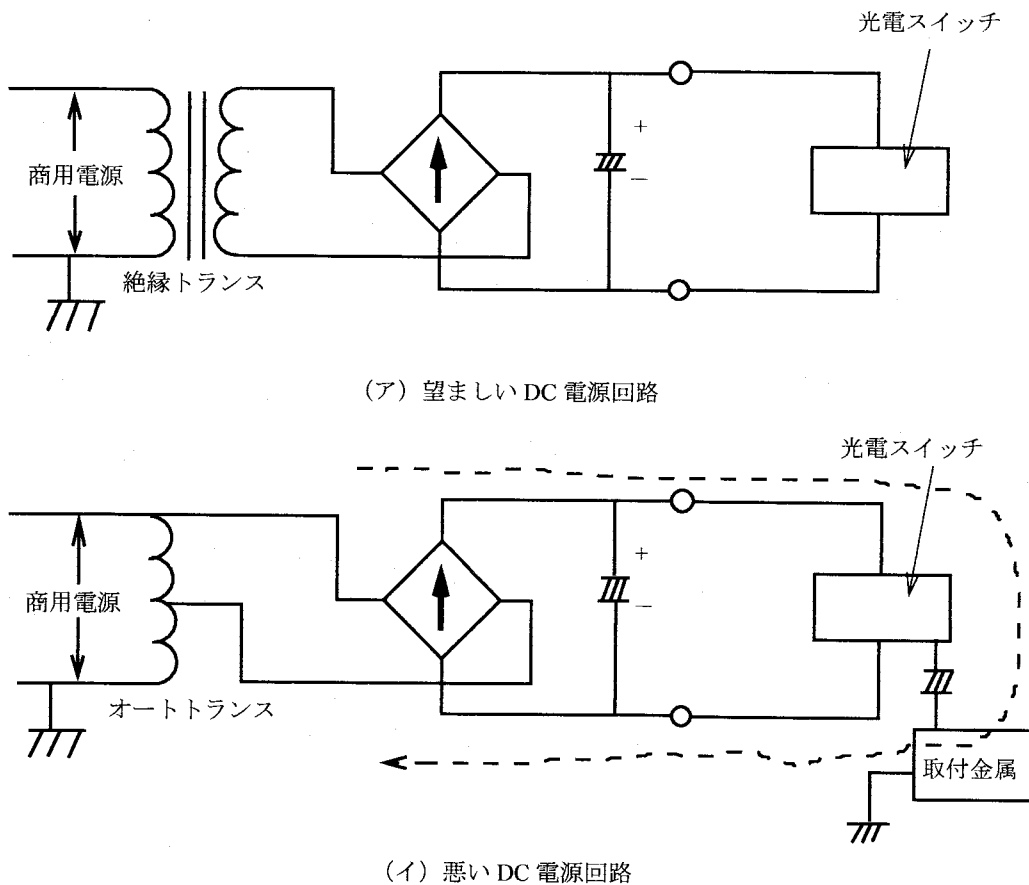


図5-14 ノイズ・サージとケース・アース

使用電源には、ノイズ・サージの少ないものを用い、ソレノイド、コンタクタおよびブザーのようなノイズ発生源に対しては、ノイズ吸収対策を施す。また、スイッチング・レギュレータ方式の定電圧電源には、パルス性のノイズを発生するものもあり、動作が不安定になることがある。

さらに、シリーズ・レギュレータ方式の定電圧電源においては、センサの出力でリレーを駆動する場合、リレーのサージ吸収が完全でないと、定電圧電源の出力電圧が大きく変動するものもあり、動作が不安定になることがある。

このようなとき、センサを絶縁して取り付け、レギュレータの2次側の0Vを接地すれば安定する場合がある。

制御内蔵形には、内部にノイズ対策のために大きなコンデンサが内蔵されているので、定電圧電源の電源投入時に過電流が流れ、過電流保護回路が動作することがあるので、多数の並列使用時には注意を要する。

金属ケースのものには、ノイズ・サージの影響を避けるため、電気回路の0Vとケースを直接接続（ケース・アース）したもの、コンデンサにより接続したもの、非接続になっているものの3種がある。また、接地されているものは、なるべく周囲金属から絶縁して取り付ける。

センサの0Vラインがケースに接地されているものでは、制御部、電源部の接地端子を接地すると、工事の際に溶接などを行う場合、0Vラインの破損などの事故が発生することがあるので、工事の時には、接地線をはずす。また、アースの位相の関係で動作が不安定になることがある。

(6) 電源投入時の動作

センサに操作電源を印加してから安定に動作するまでを不安定時間という。電源投入時の誤動作時

間、電源リセット時間、電源遅延時間などと呼ばれて内部にその防止回路が組み込まれているものもある。この時間の間は、入力に相對した出力信号が得られないが、電源投入時の瞬間の誤動作を防止しており、この時間を利用して、電源の ON-OFF に同期した動作をさせることなどは避ける。